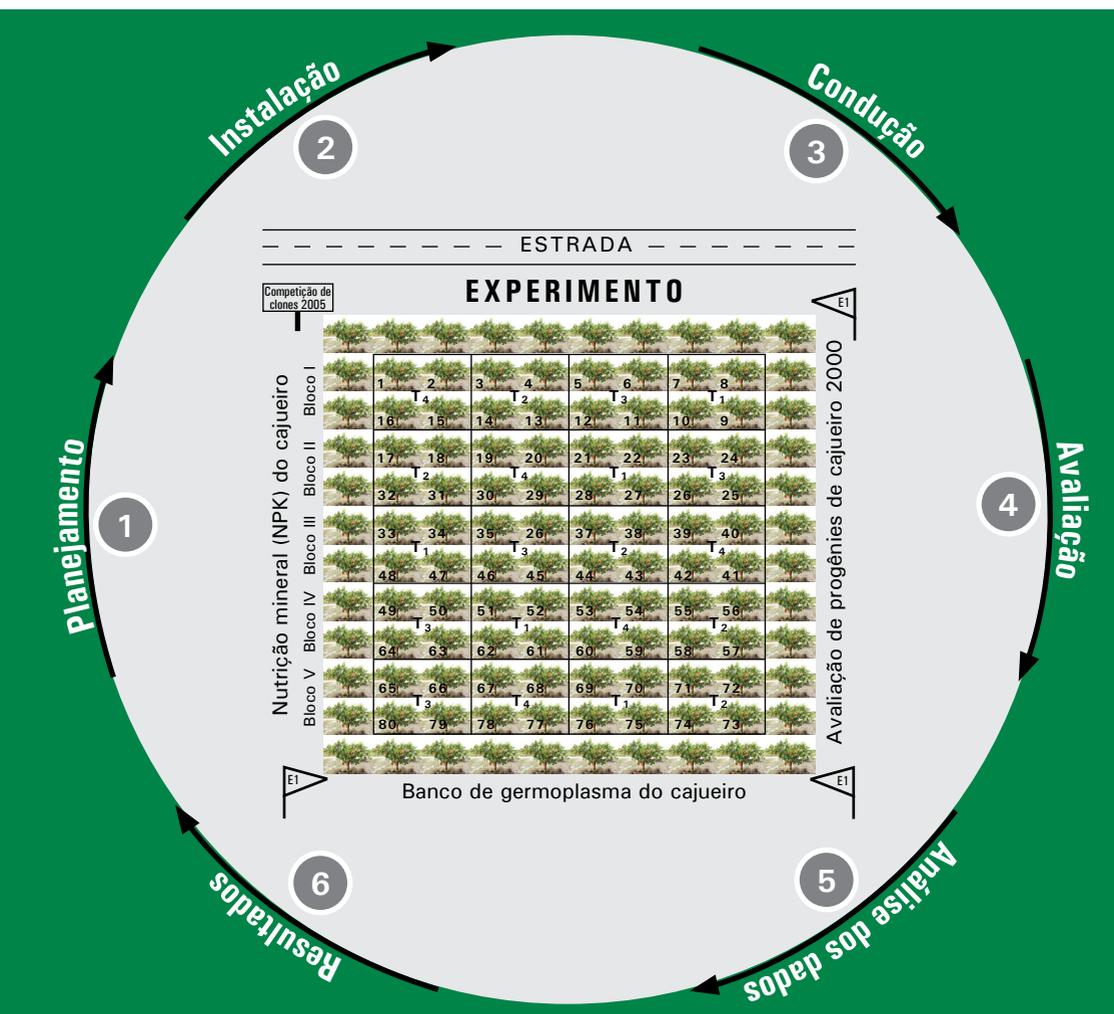


## Orientações para Instalação, Condução e Avaliação de Experimentos de Campo



ISSN 2179-8184

Novembro, 2017

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
Embrapa Agroindústria Tropical  
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

# **Documentos** 177

## **Orientações para instalação, condução e avaliação de experimentos de campo**

*Adroaldo Guimarães Rossetti  
Francisco das Chagas Vidal Neto  
Dheyne Silva Melo  
Luiz Augusto Lopes Serrano  
Fernando José Hawerth  
Carlos Alberto Kenji Taniguchi  
Marlon Vagner Valentim Martins  
Francisco Xavier de Souza  
Marlos Alves Bezerra*

**Embrapa Agroindústria Tropical**  
Fortaleza, CE  
2017

**Unidade responsável pelo conteúdo e edição:**

Embrapa Agroindústria Tropical  
Rua Dra. Sara Mesquita 2270, Pici  
CEP 60511-110 Fortaleza, CE  
Fone: (85) 3391-7100  
Fax: (85) 3391-7109  
www.embrapa.br/agroindustria-tropical  
www.embrapa.br/fale-conosco

**Comitê de Publicações da Embrapa Agroindústria Tropical**

Presidente: *Gustavo Adolfo Saavedra Pinto*  
Secretária-executiva: *Celli Rodrigues Muniz*  
Secretária-administrativa: *Eveline de Castro Menezes*  
Membros: *Janice Ribeiro Lima, Marlos Alves Bezerra, Luiz Augusto Lopes Serrano, Marlon Vagner Valentim Martins, Guilherme Julião Zocolo, Rita de Cássia Costa Cid, Eliana Sousa Ximendes*

Supervisão editorial: *Ana Elisa Galvão Sidrim*  
Revisão de texto: *Marcos Antônio Nakayama*  
Normalização: *Rita de Cássia Costa Cid*  
Editoração eletrônica: *Arilo Nobre de Oliveira*  
Capa: *Adroaldo Guimarães Rossetti*

**1ª edição**

On-line (2017)

**Todos os direitos reservados**

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei no 9.610).

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**

Embrapa Agroindústria Tropical

---

Orientações para instalação, condução e avaliação de experimentos de campo / Adroaldo Guimarães Rossetti... [et al.]. – Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2017.

85 p. : il. ; 14,8 cm x 21 cm. – (Documentos / Embrapa Agroindústria Tropical, ISSN 2179-8184; 177).

Publicação disponibilizada on-line no formato PDF.

1. Experimentação agrícola. 2. Delineamento experimental. 3. Experimento. 4. Unidade experimental. I. Rossetti, Adroaldo Guimarães. II. Vidal Neto, Francisco das Chagas. III. Melo, Dheyne Silva. IV. Serrano, Luiz Augusto Lopes. V. Hawerth, Fernando José. VI. Taniguchi, Carlos Alberto Kenji. VII. Martins, Marlon Vagner Valentim. VIII. Souza, Francisco Xavier de. IX. Bezerra, Marlos Alves. X. Série.

CDD 519.5

© Embrapa 2017

# **Autores**

## **Adroaldo Guimarães Rossetti**

Matemático, doutor em Engenharia e Gestão do Conhecimento, pesquisador da Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza, CE, [adroaldo.rossetti@embrapa.br](mailto:adroaldo.rossetti@embrapa.br)

## **Francisco das Chagas Vidal Neto**

Engenheiro-agrônomo, doutor em Melhoramento Genético Vegetal, pesquisador da Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza, CE, [vidal.neto@embrapa.br](mailto:vidal.neto@embrapa.br)

## **Dheyne Silva Melo**

Engenheiro-agrônomo, doutor em Melhoramento Genético Vegetal, pesquisador da Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza, CE, [dheyne.melo@embrapa.br](mailto:dheyne.melo@embrapa.br)

## **Luiz Augusto Lopes Serrano**

Engenheiro-agrônomo, doutor em Produção Vegetal, pesquisador da Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza, CE, [luiz.serrano@embrapa.br](mailto:luiz.serrano@embrapa.br)

## **Fernando José Hawerroth**

Engenheiro Agrônomo, doutor em Agronomia, pesquisador da Embrapa Uva e Vinho, Bento Gonçalves, RS, [fernando.hawerroth@embrapa.br](mailto:fernando.hawerroth@embrapa.br)

**Carlos Alberto Kenji Taniguchi**

Engenheiro-agrônomo, doutor em Ciência do Solo, pesquisador da Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza, CE, carlos.taniguchi@embrapa.br

**Marlon Vagner Valentim Martins**

Engenheiro-agrônomo, doutor em Produção Vegetal, pesquisador da Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza, CE, marlon.valentim@embrapa.br

**Francisco Xavier de Souza**

Engenheiro-agrônomo, doutor em Fitotecnia, pesquisador da Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza, CE, xavier.souza@embrapa.br

**Marlos Alves Bezerra**

Engenheiro-agrônomo, doutor em Fisiologia Vegetal, pesquisador da Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza, CE, marlos.bezerra@embrapa.br

# Apresentação

Competitividade e sustentabilidade representam características indissociáveis dos novos tempos. Nas atividades agropecuárias, isso implica elevação das demandas por informações e conhecimentos que possibilitem avanços tecnológicos e inovações. Só assim os empreendimentos produtivos agroindustriais podem assegurar sua inserção e permanência nos mercados.

O suporte para isso, em grande medida, tem origem nos conhecimentos teóricos dos pesquisadores e demais atores envolvidos no processo, requerendo inteligência aplicada no planejamento, execução e condução dos delineamentos experimentais, sejam eles em laboratório ou no campo.

A precisão dos delineamentos e a acurácia no acompanhamento e na obtenção dos dados constituem o cerne da qualidade dos resultados de pesquisa. A tomada de decisão subsequente depende, fundamentalmente, da qualidade do referencial utilizado.

A experiência dos autores desta publicação no campo da experimentação agrícola ensinou a produção de um material de elevado nível técnico-científico e, ao mesmo tempo, de desmedida orientação prática.

Ao dar a conhecer as possibilidades do “erro experimental”, aprimoraram-se os acertos metodológicos e epistemológicos em prol da pesquisa e inovação de qualidade. Portanto, a leitura deste documento é indispensável para pesquisadores, analistas e demais profissionais envolvidos com o suporte e a execução de pesquisa experimental consequente.

*Lucas Antonio de Sousa Leite*  
Chefe-Geral da Embrapa Agroindústria Tropical

# Sumário

|  |    |
|--|----|
| <b>Introdução</b> .....  | 9  |
| <b>Conceitos básicos</b> .....   | 11 |
| Experimentação agrícola .....  | 12 |
| Experimento .....  | 13 |
| Estatística Experimental .....   | 13 |
| Material experimental .....  | 14 |
| Tratamento .....   | 15 |
| Unidade experimental (parcela) .....   | 15 |
| Tamanho e forma da unidade experimental (parcela) .....                      | 16 |
| Parcela perdida .....  | 19 |
| Bordadura .....  | 21 |
| <b>Delineamento experimental</b> .....                                       | 31 |
| Experimento em delineamento experimental inteiramente casualizado .....      | 32 |
| Repetição e casualização (ou aleatorização) .....                            | 33 |
| Relação tamanho de parcela <i>versus</i> número de repetições.....           | 36 |
| Experimento em delineamento de blocos casualizados ou blocos ao acaso.....   | 36 |
| Tamanho do bloco (número de tratamentos por bloco) e forma do bloco. ....    | 39 |
| Experimento em blocos ao caso: formas de parcelas e tipos de bordaduras..... | 55 |

|  |           |
|--|-----------|
| Experimento em delineamento experimental em quadrado latino ..   | 60        |
| Experimentos fatoriais.....                                      | 62        |
| Experimentos fatoriais em parcelas subdivididas .....            | 65        |
| Experimentos fatoriais com parcelas em faixas .....              | 67        |
| <b>Redes de experimentos ou grupos de experimentos .....</b>     | <b>69</b> |
| <b>Experimentos de consórcio ou associação de cultivos .....</b> | <b>69</b> |
| <b>Instalação do experimento: material experimental .....</b>    | <b>70</b> |
| <b>Identificação do experimento no campo .....</b>               | <b>71</b> |
| <b>Avaliação de experimentos .....</b>                           | <b>73</b> |
| <b>Planilha de campo .....</b>                                   | <b>77</b> |
| <b>Agradecimentos .....</b>                                      | <b>83</b> |
| <b>Referências .....</b>   | <b>84</b> |

# Orientações para instalação, condução e avaliação de experimentos de campo

---

*Adroaldo Guimarães Rossetti*

*Francisco das Chagas Vidal Neto*

*Dheyne Silva Melo*

*Luiz Augusto Lopes Serrano*

*Fernando José Hawerroth*

*Carlos Alberto Kenji Taniguchi*

*Marlon Vagner Valentim Martins*

*Francisco Xavier de Souza*

*Marlos Alves Bezerra*

## Introdução

A pesquisa agropecuária, como atividade científica, cuja maior parte é realizada via experimentação, demanda cuidados especiais, do planejamento à interpretação dos resultados, passando pela instalação, condução e avaliação dos experimentos e análise dos dados. Para desenvolver esse trabalho com eficiência, o pesquisador depende do sólido apoio da equipe de campo, para que os resultados gerados sejam confiáveis. Entretanto, falta às equipes de campo compreensão das técnicas básicas da experimentação, de forma que entendam a importância da aplicação desses conhecimentos na precisão dos resultados da pesquisa. Parece faltar, também, conscientização da importância do comprometimento humano na aplicação desses conhecimentos, para que estes cumpram satisfatoriamente sua função.

A falta de conhecimento de técnicas básicas de experimentação e de uma boa percepção acerca da natureza e dos objetivos do trabalho, por parte das equipes de apoio, pode contribuir para uma deficiente condução dos experimentos. Isso pode refletir na qualidade dos dados experimentais e nos resultados das análises desses dados, levando a interpretações e conclusões equivocadas dos resultados, com perda de informações e de qualidade da pesquisa. Afinal, a principal função da Estatística Experimental é aumentar a eficácia dos resultados pela

redução do erro experimental, que está estreitamente ligado à fiel observância dessas técnicas. É importante frisar que essas técnicas têm relevante papel no controle da precisão experimental, as quais não podem ser efetivas sem o engajamento do fator humano, certamente o mais importante nesse contexto.

