



PLANEJAMENTO E ANÁLISES DE EXPERIMENTOS AGROFLORESTAIS



Renato Luiz Grisi MACEDO

Universidade Federal de Lavras

Nelson VENTURIN

Universidade Federal de Lavras

Bruno Grandi SALGADO

Universidade Federal de Lavras

Jozébio Esteves GOMES

Faculdade de Agronomia e Engenharia Florestal de Garça

Ilma Eliza Borges MACEDO

Universidade Estadual de Minas Gerais - Lavras

RESUMO

O objetivo do presente trabalho foi o de resgatar, analisar, discutir e divulgar os principais requisitos essenciais para o planejamento e análises de experimentos agroflorestais. Para tanto, realça-se os principais tipos e níveis de competição existente entre os componentes dos consórcios agroflorestais. Discute também os principais enfoques atuais da pesquisa agroflorestal com destaque para tamanho e formato das parcelas experimentais, principais delineamentos experimentais e métodos de análises estatística utilizados.

Palavras-chave: Sistemas Agroflorestais, Planejamento, Análise

ABSTRACT

The objective of this present scientific paper is retrieve, analyze and divulge the essential requisites for planning and analyses of agroforestry experiments. To achieve this objective, we gave importance to the principal types and levels of competition which exists between the components of agroforestry consortium. It also, discuss the main focus of agroforestry research, emphasizing the size and shape of the experimental plots, chief experimental designs and statistic analyses used.

Key words: Agroforestry systems, planning, analysis.

1. Introdução

Nos sistemas de consórcios duas ou mais culturas, com diferentes ciclos e arquiteturas vegetais, são exploradas concomitantes, no mesmo terreno. Elas não são necessariamente semeadas ao mesmo tempo, mas, durante apreciável parte de seus períodos de desenvolvimento, há uma simultaneidade, forçando uma interação entre elas (Macedo, 1992).

Um dos grandes problemas encontrados nos consórcios é a competição entre plantas por espaço físico, luz, água e nutrientes. A importância do conhecimento dos mecanismo de competição deve-se ao fato deles estarem ligados diretamente à melhor maneira de obter uma combinação ótima entre as espécies envolvidas na associação. É sabido que duas ou mais plantas ocupando a mesma área de terreno interferem umas nas outras, podendo beneficiar ou prejudicar estes organismos de forma individual ou mútua. Quando as plantas estão bastante próximas, uma sombreia a parte área da outra e/ou os seus sistemas radiculares absorvem água e nutrientes do mesmo reservatório no solo.

Quando os recursos disponíveis são menores do que as necessidades potenciais das culturas, este efeito de competição é ainda mais drástico. Sendo que esta competição pode ser inter-específica, quando ocorre entre espécies diferentes (consórcios) ou intra-específica, quando ocorre entre plantas da mesma espécie(monocultivo). Nos cultivos consorciados, pelo menos uma cultura deve ter a capacidade de adaptação a uma menor incidência de luz.

Inserido neste contexto de complexidade, constata-se que para se avaliar corretamente as múltiplas interação entre os vários componentes consorciados nos sistemas agroflorestais, técnicas e recomendações específicas de planejamento e de análises de experimentos agroflorestais são necessários e essenciais para o sucesso, a consolidação e o progresso da ciência agroflorestal.

Principalmente, em função da constatação de que este conhecimento básico, se encontra disperso na literatura e carece de uma análise crítica e de uma divulgação mais adequada.

Portanto, os objetivos do presente trabalho científico de posicionamento foram resgatar, analisar, discutir e divulgar os principais requisitos essenciais para o planejamento e análises de experimentos agroflorestais.

2. Material e Métodos

Adotou-se a metodologia interpretativa de resgate/elaboração e análise crítica proveniente de levantamento bibliográfico atualizado de artigos científicos contemporâneos, relacionados ao planejamento de análises de experimentos agroflorestais. O acervo bibliográfico levantado foi selecionado , analisado e discutido com o propósito de ser apresentado em uma seqüência lógica para fornecer ao leitor subsídios teóricos e práticos essenciais para se promover o seu entendimento e a divulgação de técnicas e métodos de planejamento e análises de experimentos agroflorestais.