Em vista disso, a Embrapa Agroindústria Tropical tem tomado a iniciativa de capacitar suas equipes de apoio, que executam atividades nos experimentos em campo, a compreenderem a base da experimentação agrícola e sua importância para os resultados das pesquisas. Manter atualizadas e treinadas as equipes de assistentes, técnicos e bolsistas e/ou estagiários, além de lhes dar a tranquilidade do correto e preciso desenvolvimento de suas atividades, permite-lhes conhecer melhor o valor do trabalho que executam e os estimula como colaboradores da qualidade dos resultados obtidos.

Vale ressaltar que o planejamento de experimentos é uma atividade que compete exclusivamente ao pesquisador, no momento da concepção da pesquisa (WILSON, 1990), não havendo necessidade de participação da equipe de apoio, nessa fase. É indispensável, porém, que a equipe de apoio compreenda, na prática, sem exigência de fundamentos teóricos, em que consiste um experimento: o erro experimental, sua função, causas e consequências; um delineamento experimental e, que todo delineamento experimental é baseado em um modelo matemático, sob o qual os dados colhidos nos experimentos são analisados, etc. É igualmente importante que entendam que o modelo matemático do delineamento experimental é escolhido pelo pesquisador na fase do planejamento do experimento, em função dos objetivos da pesquisa, com base no método científico.

Na prática, esse modelo matemático é estabelecido no campo por ocasião da instalação do experimento, mediante a observância dos princípios básicos da experimentação agrícola. O estabelecimento desse modelo é solidificado durante a condução do experimento, pela seqüência criteriosa das atividades programadas. Portanto, cuidados especiais devem ser tomados a partir da instalação do experimento, na

condução, quanto às variáveis a serem avaliadas, épocas de avaliação, precisão das medidas, observação regular dos tratos culturais e demais atividades que se lhes referirem. Os princípios básicos da experimentação serão vistos mais adiante.

Todos esses elementos e atividades têm grande influência na precisão e na qualidade dos resultados da pesquisa. É, portanto, grande a importância das atividades desses profissionais, que, diretamente ligados aos experimentos, devem ter claro conhecimento do que ocorre em seu redor. Em vista disso, é indispensável que tenham plena interação com o pesquisador responsável pelo experimento, como canal de comunicação para realçar a qualidade do trabalho. Essa interação, além da praticidade para tirar as dúvidas que surgirem sobre a condução do experimento, facilita a comunicação do eventual aparecimento de situações fortuitas que em geral exigem decisões imediatas para a preservação da qualidade da pesquisa.

O conteúdo deste documento foi apresentado em curso ministrado a assistentes, técnicos e bolsistas/estagiários da Embrapa Agroindústria Tropical que dão apoio a pesquisadores em experimentos conduzidos nos campos experimentais de Pacajus e Paraipaba, no Ceará. O objetivo desta publicação é disponibilizar a esses profissionais as informações necessárias para que compreendam e saibam a importância: dos princípios básicos da experimentação agrícola (uso e função da Estatística Experimental e suas relações com a instalação, condução e avaliação dos experimentos); do croqui de um experimento; do uso e função de repetições e da unidade experimental (parcela); do uso ou não de bordadura entre as parcelas; das variáveis a serem avaliadas e do cuidado na tomada de dados e registros na planilha de campo, entre outros.

## Conceitos básicos

Devido ao caráter eminentemente prático deste trabalho, decidiu-se por não incluir a fundamentação teórica dos princípios e métodos da experimentação agrícola aqui utilizados, mas expô-los em linguagem

simples e prática, a fim de facilitar a compreensão do público que os aplica. Entretanto, alguns conceitos e exemplos foram considerados indispensáveis para melhor solidificar a compreensão desses princípios e realçar a importância de serem observadas, à risca, as ações ou atividades que se lhes estão ligadas.

Nesse sentido, optou-se por explicitar cada elemento dos modelos matemáticos dos delineamentos experimentais para facilitar a compreensão de suas funções nos experimentos. Do mesmo modo, apesar de praticamente não se utilizar bordadura dupla, por exemplo, ela será apresentada e exemplificada, até para se saber porque não se usa. Analogamente, optou-se por citar/referenciar edições antigas de autores de conceitos básicos de experimentação agrícola, com o intuito de realçar a importância e a solidez desses conceitos.

## **Experimentação agrícola**

É uma investigação científica por meio de experimento, que, a partir de uma hipótese, pretende observar e classificar certo fenômeno (sob “condições controladas”) (LITTLE; HILLS, 1978). Ou seja, a experimentação agrícola é uma atividade de pesquisa científica, portanto, baseada em princípios estabelecidos pelo método científico que, se não seguidos ao pé da letra, podem prejudicar os resultados. É, portanto, uma ação levada a cabo para testar uma **hipótese científica** ou de **pesquisa**, isto é, testar uma afirmação ou proposição de solução ou resposta a um problema de pesquisa que é derivada de uma teoria por inferência dedutiva. As hipóteses estatísticas, diferentes das científicas, não serão tratadas neste documento, embora tenham sido mencionadas nos exemplos apresentados no curso. Segue-se um exemplo de hipótese científica proposta para a solução do problema do oídio do cajueiro:

### **Exemplo de hipótese científica**

*“O oídio provoca graves perdas para a cultura do cajueiro, afetando a inflorescência, a produção da amêndoa e do pedúnculo; então, clones de cajueiro resistentes ao patógeno devem apresentar maiores níveis de produtividade e maior qualidade do produto.”*

É nos experimentos, cujo conceito se verá mais adiante, que hipóteses como esta são testadas. Entende-se por “condições controladas”, neste contexto, a uniformidade de todo o material experimental: clones, no caso, e demais características ou ações que compõem o experimento, inclusive os tratamentos culturais, de modo que os tratamentos (clones) tenham condições de expressar o seu real potencial de resistência ao patógeno, por exemplo.

## Experimento

É um **trabalho científico**, previamente planejado com base nos fundamentos do método científico e dos princípios básicos da experimentação, que tem por objetivo comprovar uma hipótese científica ou um fenômeno físico. Ou ainda, é um ensaio científico, previamente planejado para a verificação de relações entre fatores bem definidos, para pôr à prova uma hipótese, como a enunciada acima, por exemplo. Como atividade científica, porém, o estudo dos experimentos é baseado numa área específica da ciência, chamada **Estatística Experimental**, como afirmam vários autores.

## Estatística Experimental

Fisher (1935) afirmou que **Estatística Experimental** é a matemática aplicada a dados de observações. Para Snedecor (1946), **Estatística Experimental** é a parte da ciência que fornece os métodos para o estudo de experimentos, seu planejamento, instalação, execução, análise dos dados e interpretação dos resultados. Finney (1962), por sua vez, definiu Estatística Experimental como a ciência que nos auxilia na pesquisa de problemas quantitativos, nos quais a variabilidade do material obscurece relações simples.

Essas definições, além de complementares, são uma síntese apurada das questões que envolvem os experimentos, dando uma boa ideia da atenção que eles requerem do planejamento à interpretação dos resultados da pesquisa. Afinal, como afirma Pimentel-Gomes (2009): em todos os dados obtidos de experimentos, existem efeitos de fatores que não podem ser controlados pelo pesquisador. Esses fatores são chamados de variação do acaso. É justamente para estimar os

efeitos desses fatores que se faz análise estatística, a qual permite ao pesquisador avaliar se as diferenças observadas em um experimento são ou não significativas. A Estatística Experimental é, portanto, a base para a tomada de decisão do pesquisador.

## Material experimental

Os componentes básicos de um **experimento ou ensaio**, objeto de estudo, também chamados **material experimental**, são todos os materiais que o pesquisador necessita ou dispõe e utiliza para a execução do experimento. Tais são, no caso vertente: a área experimental, as plantas, os tratamentos (qualitativos ou quantitativos), a unidade experimental ou parcela, o delineamento experimental, as repetições e/ou blocos, as variáveis a serem avaliadas (respostas aos tratamentos), os tratos culturais, os instrumentos de medida e outros materiais de pesquisa que, direta ou indiretamente, fazem parte do experimento. Entende-se por **área experimental** o local ou ambiente onde o experimento será conduzido: o campo, o viveiro, a casa de vegetação ou telado, o laboratório.

Plantas, neste contexto, são as mudas da cultura ou espécie, preparadas para o experimento a ser conduzido e as plantas desenvolvidas ou em desenvolvimento, provenientes dessas mudas. Os tratos culturais são constituídos de atividades, como a adubação (química ou orgânica), a calagem (correção do solo), a pulverização para controle de doenças e pragas (químico, biológico, cultural ou genético), as capinas (manual, mecânica ou química), etc. Insumos são materiais ou outras coisas que podem estar inseridas no trato cultural, como água, adubos, etc. Estes, embora não façam parte dos tratamentos, são utilizados para lhes propiciar melhor desempenho.

Os instrumentos de medida normalmente usados para medir as variáveis que respondem aos efeitos dos tratamentos, são régua métrica, trenas, paquímetros, balanças, etc. Variáveis são as características a serem avaliadas, que respondem à eficácia dos tratamentos aplicados nas parcelas do experimento, como, por exemplo: altura da planta, diâmetro do caule, diâmetro ou envergadura

da copa, produção, número de insetos encontrados numa parcela ou numa planta, área foliar afetada por um fungo, etc.

## **Tratamento**

Chama-se **tratamento** o elemento ou os elementos cujos efeitos se desejam medir, avaliar ou comparar em um experimento. Os tratamentos podem ser de natureza qualitativa – os que têm características que os distinguem como indivíduos, espécie, tipo ou objetos de natureza diferente. No caso de um experimento para testar o exemplo de hipótese científica enunciada acima, os tratamentos seriam “clones de cajueiro”, portanto, tratamentos qualitativos. Experimentos de competição de clones ou variedades, de porta-enxertos, sistemas de cultivo, espaçamentos, tipos de poda, entre outros, são exemplos de experimentos com tratamentos qualitativos. Os tratamentos quantitativos são constituídos por quantidades definidas de certos produtos, como doses de um ou mais adubos, doses de hormônios, doses de fungicidas ou inseticidas, diferentes temperaturas, etc.

## **Unidade experimental (parcela)**

Definidos os tratamentos do experimento, é necessário escolher uma unidade experimental ou parcela onde os tratamentos serão aplicados, e os seus efeitos, avaliados, ou seja, de onde os dados serão coletados para avaliar os efeitos dos tratamentos. Uma parcela pode ser um grupo de plantas (no campo), uma área de terreno com plantas, um grupo de plantas em sacos de plástico, em vasos ou tubetes (no viveiro, casa de vegetação ou telado), um conjunto de placas de Petri ou tubos de ensaio com um meio de cultura (no laboratório), etc. A uniformidade da parcela é essencial para que o real efeito do tratamento nela aplicado não esteja sujeito a nenhum tipo de variação, fora do tratamento.

Portanto, as plantas da parcela devem ser de mesma idade, mesmo estágio de desenvolvimento, porte e vigor, de preferência enxertadas no mesmo dia e pelo mesmo enxertador. No caso dos experimentos de campo, devem ser plantadas no mesmo dia, recebendo os mesmos tratamentos culturais e insumos utilizados: adubos (orgânicos ou químicos), água e outros, em tipo e quantidade, para todas as parcelas. As covas

devem ter, tanto quanto possível, as mesmas dimensões (profundidade e diâmetro), e assim por diante. Por isso, deve-se ter cuidado para que, na parcela, não haja influências de outros fatores senão dos tratamentos aplicados, portanto, o tamanho e a forma da parcela devem ser criteriosamente dimensionados.

### **Tamanho e forma da unidade experimental (parcela)**

O tamanho e a forma da parcela variam em função do tipo de pesquisa (do material com que se está trabalhando), da cultura, do espaçamento utilizado (no caso de campo), da variável a ser avaliada e de algumas outras características. São definidos pelo pesquisador no momento do planejamento do experimento, com base em resultados de pesquisa sobre o assunto, com a cultura ou outro elemento, objeto da pesquisa.

Convém salientar que o tamanho e a forma ideais ou ótimos de parcela (ou unidade experimental) são os que apresentam a maior uniformidade possível e, conseqüentemente, a menor variação dentro da parcela. Do ponto de vista estatístico, essa variação é conhecida como “variância”, que é o grau de dispersão dos valores de uma variável em torno do valor médio dessa variável. Por isso, em caso de não se encontrarem resultados de pesquisa na literatura, com essas características, é prudente que se faça um exercício baseado em dados de experimentos com a cultura ou elemento da pesquisa, para estimá-los, pois é indispensável que as parcelas tenham o máximo de uniformidade (mínima variância).

Em caso de plantas perenes e arbóreas, como o cajueiro, que normalmente requerem espaçamentos maiores no campo, o tamanho e a forma da parcela experimental a serem utilizados requerem cuidados especiais, em virtude de alguns fatores. O tamanho e a forma das parcelas podem influenciar no tamanho da área experimental, na qualidade da condução do experimento e, sobretudo, na precisão dos resultados obtidos. Para experimentos de campo com cajueiro-anão, Rossetti et al. (1996) demonstraram que parcelas de tamanhos ótimos são formadas por quatro a seis plantas úteis em duas fileiras de plantio e de três a cinco, quando em uma única fileira. As primeiras

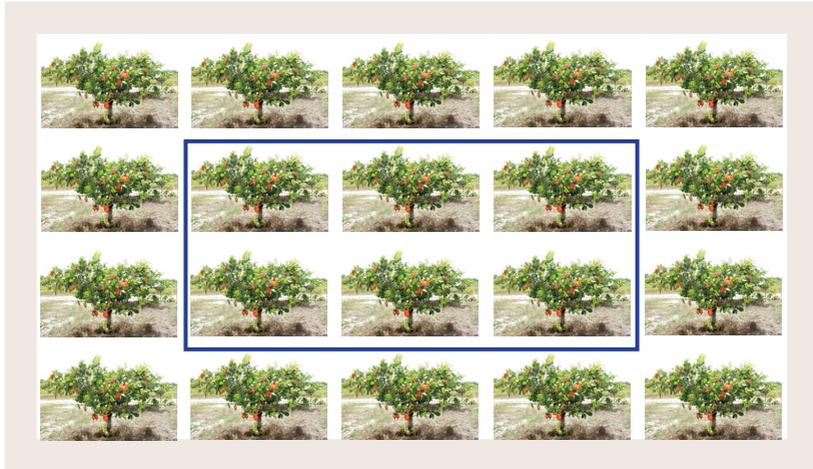
(em duas fileiras) têm forma quadrada ou retangular, dependendo do espaçamento utilizado, e as últimas (em uma única fileira), linear. As formas de parcelas aqui referidas estão ilustradas nos exemplos a seguir. Na Figura 1, as plantas circundadas pela linha azul representam as plantas de uma parcela linear com quatro plantas úteis. A Figura 2 ilustra uma parcela quadrada, com quatro plantas úteis, enquanto a Figura 3 apresenta uma parcela retangular, com seis plantas úteis.



**Figura 1.** Parcela linear com quatro plantas úteis.



**Figura 2.** Parcela quadrada com quatro plantas úteis.



**Figura 3.** Parcela retangular com seis plantas úteis.

Esses exemplos dão uma ideia razoável das diversas formas (linear, quadrada e retangular) e tamanhos (4 a 6 plantas, no caso) de parcelas que normalmente são utilizadas nos experimentos de campo, particularmente com plantas perenes arbóreas.

Parcelas de experimento em viveiro, casa de vegetação ou telado e laboratório, compostas por plantas em tubetes, sacos de plásticos, tubos de ensaio ou até vasos, em geral têm maior número de plantas que as de campo, devido às menores distâncias entre as plantas, permitindo maior uniformidade e menor variância dentro da parcela. Além disso, algumas características, como emergência de plantas e pegamento de enxertia, e outras ligadas principalmente a seleções normalmente exigidas, em função dos objetivos do experimento, também requerem que as parcelas sejam maiores. Mesmo assim, não se deve perder de vista a uniformidade e mínima variância que elas devem ter – características indispensáveis para que os tratamentos reflitam os seus reais efeitos. Também nos experimentos em que as plantas são destruídas em cada avaliação, como normalmente acontece nos experimentos de “marcha de absorção de nutrientes”, para estimar o teor de nutriente nas raízes, caule e folhas, as parcelas devem ser maiores, ou seja, ter maior número de plantas.

Nesse caso, a quantidade inicial de plantas da parcela deve ser calculada em função do número de avaliações e de quantas plantas serão tiradas a cada avaliação. Quando se trata de experimento em vasos, por exemplo, se forem planejadas cinco avaliações em quatro plantas a cada avaliação, a parcela deve ter 20 plantas; entretanto, é prudente colocar um pouco mais (de 25 a 30, por exemplo), para prevenir a eventual perda de plantas por morte ou outra ocorrência. Nesse caso, em cada avaliação, as plantas a serem avaliadas devem ser escolhidas por sorteio entre as plantas da parcela, e as remanescentes devem ser imediatamente rearrumadas para evitar competição desigual.

No caso de experimento de campo, quando em geral somente uma planta por tratamento é destruída, o sorteio normalmente é feito por ocasião do plantio, para identificar a fileira da parcela onde a planta a ser destruída será localizada. Feito isso, a fileira sorteada na parcela deve ter uma planta a mais, para evitar que, após a sua destruição, o espaçamento fique diferente e, conseqüentemente, haja competição desigual. Por exemplo: se o espaçamento entre plantas, utilizado na fileira, for de 8,0 m, a planta a ser destruída deve ser plantada a 4,0 m (entre uma e outra da fileira) para que, após a sua retirada, não haja alteração no espaçamento.

Em vista da indispensável uniformidade e mínima variância que devem caracterizar a unidade experimental, não é aconselhável utilizar **parcela com uma única planta**, para evitar a perda da parcela em caso de morte da planta. Isso só é admissível em caso especial de experimentos, cujo interesse seja o cruzamento de determinado genótipo com outros que façam parte do experimento. Nessas condições, deve-se usar o maior número de repetições possível e esse genótipo deve estar cercado pelos demais, para favorecer o cruzamento dele com os que o cercam. O conceito e a função de repetição serão vistos mais adiante.

## **Parcela perdida**

Uma parcela é considerada totalmente perdida quando todas as plantas que a compõem morreram ou sofreram algum dano com prejuízo à sua uniformidade. Há situações, porém, em que apenas algumas plantas de

uma parcela foram perdidas, por morte ou algum outro motivo. Nesse caso, nem sempre a parcela é considerada como perdida, aproveitam-se as plantas restantes e fazem-se alguns ajustes na análise dos dados. Portanto, alguns cuidados devem ser tomados no momento da avaliação e, sobretudo, na anotação dos dados na planilha de campo. Por exemplo: se, em uma parcela de 4 plantas úteis, morreram 1 ou 2 ou 3, a(s) planta(s) remanescente(s) deve(m) ser avaliada(s).

Nessa situação, no entanto, deve ser feita uma observação na planilha de campo, indicando que os dados dessa parcela são de apenas uma ou duas ou três plantas, conforme o número das sobreviventes avaliadas. Essa anotação é indispensável, para que, durante a análise dos dados, o pesquisador tenha condições de avaliar a situação dos dados e fazer os testes e ajustes eventualmente necessários. Atenção semelhante se deve ter quando a variável avaliada é a produção. Nesse caso, se a parcela existe, mas não produziu, a produção é zero. Se, porém, a parcela não existe, por morte das plantas ou outro motivo, então é considerada como perdida. Como são situações diferentes, deve ser assinalada na planilha de campo com uma legenda, fazendo uma chamada na planilha para o respectivo registro. Essa providência é indispensável para que o pesquisador possa decidir sobre como proceder, no momento da análise dos dados do experimento.

No caso de perda parcial ou total da parcela, convém observar a possibilidade de replantio, como forma de recompor a parcela, a fim de que não haja repercussão negativa na qualidade dos resultados. Isso só será possível enquanto as plantas tiverem desenvolvimento o mais próximo possível das plantadas inicialmente. Por isso, é indispensável vistoria constante para que não se postergue o replantio, a fim de que não venha afetar a uniformidade da parcela.

Pode ocorrer, também, quando a variável avaliada é a produção (número de frutos), por exemplo, que a(s) replantada(s) apresente(m) produção “insignificante” (3 a 4 frutos), em relação às demais. Mesmo assim os frutos devem ser colhidos e feita a anotação na planilha de campo.

Por outro lado, pode ocorrer perda de uma ou mais plantas quando as outras plantas da parcela estejam em estágio de desenvolvimento avançado, não permitindo mais o replantio. Nesses casos, a solução é adotar os procedimentos acima mencionados, no tocante ao registro na planilha de campo. Se as variáveis avaliadas são variáveis morfológicas (altura da planta, envergadura da copa, etc.), quando normalmente cada planta é avaliada individualmente, os mesmos procedimentos devem ser seguidos quanto à anotação na planilha de campo.

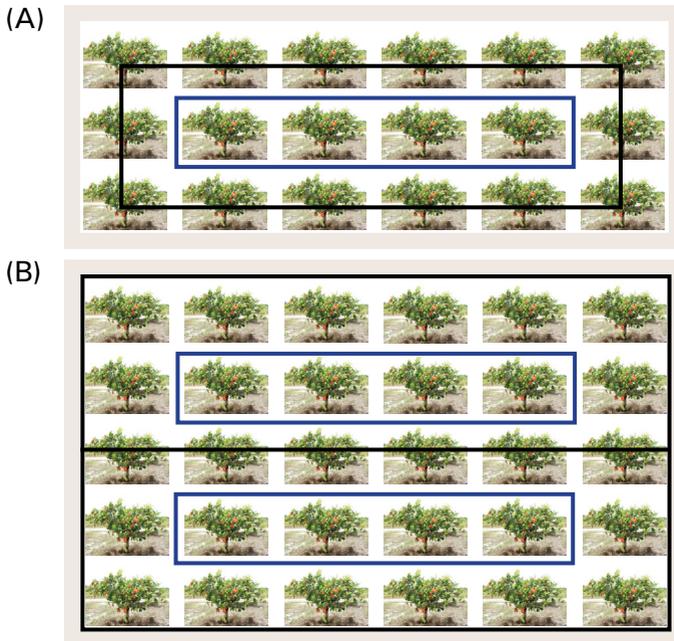
## **Bordadura**

Bordadura é a parte do experimento ou fileiras de plantas cuja função é evitar a mistura de tratamentos aplicados em parcelas vizinhas, sendo essa a sua principal vantagem. Pode ser formada por uma ou mais fileiras de plantas no campo; por sacos de plástico, por vasos ou tubetes, nos viveiros, casas de vegetação ou telados. Em certos casos, embora raros, instrumentos como lonas, por exemplo, são usados em experimentos cujos tratamentos são diferentes produtos (defensivos agrícolas ou adubos foliares) a serem aplicados via pulverização. Nesse caso, a lona serve de anteparo e evita que tratamentos de parcelas vizinhas se misturem, pela deriva natural que pode deslocar partículas do produto do tratamento aplicado como uma fina nuvem. Esse tipo de bordadura, porém, é utilizado em experimentos pequenos, com plantas de porte baixo, de ciclo curto, como as anuais, por exemplo. É usada só no momento da aplicação dos tratamentos e retirada em seguida.

Os tipos mais comuns de bordaduras entre parcelas, quando usadas fileiras de plantas, são: meia bordadura, bordadura completa (ou simples) e bordadura dupla, conforme o número de fileiras de plantas utilizado. A meia bordadura consiste de uma única fileira de plantas entre duas parcelas vizinhas. Essa fileira serve de bordadura para as duas parcelas (teoricamente corresponde à metade dessa fileira para cada uma dessas parcelas (Figuras 4, 5, 6 e 33 e 34). Na bordadura completa (ou simples), são duas fileiras entre duas parcelas vizinhas: cada fileira é bordadura completa de cada uma das parcelas (Figuras 7, 8, 9). Analogamente, a bordadura dupla é formada por quatro fileiras de plantas entre duas parcelas vizinhas, sendo duas fileiras as bordaduras

de cada parcela (Figuras 10, 11, 12). Uma prática muito frequente tem sido apenas o uso de bordadura de contorno no experimento (Figuras 14, 16, 18, 20, 22, 24, 26, 28, 30, 31, 32, 36), que consiste em uma fileira de plantas circundando todo o experimento.

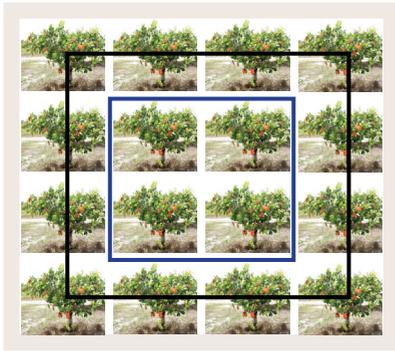
O uso de um ou outro tipo de bordadura entre parcelas depende dos objetivos da pesquisa, dos tratamentos utilizados, do conhecimento sobre a cultura e de algumas de suas características, como o desenvolvimento do sistema radicular, por exemplo. Quando se utiliza bordadura, qualquer que seja o tipo, a área útil da parcela é aquela formada pelas plantas úteis, isto é, pelas plantas em que os tratamentos são aplicados, ou seja, de onde os dados deverão ser coletados para avaliar os efeitos dos tratamentos. A parcela total e sua área são formadas por todas as plantas da parcela: as da área útil mais as de bordadura. Quando se emprega meia bordadura, a parcela tem o formato das apresentadas nas Figuras 4 a 6, conforme a forma e o tamanho da parcela utilizados.



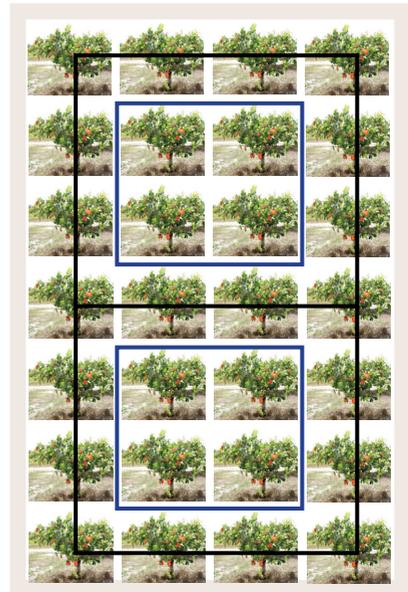
**Figura 4.** Detalhe de uma (A) e duas (B) parcelas lineares de quatro plantas úteis e meia bordadura.

Nesse caso, como nos demais exemplos que se seguem, as plantas da área útil (nas quais o tratamento é aplicado) estão circundadas com a linha azul e as de bordadura com a linha preta. A área total é formada por todas as plantas da parcela (plantas úteis, circundadas pela linha azul, mais as de bordadura, circundadas pela linha preta). A Figura 5 ilustra o detalhe de uma parcela quadrada, também com quatro plantas úteis e meia bordadura. Na Figura 6, é apresentado o detalhe de uma parcela retangular com seis plantas úteis e meia bordadura.