3. Resultados e Discussão

De um modo geral, a experimentação agroflorestal é direcionada para se determinar diferentes tipos e níveis de competição inerente aos consórcios agroflorestais. Segundo Hil e Shimoto (1973) e Willey (1979), citados por Oliveira e Schreiner (1986), as denominações, mais comumente adotadas, para os diferentes tipos de competição são : a) inibição mútua, quando duas os mais espécies consorciadas têm suas produtividades diminuídas; b) cooperação mútua, ocorre quando cada espécie consorciada tem a produtividade superior à que seria esperada no cultivo isolado; c) compensação, ocorre quando uma das espécies consorciadas tem produtividade aumentada e a outra reduzida nas mesmas proporções. E, se as perdas e ganhos forem de forma não contrabalançada, ocorre complementação que pode ser parcial, completa ou sobre complementação, quando o sistema apresenta produtividade respectivamente menor, igual ou maior que seus constituintes monocultivos.

Na verdade, o consórcio não é mais que a combinação de diferentes espécies de plantas. Estudos sobre fisiologia vegetal são necessários para entender a competição entre espécies, o crescimento e o uso de recursos naturais disponíveis. Estes estudos facilitam a identificação das possibilidades de se obterem aumentos adicionais na produção através do manejo agroflorestal (Morgado et al.,1986).

Geralmente os efeitos complementares das espécies consorciadas estão estreitamente relacionadas com as diferenças de ciclo e/ou espaçamento das culturas envolvidas. Quando as culturas diferem em grande proporção, principalmente em duração do ciclo vegetativo, os efeitos complementares, como a vantagem do consórcio, podem ser aumentados com o uso de mais de duas culturas. Entretanto, Morgado(1986) considera que, mais de três culturas podem complicar o sistema e eliminar a flexibilidade.

Para que ocorra uma correta implantação, condição e avaliação de um experimento agroflorestal, é necessário que o pesquisador se atente para algumas informações de planejamento importantes que podem garantir o êxito deste trabalho.

1 - Definição do problema: o primeiro passo na solução de um problema é a definição clara deste.

2 - Definição do objetivo: quando existir mais de um objetivo, os mesmos devem ser citados em ordem de importância, pois muitas vezes o delineamento experimental requer prioridade de objetivo. Ao definir o objetivo, este não deve ser vago ou ambicioso.

3 - Seleção dos tratamentos: o sucesso do experimento reside na seleção cuidadosa de tratamentos, cuja avaliação responderá as perguntas feitas.

4 - Seleção do material experimental: na seleção do material , os objetivos do experimento e a população ao qual se pretende fazer inferência, devem ser considerados. O material usado deve ser representativo da população sobre a qual os tratamentos serão testados. Há casos do material ser

limitado para uso na experimentação.

5- Seleção do delineamento experimental: os objetivos do experimento são importantes, porém, deve-se escolher o delineamento mais simples que nos dê a precisão desejada.

6 - Seleção da unidade de observação e número de repetições: tanto o tamanho e a forma das parcelas como o número de repetições devem ser escolhidos para produzir a precisão desejada na estimativa de tratamentos.

7 - Controle de efeitos de umidade adjacentes sobre outras: é feito através do uso de linhas de bordaduras pela casualização dos tratamentos. Em geral, utilizam-se duas linhas de bordaduras em experimento de adubação, competição de espécies, espaçamento, etc.

8 - Planejamento estatísticos e sumário de resultados: escrever as causas ou fontes de variação e respectivos graus de liberdade na análise de variância. Preparar tabela ou gráfico que mostrarão os efeitos esperados.

9 - Condução do experimento: evitar qualquer interferência pessoal no favorecimento de determinados tratamentos. Evitar problemas com cansaço na coleta de dados. Organizar a coleta de dados de modo a facilitar a análise e evitar erros na transcrição de dados.