(A)

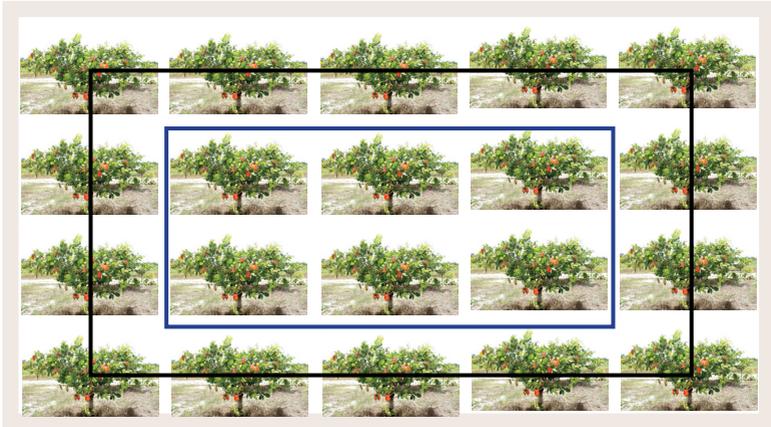


(B)



**Figura 5.** Detalhe de uma (A) e duas (B) parcelas quadradas com quatro plantas úteis e meia bordadura.

(A)



(B)



**Figura 6.** Detalhe de uma (A) e duas (B) parcelas retangulares com seis plantas úteis e meia bordadura.

Quando se usa bordadura completa ou simples, cada parcela tem o formato das apresentadas nas Figuras 7 a 9. As formas dos exemplos (linear, quadrada e retangular), e os tamanhos (quatro e seis plantas úteis), e os tamanhos (quatro e seis plantas úteis) são os mesmos dos casos anteriores, apenas por questão de praticidade.

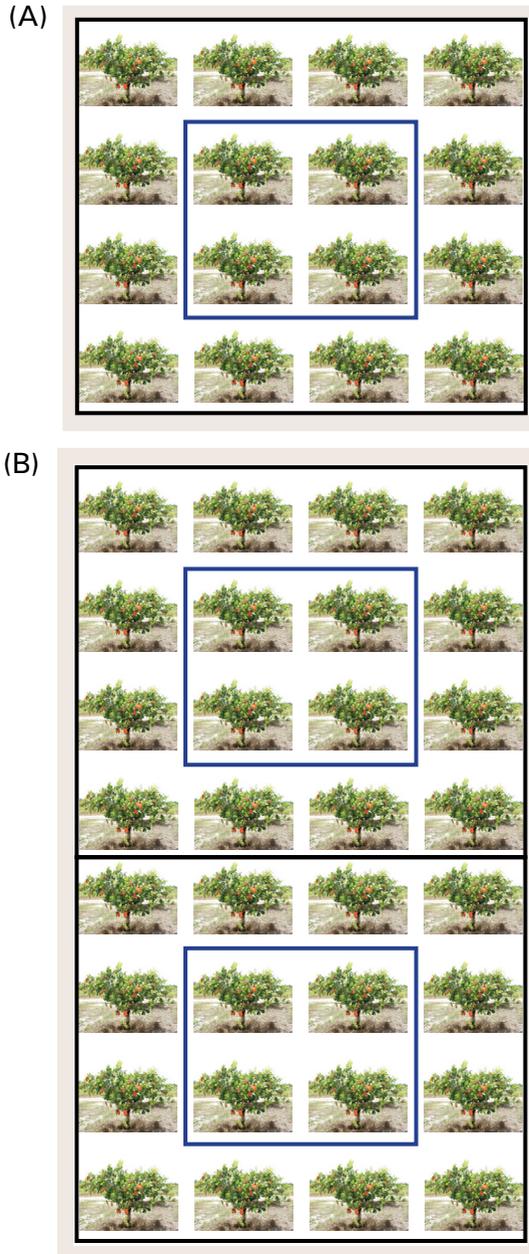
(A)



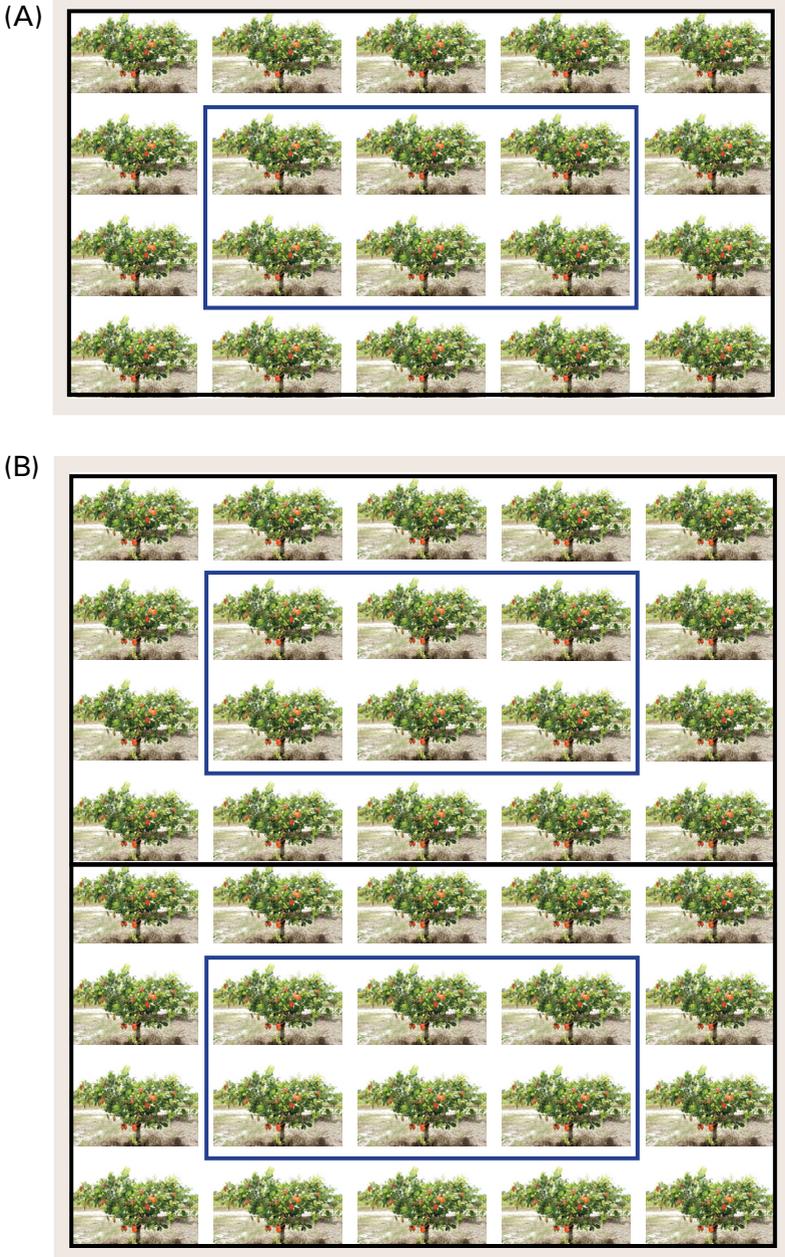
(B)



**Figura 7.** Detalhe de uma (A) e duas (B) parcelas lineares com quatro plantas úteis e bordadura completa.



**Figura 8.** Detalhe de uma (A) e duas (B) parcelas quadradas com quatro plantas úteis e bordadura completa.



**Figura 9.** Detalhe de uma (A) e duas (B) parcelas retangulares com seis plantas úteis e bordadura completa.

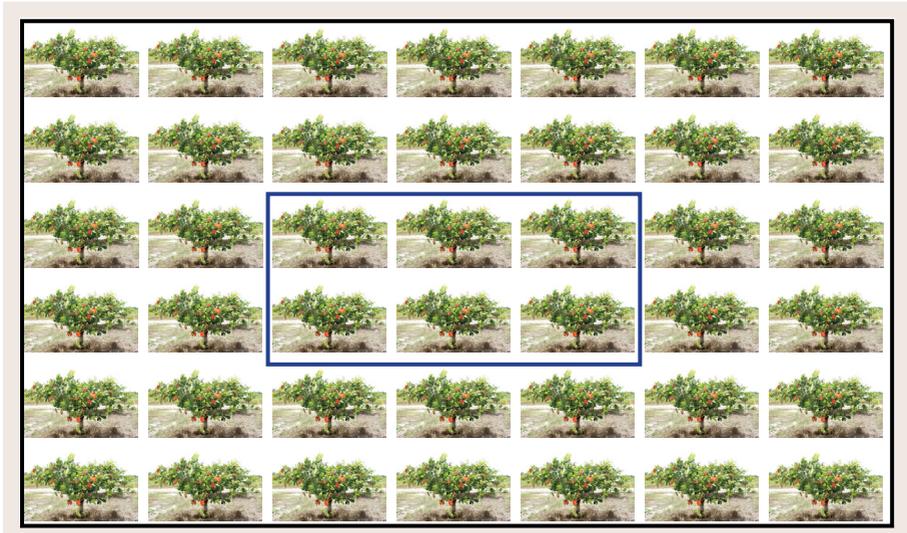
As parcelas cujos detalhes são apresentados nas Figuras 10 a 12 contêm bordadura dupla, com os mesmos tamanhos e formas adotados nos casos anteriores.



**Figura 10.** Detalhe de uma parcela linear com quatro plantas úteis e bordadura dupla.



**Figura 11.** Detalhe de uma parcela quadrada com quatro plantas úteis e bordadura dupla.



**Figura 12.** Detalhe de uma parcela retangular com seis plantas úteis e bordadura dupla.

A grande desvantagem da bordadura entre parcelas é que, dependendo do tipo utilizado, como a bordadura dupla, por exemplo (Figuras 10 a 12), a área experimental aumenta tanto que pode prejudicar a boa condução do experimento, além de encarecer a pesquisa. Por isso, dificilmente são utilizadas bordaduras duplas e até mesmo as completas ou simples (Figuras 7 a 9). O tipo mais comumente usado é a meia bordadura (Figuras 4 a 6), até mesmo em situações em que ela não seria a mais indicada. É indispensável, portanto, a verificação da real necessidade de uso e tipo de bordadura a empregar entre as parcelas no experimento. Em casos específicos, porém, como em experimentos para avaliação de materiais contrastantes para características de arquitetura da planta e ocorrência de patógenos e em experimentos de adubação química, por exemplo, o uso de bordadura é recomendado, restando ao pesquisador decidir o tipo mais apropriado.

Essa decisão é tomada pelo pesquisador, no momento do planejamento do experimento, com base no seu conhecimento sobre a cultura, no desenvolvimento do seu sistema radicular e na associação água-nutriente,

entre outros. Nos ensaios de adubação, em que o uso de bordadura é necessário, muitos pesquisadores têm utilizado meia bordadura, o que é compreensível, devido aos fatos expostos acima. Todavia, alguns estudos recomendam ser mais seguro o uso de bordadura completa, principalmente nesses casos (ROSSETTI, 1994). Convém ressaltar que o uso de um ou outro tipo depende dos conhecimentos que o pesquisador detenha sobre a cultura e outros fatores associados ao objeto da pesquisa.

Nos experimentos em que o pesquisador conclua, pelos conhecimentos sobre a cultura e de outros aspectos inerentes à pesquisa, que não é necessário usar bordadura entre as parcelas, deve utilizar uma bordadura de contorno no experimento (Figura 14). Isso é indispensável visto que as plantas das bordas laterais ou extremidades, por serem mais favorecidas por luz, por exemplo, normalmente se desenvolvem mais, são mais vigorosas e mais produtivas do que as do interior das parcelas, não devendo integrar as áreas úteis das parcelas. Nos experimentos com plantas da família das anacardiáceas, como o cajueiro e a mangueira, por exemplo, cuja maior produção ocorre na periferia da planta, deve haver bordadura de contorno para garantir a uniformidade das plantas úteis, principalmente quando as variáveis avaliadas forem produção e envergadura da copa, por exemplo. Considerar como úteis as plantas periféricas de uma parcela implicaria risco de favorecimento em relação às demais parcelas do experimento, com reflexos negativos na qualidade e precisão dos resultados da pesquisa. A bordadura de contorno deve circundar todo o experimento, pois se ficar pelo menos uma das extremidades sem ela, as parcelas dessa extremidade (sem bordadura de contorno) terão condições diferenciadas das demais do experimento.

Embora pouco comum, há quem prefira usar uma fileira de plantas para separar um bloco de outro no campo (bordadura entre blocos). Essa alternativa, entretanto, só é indicada quando os blocos são alocados em áreas não contíguas, por conveniência da característica da área experimental, como nos exemplos das Figuras (18, 22, 24, 26, 28, 30). Essas decisões, como as dos casos abordados anteriormente, competem ao pesquisador responsável pela pesquisa. Escolhida a

unidade experimental (tamanho e forma) e decidido pelo uso ou não de bordadura (tipo), devem-se definir as variáveis ou características a serem avaliadas (medidas), que responderão aos efeitos dos tratamentos, conforme o item “Material experimental”.

## Delineamento experimental

Chama-se delineamento experimental ou desenho experimental a forma de dispor os tratamentos de um experimento, conforme o modelo matemático associado e os princípios básicos da experimentação: repetição, casualização ou aleatorização e controle local. Isso significa que todo delineamento experimental pressupõe um modelo matemático, que é base para a análise estatística dos dados do experimento e a interpretação dos resultados obtidos. São três os delineamentos experimentais enfocados pela Estatística Experimental e utilizados nos experimentos em pesquisa agrícola: inteiramente casualizado, em blocos casualizados e em quadrado latino. Decorrem daí algumas premissas fundamentais:

- Não existe experimento na pesquisa agrícola ao qual não esteja associado um delineamento experimental e um modelo matemático.
- Ao instalar um experimento no seu local de execução (campo, viveiro, casa de vegetação ou telado, laboratório, etc.), deve-se ter em mente que se está instaurando aí um modelo matemático, sobre o qual os dados a serem colhidos serão analisados. Por isso, é imprescindível a rigorosa observância, além dos princípios básicos da experimentação: (i) do tamanho, forma e uniformidade da parcela útil; (ii) da certeza sobre o uso ou não de bordadura entre as parcelas ou simplesmente de bordadura de contorno no experimento; (iii) da uniformidade das mudas que comporão as parcelas; (iv) da correta aplicação dos tratamentos culturais a serem utilizados, tanto na implantação como ao longo da condução do experimento:

tipos, quantidades e forma de aplicação; (v) do período e data da instalação (de preferência instalá-lo todo no mesmo dia); (vi) da avaliação do experimento (coleta dos dados), quanto à periodicidade, precisão das medidas e do registro dos dados na planilha de campo, etc.; (vii) acompanhamento frequente e minucioso para detectar quaisquer ocorrências fortuitas.

A eventual inobservância de quaisquer desses fatos aparecerá na análise estatística dos dados, por vezes, com repercussão negativa na qualidade dos resultados da pesquisa. Além disso, é indispensável a observância de todas as ações programadas para a execução/ condução do experimento, em insumos, quantidade, qualidade, épocas de aplicação, avaliações, etc., pois a completa e rigorosa instauração do modelo matemático só será efetiva mediante a execução criteriosa dessas práticas. A qualidade dessas operações repercutirá positiva ou negativamente na análise dos dados e na qualidade e validade dos resultados e conclusões obtidas.

### **Experimento em delineamento experimental inteiramente casualizado**

É importante frisar que os princípios básicos da experimentação constituem exigências do modelo matemático. Um experimento inteiramente casualizado, próprio para ser utilizado em ambientes e situações homogêneas, onde os tratamentos podem ser distribuídos completamente ao acaso, sem qualquer restrição, exige apenas dois desses princípios: repetição e casualização. O modelo matemático desse delineamento é expresso por:

$$Y_{ij} = m + t_i + e_{ij} \quad (\text{Eq. 1})$$

Em que:

$Y_{ij}$  é o valor da variável avaliada (peso de castanha, por exemplo), do  $i$ -ésimo tratamento ( $i = 1, 2, \dots, I$ ), na  $j$ -ésima repetição ( $j = 1, 2, \dots, J$ ).

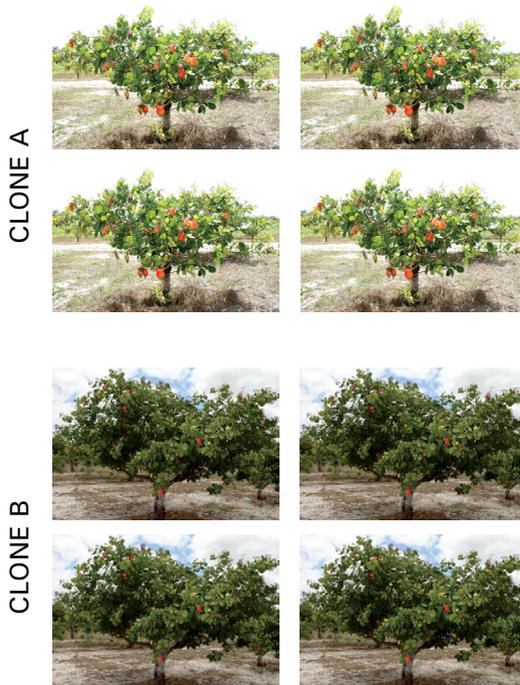
$m$  é a média geral (peso médio de castanha, por exemplo) do experimento.

$t_i$  é o valor da produção (peso de castanha, por exemplo) do  $i$ -ésimo tratamento.

$e_{ij}$  é efeito aleatório (variação do acaso), do  $i$ -ésimo tratamento na  $j$ -ésima repetição.

### Repetição e casualização (ou aleatorização)

A repetição e a casualização (ou aleatorização) são indispensáveis na pesquisa experimental. Por quê? Se dois clones de cajueiro A e B forem plantados em duas parcelas na mesma área, como na Figura 13, por exemplo, o fato de o clone B ter produzido mais do que o clone A não garante que ele seja, de fato, mais produtivo. Diversos fatores, além do genótipo, podem ter contribuído para isso. A parcela com o clone B pode ter sido plantada em uma mancha de solo mais fértil ou com maior disponibilidade água, entre outros fatores que influenciam na produção.



**Figura 13.** Dois clones de cajueiro plantados em duas parcelas na mesma área.

Essa situação é evitada plantando-se diversas parcelas (**repetição**) de cada clone distribuídas aleatoriamente (**casualização**) na área experimental. O uso de repetições aproxima o valor estimado do valor real, reduzindo tanto o erro experimental quanto a variação dos valores das variáveis respostas, ambos atribuíveis a fatores estranhos. Portanto, as principais funções da repetição são estimar os efeitos aleatórios (variação do acaso) e favorecer a detecção de diferenças significativas entre os tratamentos, onde elas existem de fato. Por isso, quanto maior for o número de repetições utilizadas num experimento, mais precisão terão as estimativas de diferença entre os tratamentos nele testados, ou seja, maior confiabilidade terão os resultados obtidos. Isso significa que se deve usar o máximo de repetições possível. Esse máximo possível, porém, é aquele que permita não só a confiabilidade dos resultados como assegure boa condução do experimento, visto que número de repetição, boa condução do experimento e confiabilidade dos resultados estão estreitamente associados.

A casualização, que consiste na distribuição das parcelas do experimento totalmente ao acaso (por sorteio), evita a interferência do fator humano, assegurando a imparcialidade na distribuição dos tratamentos. Portanto, se eventualmente uma parcela foi plantada em solo com maior disponibilidade de água e mais fértil, por exemplo, tem-se a tranquilidade que isso ocorreu por acaso e não por decisão humana. Sua função, por conseguinte, é propiciar que todos os tratamentos tenham a mesma probabilidade de serem designados em qualquer unidade experimental (parcela) e dar suporte à validade dos testes aplicados para comparar os tratamentos. Decorre daí a indispensabilidade do uso simultâneo desses dois princípios.

A Figura 14 ilustra o croqui de um experimento inteiramente casualizado com bordadura de contorno, 4 tratamentos, 5 repetições e parcelas quadradas, de 4 plantas úteis, sem bordadura entre elas.



**Figura 14.** Experimento inteiramente casualizado com bordadura de contorno, 4 tratamentos, 5 repetições e parcelas quadradas de 4 plantas úteis sem bordadura entre elas.

Convém notar que duas repetições dos tratamentos  $T_2$  e  $T_4$  ficaram próximas (uma ao lado da outra). Quando isso ocorre por acaso e não decididamente por vontade do pesquisador, não há o que contestar ou colocar em dúvida os resultados da pesquisa, uma vez que todos os cuidados tenham sido tomados.

## Relação tamanho de parcela versus número de repetições

Não é rara a existência de experimentos de campo com parcelas grandes e poucas repetições, sob a alegação de se obter maior estande e maior facilidade de manejo. Mesmo que possa parecer mais prático, do ponto de vista operacional, essa estratégia normalmente não é a melhor opção, no contexto científico, tendo em vista as questões abordadas, acerca do tamanho de parcela e número de repetições. Rossetti (2002) demonstrou que o uso de parcelas menores (nos moldes abordados acima), com maior número de repetições em experimentos com culturas perenes arbóreas, melhora a estimativa do erro experimental e aumenta a precisão das estimativas dos efeitos de tratamentos. Além disso, contribui para reduzir o tamanho da área experimental com esses cultivos (ROSSETTI, 2001).

No entanto, vale ressaltar que, em Unidades de Observação ou de validação de resultados, objeto da experimentação extensiva, normalmente conduzida em área de produtor, é normal o uso de grandes parcelas. Essa experimentação é realizada em condições práticas, essenciais para avaliar adequadamente a aplicabilidade e a conveniência econômica dos novos resultados obtidos em experimentação intensiva (experimentação em Estações Experimentais). A avaliação de experimentos com parcelas desse tipo em geral é feita por amostragem, conforme Rossetti e Andrade (2002), cujos tamanhos de amostra são calculados em função das características do experimento.

## Experimento em delineamento de blocos casualizados ou blocos ao acaso

Este é talvez o tipo mais importante de delineamento experimental e também o mais utilizado. Isso se deve ao fato de os ambientes onde se realizam os experimentos, principalmente o campo, nem sempre terem a homogeneidade requerida pelo “inteiramente casualizado”. Por isso, além dos princípios básicos da experimentação (repetição e casualização), ele exige também o do **controle local**, que nada mais é do que um recurso para controlar a uniformidade da área experimental, pela sua divisão em subáreas homogêneas (**blocos**). Para que o experimento em blocos casualizados seja eficiente, é necessário que

cada um dos blocos que o constitui seja o mais homogêneo possível, ou seja, que dentro de cada bloco haja máxima uniformidade.

A uniformidade que caracteriza a função do bloco é que assegura que os efeitos dos tratamentos nele instalados não sejam afetados por efeitos residuais eventualmente existentes na área ou ambiente experimental. De um bloco para outro, porém, pode haver diferença, uma vez que todos os tratamentos nele aplicados terão asseguradas as mesmas condições. Nesse sentido, é possível até distribuir os blocos em locais e épocas distintas, o que constitui, de certo modo, uma vantagem e normalmente permite obter conclusões bem gerais. Dentro de cada bloco, as parcelas dos tratamentos são distribuídas ao acaso e cada bloco é uma repetição de todos os tratamentos do experimento, portanto, o número de blocos é igual ao número de repetições.

O modelo matemático do delineamento de blocos ao acaso é expresso por:

$$Y_{ij} = m + b_i + t_j + e_{ij} \quad (\text{Eq. 2})$$

Em que:

$Y_{ij}$  é o valor da variável avaliada (peso de castanha, por exemplo), do  $j$ -ésimo tratamento ( $j = 1, 2, \dots, J$ ), no  $i$ -ésimo bloco (repetição) ( $i = 1, 2, \dots, I$ ).

$m$  é a média geral da variável avaliada (peso de castanha, por exemplo) do experimento.

$t_j$  é o valor da variável avaliada (peso de castanha, por exemplo) do  $j$ -ésimo tratamento.

$b_i$  é o valor da variável avaliada (peso de castanha, por exemplo) do  $i$ -ésimo bloco (repetição).

$e_{ij}$  é efeito aleatório (variação do acaso), no  $j$ -ésimo tratamento do  $i$ -ésimo bloco (repetição).

Para que o controle dessa uniformidade seja efetivo, é indispensável conhecer as características e o histórico da área experimental (topografia do terreno, vegetação original da área, como ela foi desmatada e que tipos e portes de implementos foram utilizados). Tendo em vista os objetivos da pesquisa, é necessário conhecer os antecedentes da área (que experimentos nela foram conduzidos, com que culturas e que tratamentos foram aplicados), a fim de minimizar a desuniformidade dentro dos blocos. Áreas que tenham sido utilizadas com experimentos de adubação, com herbicidas e níveis de salinização, por exemplo, podem conter efeitos residuais que, se não corrigidos, influenciarão substancialmente os efeitos dos tratamentos aplicados. Áreas que tenham sido utilizadas com animais normalmente sofrem alterações nas características físicas e químicas do solo, e assim por diante. Em vista disso, é importante que as Estações Experimentais possuam um mapeamento com registros do histórico das áreas experimentais, pois a falta de tais informações pode refletir negativamente nos resultados obtidos dos experimentos.

Embora essas considerações se refiram a experimentos de campo, convém registrar que o delineamento em blocos casualizados pode também ser empregado em experimentos conduzidos em viveiro, casa de vegetação ou telado e laboratórios. Além disso, e em quaisquer desses ambientes, os blocos podem ser constituídos por algum elemento com características próprias de uniformidade, cujo efeito possa interessar, como fator de tratamento, a ser comparado com os demais fatores. Um exemplo dessa situação foi um experimento conduzido para avaliar a influência do enxertador no pegamento de enxertia em cajueiro-anão (ROSSETTI et al., 2000), em que o enxertador foi alocado como efeito de bloco.

Entre algumas vantagens desse delineamento, estão a instalação, a avaliação e a própria condução dos experimentos. Em situações especiais, quando não for possível instalar ou avaliar o experimento todo no mesmo dia, por exemplo, pode-se instalar ou avaliar um ou mais blocos inteiros no dia seguinte. O que não deve ser feito é instalar ou avaliar apenas parte dos tratamentos de um bloco, deixando a outra parte para outro dia, a fim de não causar variação dentro do bloco.

## **Tamanho do bloco (número de tratamentos por bloco) e forma do bloco**

Apesar de não haver restrições quanto ao tamanho do bloco ou do número de tratamentos em cada bloco, a prática tem mostrado que blocos muito grandes, quer pela quantidade de tratamentos, quer pelo excessivo tamanho das parcelas ou pelos dois, podem ter a sua função descaracterizada pela eventual desuniformidade dentro do bloco. É importante não perder de vista, nesse contexto, o binômio número de repetições (blocos) e tamanho e forma de parcelas, acima mencionados. Em caso de grande número de tratamentos, é preferível, além de mais seguro e confiável, dividir o número de tratamentos em grupos de experimentos menores, com menor quantidade de tratamentos e maior quantidade de repetições (blocos). Isso será detalhado no item Redes de experimentos ou Grupos de experimentos. Essa prática, além de permitir obter resultados mais gerais, assegura maior confiabilidade aos resultados da pesquisa.