10 - Datas do experimento: todo material biológico está sujeito a variação no tempo e importa que em todos os experimentos seja anotado a data em que se realizam. Impõe-se encarar as datas como parte essencial da descrição do tratamento e cada publicação deve mencioná-las.

As pesquisas com consórcios têm focado vários aspectos tais como: eficiência da consorciação em relação ao monocultivo, recomendação de culturas e cultivares, arranjos e densidades de plantio das culturas, adubação, etc.

Aspectos a ser considerados em alguns experimentos:

- Avaliação da eficiência do consórcio: esta eficiência deve ser obtida comparando-se o sistema consorciado com o monocultivo.

- Identificação de culturas e cultivares apropriadas à consorciação.

- Estudo de arranjos e densidades de plantas: com uma melhor distribuição das culturas, fazendo com que estas explorem melhor os recursos disponíveis, garante uma maior eficiência do consórcio. Haizel (1974), citado por Ramalho et al. (1983), comenta que existem três métodos para se compararem populações de plantas em cultivo associado : o método aditivo, em que cada espécie é plantada na mesma população como em monocultivo; o método substitutivo, o número total de plantas em monocultivo e em consorciação é o mesmo ; e o método de reposição, em que um certo número de indivíduos de uma espécie é considerado com equivalente a um indivíduo da outra espécie e este relacionamento é usado para determinar a população em consorciação.

Com relação aos estudos sobre densidade de plantas, não deve ser esquecida a característica quantitativa dos tratamentos. Neste caso, o procedimento adequado para se verificar o comportamento das diferentes densidades é uma análise de regressão, tendo-se como variável independente os diferentes níveis de densidade de plantas e, como variável dependente, a resposta em estudo, como peso de grãos, por exemplo, Ramalho et al.(1983)

Ramalho et al. (1983) considera que o tamanho e o formato das parcelas experimentais é de suma importância para a validade das inferências a serem obtidas dos experimentos agroflorestais. Considera ainda que existe grande dificuldade em se definir o tamanho e a forma destas para os experimentos cujo objetivo é a comparação de arranjos de plantio. Na maioria dos casos, devido ao tipo de tratamento estudado, não há possibilidade de se utilizarem parcelas de dimensões homogêneas para todos os tratamentos. Entretanto, é aconselhável que a diferença entre as áreas das parcelas seja mínima e com uma dimensão que reflita bem o microambiente formado pela disposição das duas culturas consorciadas.

Segundo Morgado et al. (1986), o tamanho da parcela do consórcio é determinado mais freqüentemente pela cultura que seja alta, competitiva, ou que tenha um espaçamento maior. Nos estudos com arranjos de fileiras, a área útil a ser escolhida deverá ter pelo menos duas unidades de proporção básica. Por exemplo para um arranjo de 1A:3B a área útil sugerida seriam duas fileiras da cultura A e seis fileiras da cultura B, porque as duas unidades proporcionarão uma média para a variação que possa ocorrer quando a estimativa das produções for feita com apenas uma unidade, principalmente a cultura A.

O tamanho de parcelas para sistemas de consórcio de culturas perenes com culturas anuais poderia ser mais ou menos o mesmo que é usado para plantio isolado das culturas perenes. Desde que as culturas perenes sejam plantadas em espaçamentos maiores, o número mínimo de plantas necessárias para determinação da produção no plantio isolado pode, normalmente, proporcionar área mais que suficiente para plantio das duas culturas a serem consorciadas com elas, Morgado et al. (1986).

Um sistema agroflorestal contém, geralmente, plantas pequenas na forma de pasto, culturas anuais ou plantas de cobertura. Para estudar essa categoria (escolha da espécie, espaçamento, forma e data de instalação, fertilização, etc.) podem se usar parcelas menores. Assim, o ensaio pode ter parcelas

maiores para os tratamentos que se referem às árvores e parcelas menores para plantas de menos tamanho. O delineamento adequado para tal situação é o delineamento em parcelas subdivididas (Morgado et al., 1986).