A forma do bloco é outro cuidado indispensável, no tocante à uniformidade que deve haver dentro dele. Não é rara a utilização de blocos retangulares no campo, principalmente em áreas planas, em boa parte dos casos, apenas por praticidade de condução do experimento. Por outro lado, é frequente a referência de que a forma quadrada dos blocos é aceita como a mais adequada, por ser mais compacta, portanto, mais apropriada para o controle da uniformidade dentro do bloco. Embora tenha certo sentido, não isenta do cuidado quanto à quantidade de tratamentos e o conseqüente tamanho do “quadrado” (bloco), em vista da uniformidade que deve haver dentro de cada bloco, como mencionado acima. Portanto, a forma do bloco deve seguir o gradiente de uniformidade da subárea de localização do bloco.

Na Figura 15, é apresentado o croqui de um experimento em delineamento de blocos casualizados, com 4 tratamentos ( $T_1$ ,  $T_2$ ,  $T_3$ ,  $T_4$ ), 5 blocos (repetições) e 4 plantas úteis por parcela quadrada, sem bordadura entre elas, nem no contorno do experimento. Este é um dos casos mais frequentemente encontrados em experimentos de campo com fruticultura e outros cultivos perenes arbóreos.



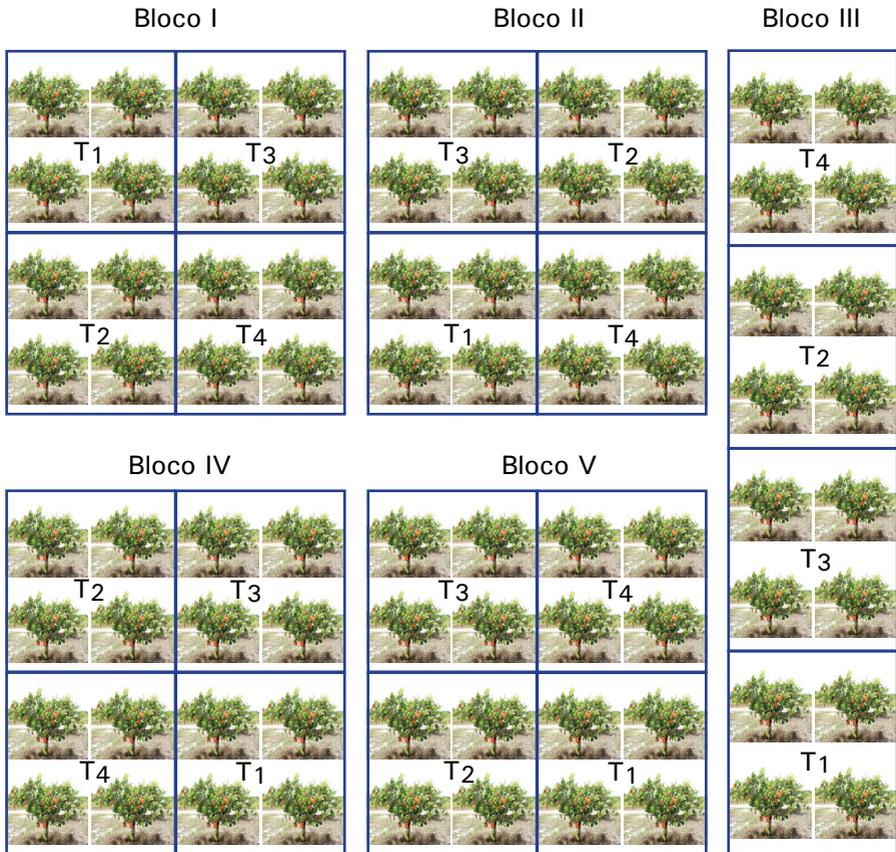
**Figura 15.** Croqui de um experimento em blocos casualizados, com 5 blocos retangulares, 4 tratamentos e 4 plantas úteis por parcela quadrada, sem bordadura.

Se os blocos forem assim alocados, devido às características da área experimental, a fim de assegurar a uniformidade dentro de cada bloco, não há o que discutir, uma vez que tenham sido observadas tais condições. Se, além disso, os objetivos da pesquisa e as características do experimento permitirem concluir não ser necessário utilizar bordadura entre as parcelas, também não há o que obstar. Mas, dependendo de certas características experimentais inerentes à cultura e às variáveis a serem avaliadas, a bordadura de contorno no experimento, ilustrada na Figura 16, pode ser útil para aprimorar a qualidade dos resultados da pesquisa.



**Figura 16.** Croqui de um experimento em blocos casualizados, com bordadura de contorno, 5 blocos retangulares, 4 tratamentos, 4 plantas úteis por parcela quadrada, sem bordadura entre elas.

O mesmo experimento poderia ser instalado numa área cujo conhecimento de suas características exigisse alocar os blocos de outra forma, para assegurar os requisitos de uniformidade dentro de cada um deles, como ilustrado na Figura 17. Pode-se notar que, neste caso, apesar de instalado também em área plana, os blocos têm formas diferentes, devido à sua divisão em subáreas uniformes (blocos). Nesse caso, somente o bloco III tem forma retangular, os demais têm forma quadrada, mas o experimento ganhou em uniformidade dos blocos e não perdeu nenhuma de suas características inerentes, à quantidade de tratamentos, ao tamanho e forma das parcelas.



**Figura 17.** Croqui de um experimento em blocos casualizados, com 5 blocos, 4 tratamentos, 4 plantas úteis por parcela quadrada, sem bordadura.

Neste caso, mesmo que se tenha concluído não ser necessária bordadura entre as parcelas, é prudente usar uma bordadura de contorno no experimento, circundando também os blocos, conforme a Figura 18.



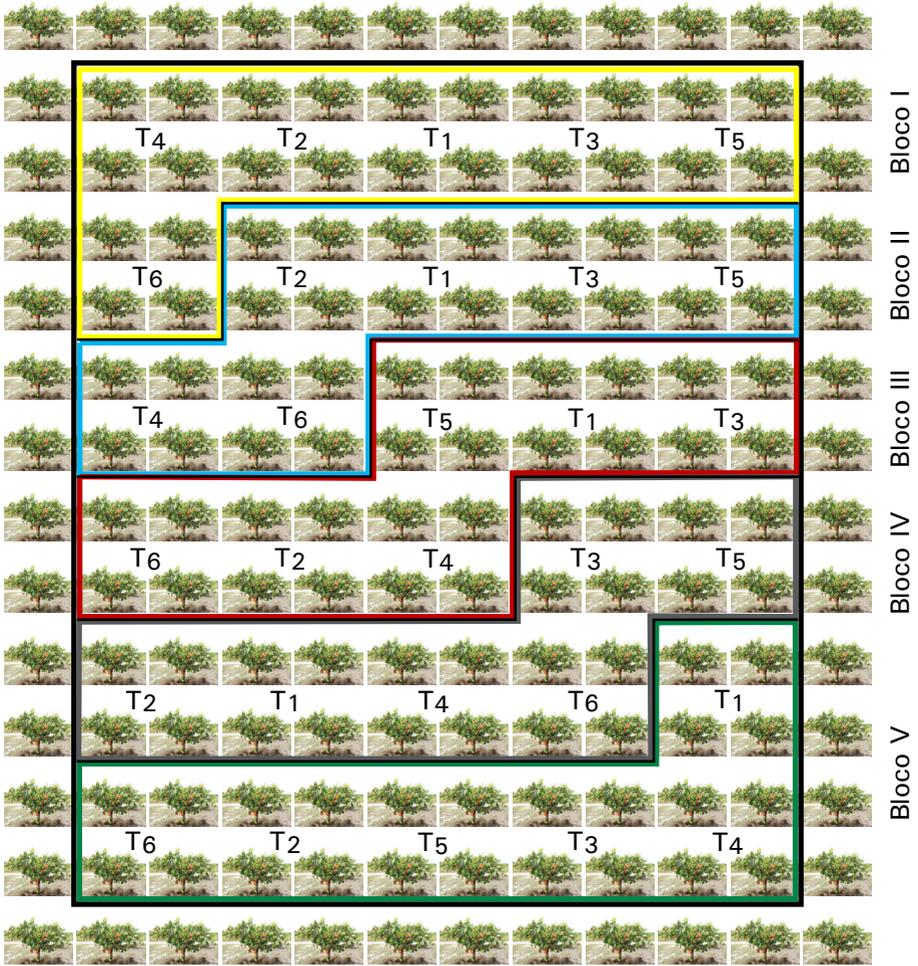
**Figura 18.** Croqui de um experimento em blocos casualizados com bordadura de contorno, 5 blocos, 4 tratamentos e 4 plantas úteis por parcela quadrada, sem bordadura entre elas.

O exemplo que se segue é de um experimento em blocos casualizados com 5 blocos, 6 tratamentos e parcelas quadradas de 4 plantas úteis, sem bordadura entre elas, instalado em área plana, mas com outro formato de blocos (Figura 19). Como se vê, os blocos são um pouco maiores, devido ao maior número de tratamentos (seis), mas plenamente adaptados às condições de uniformidade da área. Para isso, foi suficiente amoldar os blocos a fim de assegurar a uniformidade dentro de cada um deles.



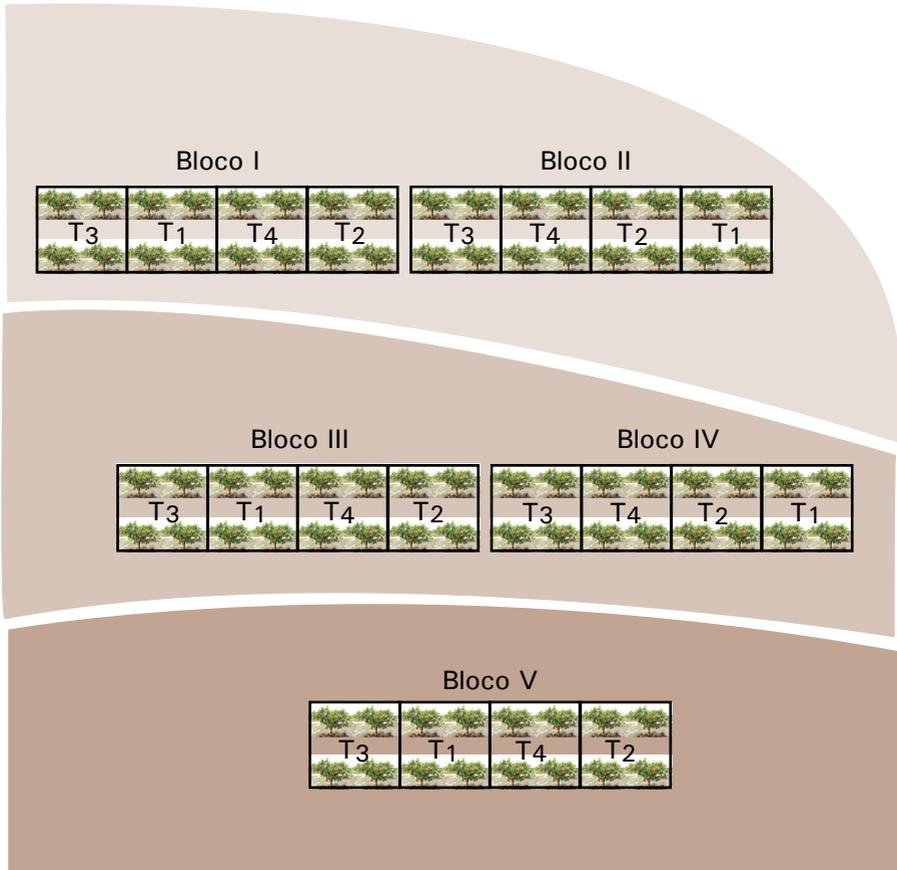
**Figura 19.** Croqui de um experimento em blocos casualizados, com 5 blocos, 6 tratamentos, 4 plantas úteis por parcela quadrada, sem bordadura entre elas.

Uma vez conhecida a desnecessidade de uso de bordadura entre as parcelas, restaria, dependendo da cultura e das variáveis a serem avaliadas, adicionar uma bordadura de contorno no experimento, conforme os casos discutidos antes. A Figura 20 ilustra o mesmo experimento, acrescido apenas de bordadura de contorno.



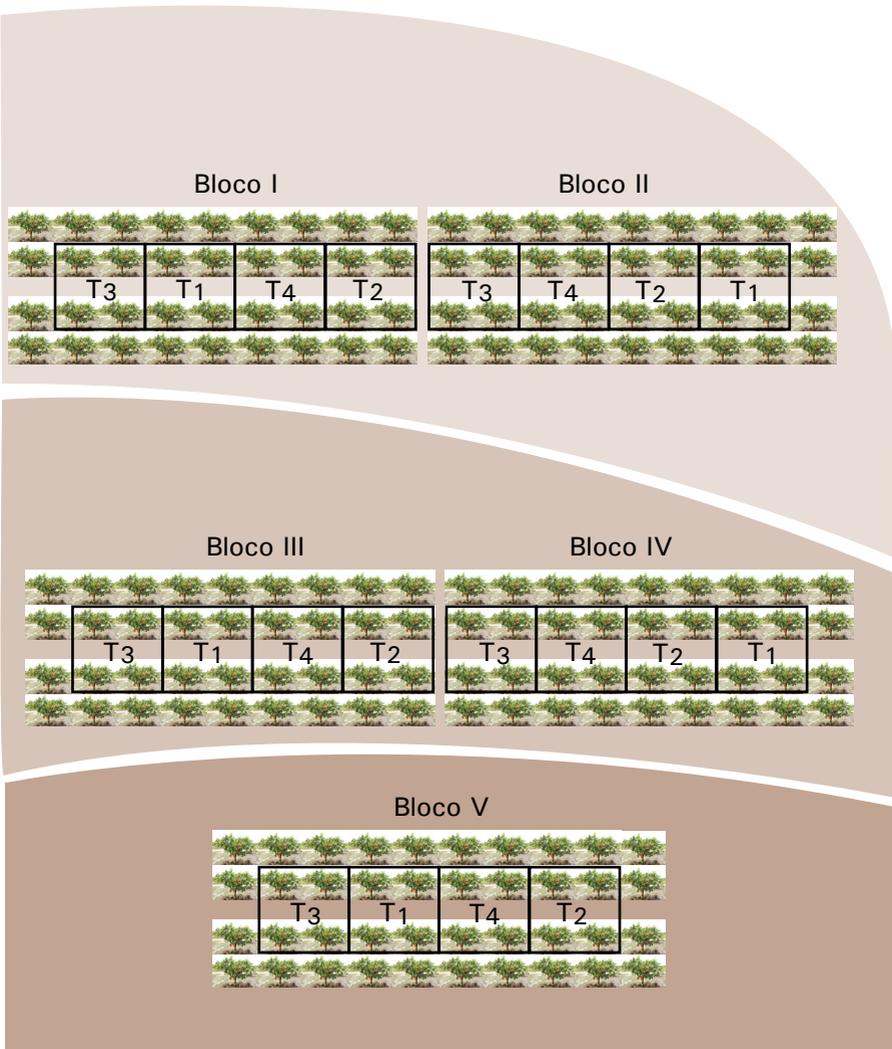
**Figura 20.** Croqui de um experimento em blocos casualizados, com bordadura de contorno, 5 blocos, 6 tratamentos, 4 plantas úteis por parcela quadrada, sem bordadura entre elas.

Considere-se agora a instalação de um experimento em área com declividade. Nesse caso, é importante observar o sentido da declividade da área para que os blocos sejam alocados “paralelamente” à declividade, seguindo à risca o gradiente de uniformidade, para que, dentro de cada um deles, não haja influência extra aos tratamentos (Figura 21).



**Figura 21.** Croqui de um experimento em blocos casualizados, com 5 blocos, 4 tratamentos, 4 plantas úteis por parcela quadrada, sem bordadura entre elas, instalado em área com declividade.

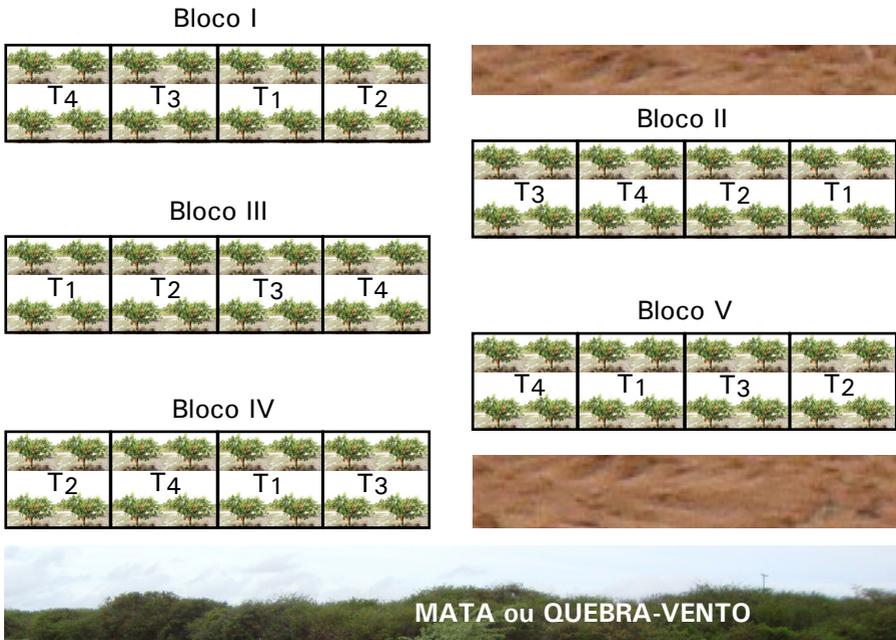
É importante observar também que, tendo em vista o conhecimento das características e condições da área experimental e a necessidade de uniformidade dentro de cada bloco, há situações especiais que requerem certo espaço entre os blocos como ilustrado na Figura 22, por exemplo. Nesses casos, deve-se empregar bordadura de contorno nos blocos.



**Figura 22.** Croqui de um experimento em blocos casualizados com bordadura de contorno, 5 blocos, 4 tratamentos e 4 plantas úteis por parcela quadrada, sem bordadura entre elas, instalado em área com declividade.

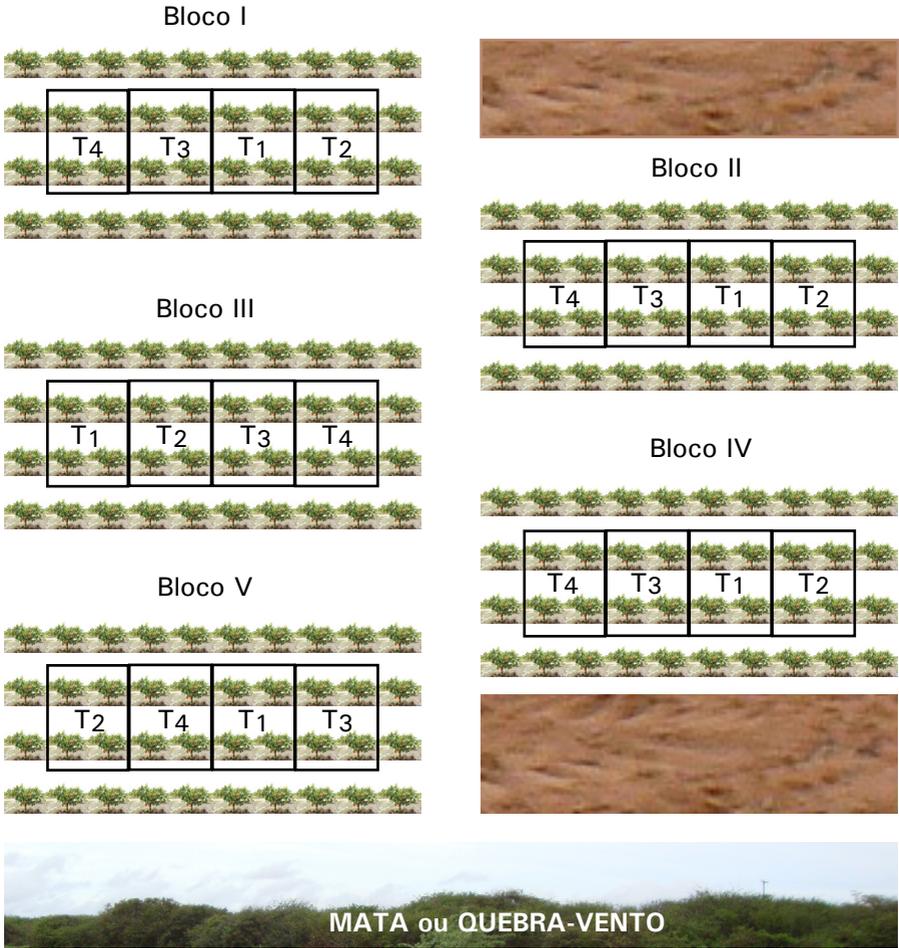
A utilização de áreas eventualmente influenciadas pela existência de fatores adjacentes, como vegetação ou certas características do solo, por exemplo, deve ser cuidadosamente analisada para a correta alocação

dos blocos. A Figura 23 ilustra o exemplo de um experimento com 5 blocos, 4 tratamentos e parcelas quadradas de 4 plantas úteis, sem bordadura entre elas. Na área disponível para instalar o experimento, havia, em um lado do terreno, uma vegetação que fora usada como quebra-vento. Nesse mesmo lado, pouco acima do quebra-vento, assim como no lado oposto, em cerca da metade dos lados (áreas manchadas) o solo apresentava mancha conseqüente de uso anterior. Conhecidos esses detalhes da área, foi possível a alocação dos blocos assegurando a uniformidade em cada um deles.



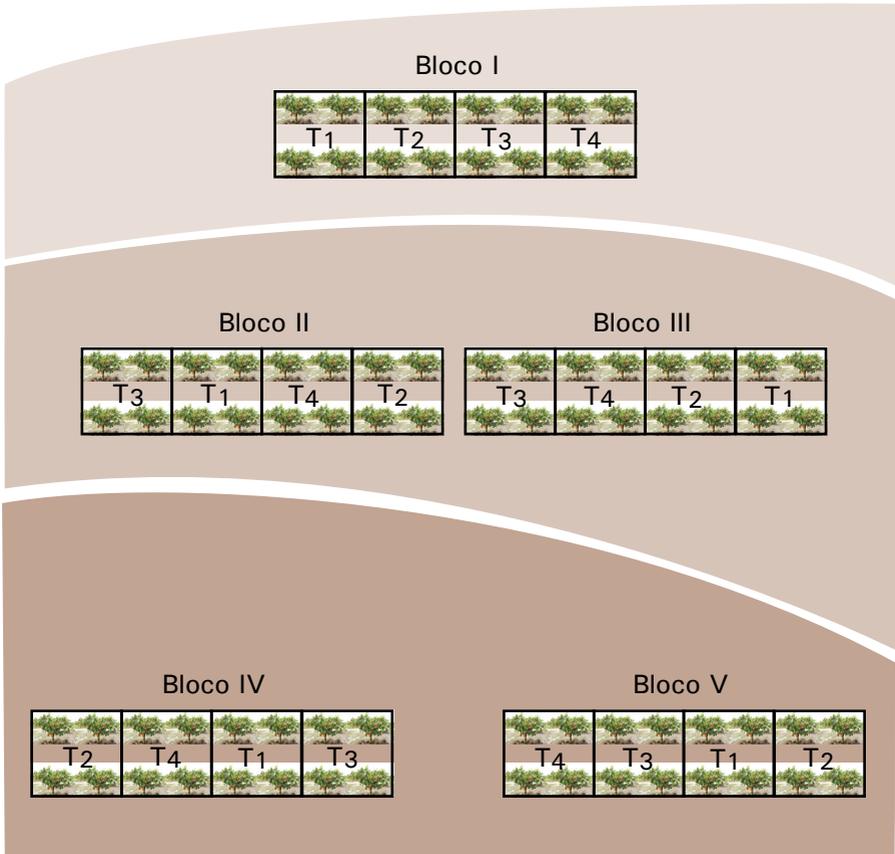
**Figura 23.** Croqui de um experimento em blocos casualizados, com 5 blocos, 4 tratamentos, parcela quadrada de 4 plantas úteis, sem bordadura entre elas, instalado em área com influências adjacentes.

Analogamente aos casos anteriores, em face das especificidades da área, para alocação dos blocos, é recomendada a utilização de bordadura de contorno nos blocos, como ilustrado na Figura 24.



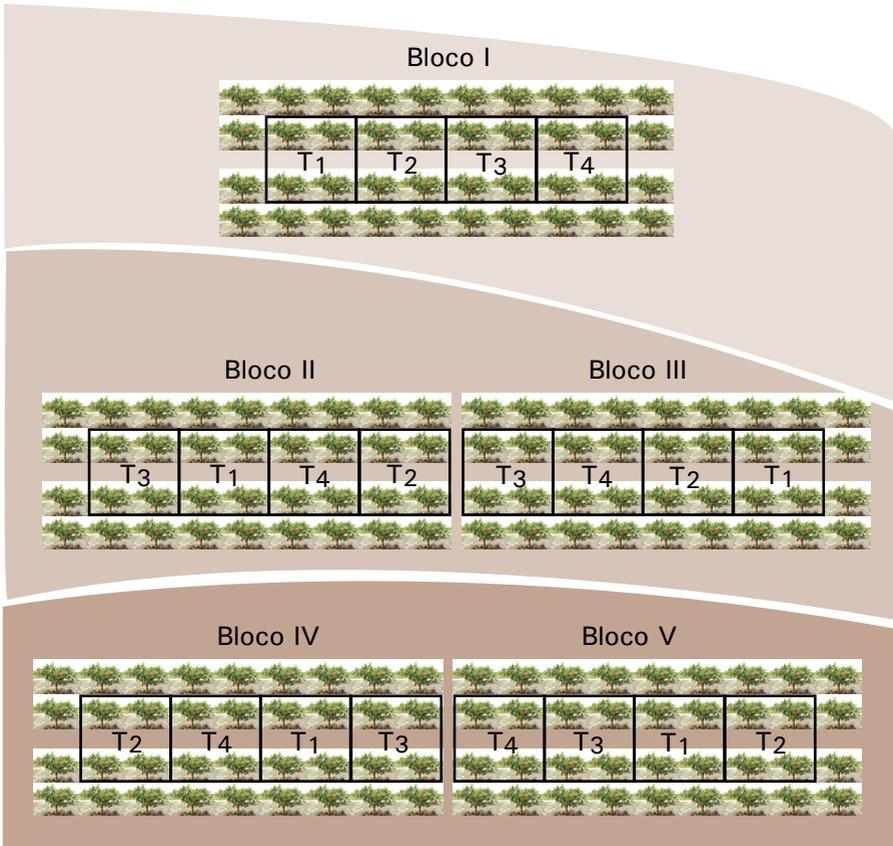
**Figura 24.** Croqui de um experimento em blocos casualizados, com 5 blocos, 4 tratamentos, parcela quadrada de 4 plantas úteis, instalado em área com influências adjacentes, com bordadura de contorno, sem bordadura entre as parcelas.