Os mesmos delineamentos utilizados em monocultivos são usados em consórcios. Sendo que, nos estudos em consórcio, os delineamentos em blocos casualizados e parcelas subdivididas são, normalmente, os mais utilizados. De acordo com Morgado et al. (1986), o quadrado latino é pouco utilizado por causa das restrições no número de tratamentos que podem ser incluídos neste delineamento, sendo que os experimentos em arranjo fatorial são particularmente importantes para consorciação de culturas, considerando que os ensaios de consórcio geralmente têm mais fatores para serem estudados e, que eles têm a vantagem de reduzir as repetições e mostrar os efeitos das interações.

Segundo Willey & Rao (1981), os delineamentos sistemáticos são relevantes, especialmente para os estudos de populações de plantas e espaçamentos nos consórcios. Pois estes delineamentos facilitam o estudo de um determinado fator com vários níveis, o que é muito importante no estágio inicial da experimentação, quando não se tem nenhuma informação disponível. A população e o componente do consórcio estudado varia sistematicamente a uma pequena mudança constante (10 a 20 %) de um lado a outro, evitando assim a necessidade de bordaduras entre as parcelas, exceto o início e no fim do bloco. As vantagens destes delineamentos são que eles demandam menos área experimental e proporcionam uma maior área útil de colheita para avaliação de produção. Por outro lado, a variação sistemática da fertilidade do solo pode interferir nos resultados e a ausência de casualização não permite o uso da análise de variância normal. A melhor análise para os resultados obtidos é feita pelo ajuste de equação de respostas apropriadas, que podem ser comparadas em diferentes situações. Os delineamentos sistemáticos de fileiras paralelas são mais práticas do que os delineamentos em forma de leque porque proporcionam área útil de colheita razoável em cada ponto, com as fileiras sujeitas a menor efeito de bordadura e representando as condições normais de semeadura ao nível de campo, Morgado et al. (1986).

Maiores detalhes sobre estes delineamentos podem ser obtidos dos trabalhos de Nelder (1962), Bleasdale (1967), Willey & Rao (1980), Huxley & Maingu (1978) e Wahua & Miller (1978).

A diferença básica, sob o aspecto de análise de dados, entre os experimentos de monocultivo e aqueles em que são usadas culturas consorciadas, está no caráter multivariado das respostas na consorciação. No caso, por exemplo, do eucalipto e feijão, cada parcela experimental fornece duas respostas para cada variável que se estuda. Assim, algum critério deve ser estabelecido a priori, no sentido de se determinar quais os tratamentos proporcionarão as melhores combinações das duas respostas. Naturalmente este critério é uma função das necessidades em que está sujeito o agricultor. Estas necessidades são os limites mínimos de produção de uma e outra cultura, e dependem, basicamente, do sistema de produção da propriedade como um todo. Obviamente, há de se considerar também as vantagens econômicas proporcionadas pelas diferentes combinações.

Inicialmente, os dados devem ser analisados separadamente para cada cultura, com o objetivo de se verificarem os possíveis efeitos de competição entre elas. Também interações entre tratamentos x sistemas de cultivos devem ser avaliados através das análises individuais.

Morgado et al. (1986) destaca que os sistemas de plantio consorciados não podem ser avaliados adequadamente somente pelo critério de produção ao valor econômico. Devem ser usados métodos alternativos, dependendo da combinação de culturas e dos objetivos para os quais os sistemas são implantados.

Vieira (1985) e Ramalho et al. (1983) realçam que para as análises combinadas, o método " Razão da Área Equivalente (RAE) " tem sido um dos mais utilizados com sucesso na avaliação de sistemas consorciados. É definido como sendo a área de terra requerida no monocultivo para se obter a mesma produção do sistema consorciado, sendo obtida pela seguinte expressão:

Produção da cultura A no consórcio + Produção da Cultura B no consórcio R A E = Produção da cultura A em monocultivo + Produção da cultura B em monocultivo

Segundo Mead & Willey (1980), citados por Ramalho et al. (1983), este índice apresenta algumas vantagens tais como :

a) proporciona uma medida padronizada que possibilita a combinação de produções;
b) Os efeitos de competição entre as culturas podem ser obtidos a partir das RAE's individuais;

c) A RAE total pode ser tomada como uma medida de vantagem relativa, isto é, uma RAE de 1,2 indica uma vantagem de produção de 20 % a mais de área seria requerida no monocultivo para proporcionar a mesma produção da consorciação.

Uma das desvantagens do cálculo da RAE , utilizando a expressão apresentada anteriormente, é que devido a RAE ser uma razão, valores altos podem ser obtidos tanto pelas altas produções da consorciação, como também devido as baixas produções do monocultivo. Com a finalidade de se obter uma RAE que permite comparações entre tratamentos , Mead & Willey (1980), citados por

Ramalho et al. (1983), sugeriram o uso de um mesmo fator de padronização, ou seja, um valor constante para ser usado como denominador da expressão da RAE, isto é, um valor constante para os respectivos monocultivos (Ma e Mb). Estes valores poderão ser definidos como as produções máximas ou as médias dos monocultivos das culturas, ou mesmo produções do monocultivo de algum tratamento usado como testemunha, Ramalho et al.(1983).

CONCLUSÕES

- A validade das inferências obtidas dos experimentos agroflorestais dependem do tamanho e formato das parcelas experimentais.

- Os delineamentos experimentais mais utilizados são os em blocos casualizados, parcelas subdivididas, em arranjo fatorial e os sistemáticos de fileiras e em forma de leque.

- Para as análises combinadas de sistemas consorciados, o método " Razão da Área Equivalente (RAE)" tem sido utilizado com sucesso.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BLEASDALE, J.K.A. Systematic designs for spacing experiments. *Exp. Agric.*, 3: 73 - 85, 1967.
- HUXLEY, P.A. & MAINGU, Z. Use of a systematic design as an aid to the study of intercropping : some general considerations. *Exp. Agric.*, 14: 49-56 , 1978.
- MACEDO, R.L.G. Sistemas agroflorestais com leguminosas arbóreas para recuperar áreas degradadas por atividades agropecuárias. In: SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 1, Curitiba, 1992. Anais... Curitiba, UFPR/FUPEF, 1992 . p. 136-47.
- MORGADO, L.B.; RAO, M.R. Conceitos e métodos experimentais em pesquisa com consorciação de culturas. Petrolina, PE. EMBRAPA - CPATSA, 1986. 79 p.
- NELDER , J.A. New kinds of systematic designs for spacing experiments. *Biometrics*, 18 : 283- 307, 1962.
- OLIVEIRA, E.B. de; SCHREINER, H.G. Caracterização e análise estatística de experimentos de agrossilvicultura. Taller sobre sideño estatístico y evaluacion economica de sistemas agroforestales. In: Oficina Regional de La FAO para América Latina y el Caribe. Curitiba, PR. 20 a 28 de outubro de 1986. 75-103 p.
- RAMALHO, M.A.P.; OLIVEIRA, A C. de; GARCIA J.C. Recomendações para o planejamento e análise de experimentos com as culturas de milho e feijão consorciadas. EMBRAPA- Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo. Sete Lagoas. Minas Gerais. Documentos nº 02. Maio, 1983. 74 p.
- VIEIRA, C. O feijão em cultivos consorciados. Viçosa, UFV, Imprensa Universitária, 1985.134p.
- WAHUA. T.A.T. & MILLER, D.A. Relative yield totals and yield components of intercropped sorghum and soybeans. *Agron. J.*, 70 : 287- 291, 1978.
- WILLEY, R.W & RAO, M.R. A competitive ratio for quantifying competition between intercrops. *Exp. Agric.*, 16 : 117-125 , 1980.
- WILLEY ,R.W. & RAO, M.R. A systematic design to examine effects of plant population and spatial arrangement in intercropping illustrated by na experiment on chickpea /safflower. *Exp. Agric.*, 17: 63-73, 1981.
-