Considere-se a possibilidade de utilização de uma área com curvas de nível ou terraço, para instalar um experimento idêntico aos anteriores, com 5 blocos, 4 tratamentos e 4 plantas úteis por parcela quadrada, sem bordadura entre elas. A Figura 25 ilustra uma forma de alocação dos blocos em função dessa característica da área.



**Figura 25.** Croqui de um experimento em blocos casualizados, com 5 blocos, 4 tratamentos, parcela quadrada de 4 plantas úteis, instalado em área em curvas de nível ou terraço, sem bordadura entre as parcelas.

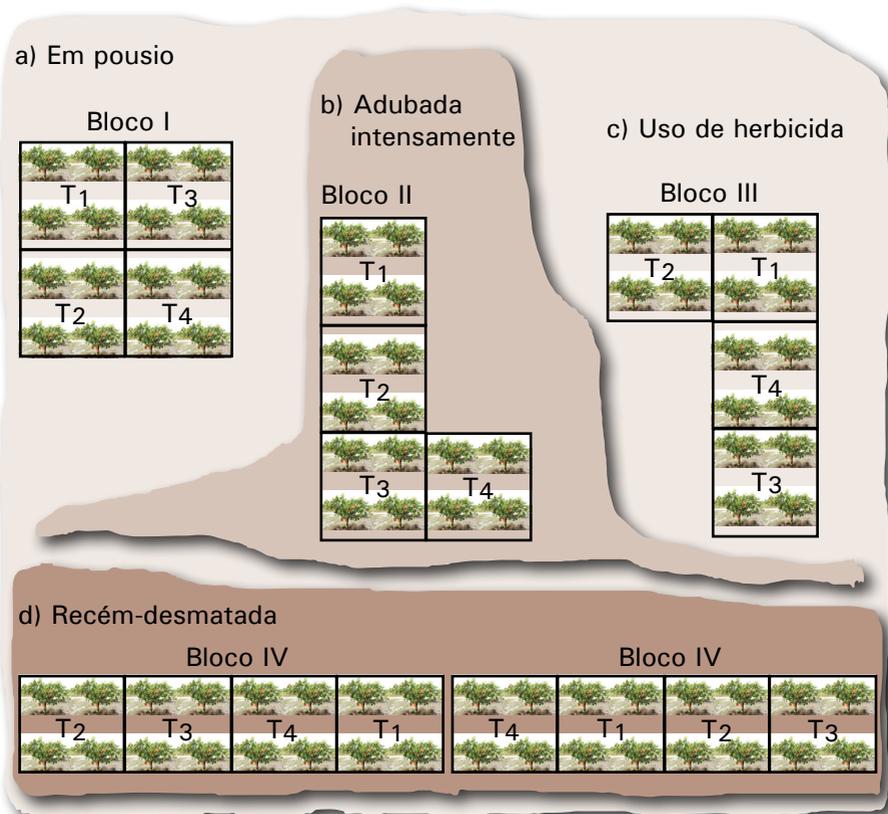
Analogamente ao caso do exemplo anterior é recomendado, também neste, o uso de bordadura de contorno no experimento, a fim de isolar a área experimental, de inconformidades externas, como ilustrado na Figura 26.



**Figura 26.** Croqui de um experimento em blocos casualizados, com 5 blocos, 4 tratamentos, parcela quadrada de 4 plantas úteis, instalado em área em curvas de nível ou terraço, com bordadura de contorno, sem bordadura entre as parcelas.

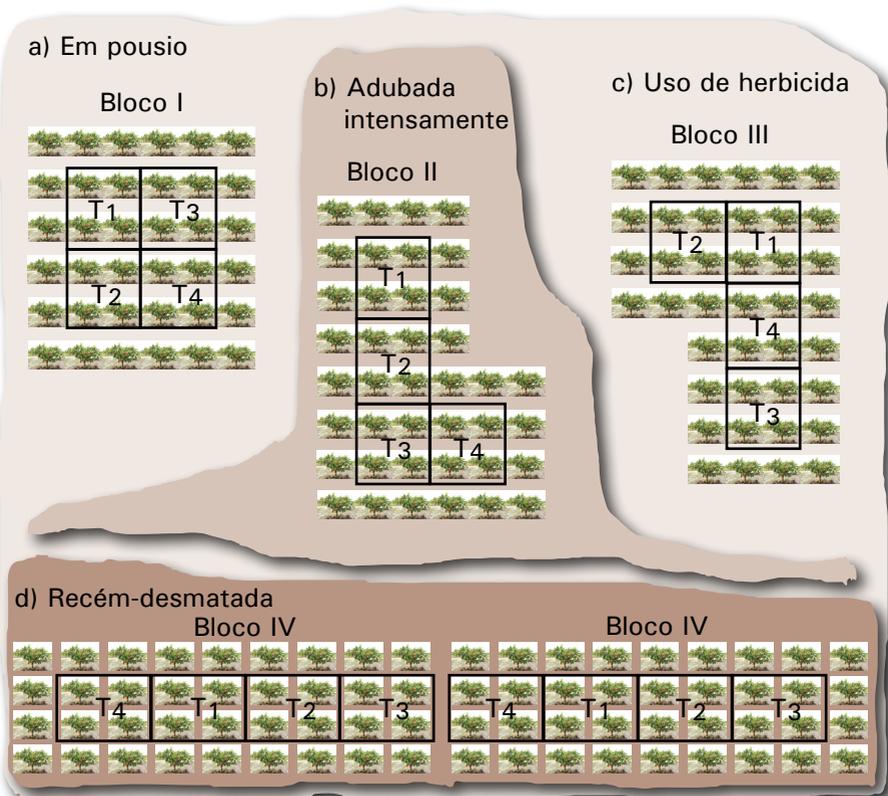
Admita-se a necessidade de se instalar um experimento com 5 blocos, 4 tratamentos e 4 plantas úteis por parcela quadrada, sem bordadura entre elas, mas que só se dispõe de uma área recém-desmatada que comporta apenas dois blocos. Ao lado dessa área, porém, existem áreas antes utilizadas que podem acomodar os outros três blocos e cujo histórico de utilização é bem conhecido. Parte dela teve uso intensivo de adubação, noutra parte houve aplicação de herbicida e parte está em pousio.

Note-se que a utilização de uma área com essas características só é possível se de fato houver sólido conhecimento da história da área experimental. Além disso, há casos que requerem correção para nivelamento ou homogeneização da área experimental, quer por adubação quer pela aplicação de algum outro produto. Esse nivelamento, porém, demanda um levantamento por amostragem de solo da área para que se analisem as suas reais necessidades. A Figura 27 ilustra um caso dessa natureza, independente da eventual correção de nivelamento que seja necessária na área do experimento.



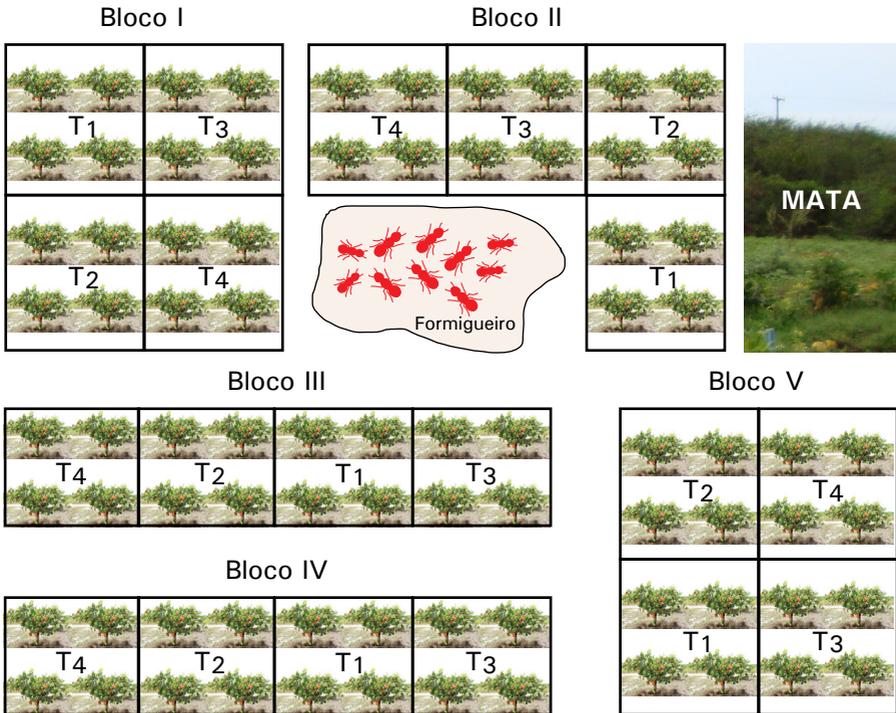
**Figura 27.** Croqui de um experimento em blocos casualizados, com 5 blocos, 4 tratamentos, parcela quadrada de 4 plantas úteis, sem bordadura entre elas, instalado em áreas antes utilizadas, área de pousio e recém-desmatada.

Em analogia com os casos já mostrados, é prudente, aqui também, o uso de bordadura de contorno nos blocos, como é mostrado na Figura 28. Situações desse tipo ocorrem porque os próprios Campos Experimentais, em geral intensamente utilizados por grande variedade de experimentos, deixam, quase sempre, efeitos residuais que podem, além de influenciar os resultados, encarecer futuras pesquisas. Além disso, têm cada vez menos espaços contínuos disponibilizados para novos experimentos, o que requer o aproveitamento de praticamente toda área disponível, independentemente de ser a desejável, do ponto de vista de praticidade.



**Figura 28.** Croqui de um experimento em blocos casualizados com bordadura de contorno, 5 blocos, 4 tratamentos, parcela quadrada de 4 plantas úteis, sem bordadura entre elas, instalado em áreas antes utilizadas com adubação, com herbicida, em pousio e recém-desmatada.

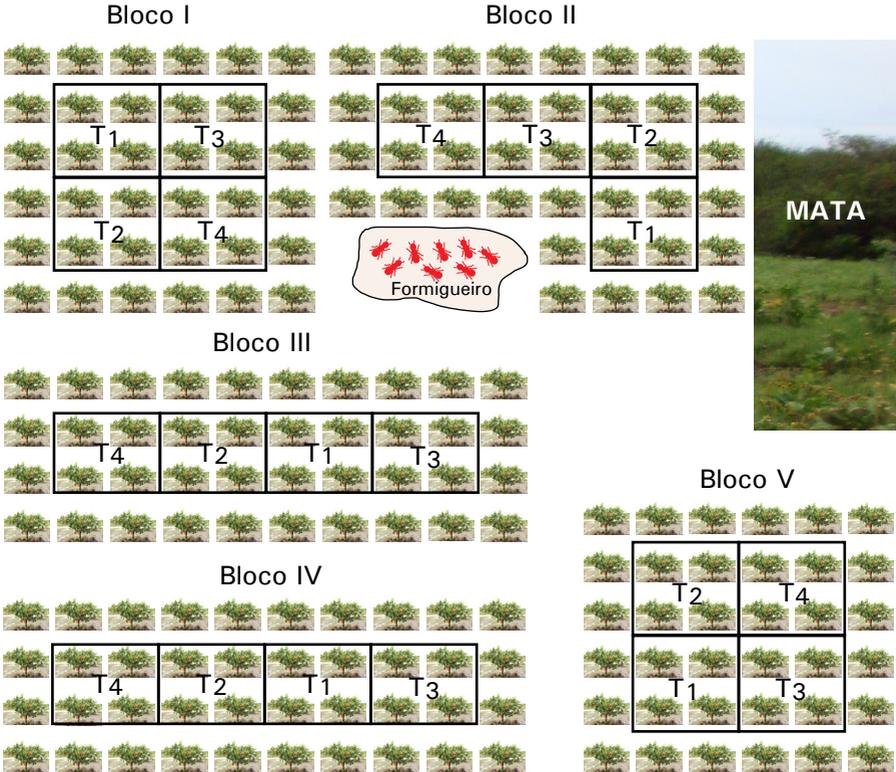
O exemplo da Figura 29 ilustra a eventual utilização de uma área com alguns obstáculos para a instalação de um experimento idêntico ao anterior, com 5 blocos e 4 tratamentos. Note-se que, mesmo com obstáculos na área, a sua utilização é possível, e que, apesar da diversidade de formas dos blocos, a uniformidade que precisa haver dentro de cada um deles está garantida.



**Figura 29.** Croqui de um experimento em blocos casualizados com 5 blocos, 4 tratamentos, parcela quadrada de 4 plantas úteis, sem bordadura entre elas, instalado em área com alguns obstáculos.

É evidente que se trata de uma situação especial, diga-se, de se dispor apenas dessa área para a instalação do experimento. Mesmo que seja algo relativamente incomum, a utilização da área é possível e os blocos podem ser alocados, embora de formas distintas, mas com plena garantia da uniformidade que cada um deles deve ter. Vale acentuar que isso exige pleno conhecimento das características e histórico da

área. Analogamente aos exemplos anteriores, deve-se utilizar bordadura de contorno no experimento, o que equivale, neste caso, aos blocos, como é mostrado na Figura 30.



**Figura 30.** Croqui de um experimento em blocos casualizados com 5 blocos, 4 tratamentos, parcelas quadradas de 4 plantas úteis, sem bordadura entre elas, instalado em área com alguns obstáculos, com bordadura de contorno.

O emprego de bordadura pode aumentar o custo da pesquisa, por requerer maior quantidade de mudas, mais mão de obra, etc., mas é uma garantia à qualidade e confiabilidade dos resultados obtidos.

### Experimentos em blocos ao acaso: formas de parcelas e tipos de bordaduras

Nos croquis apresentados até agora, usaram-se somente parcelas quadradas de quatro plantas úteis, sem bordadura entre elas, apenas

por parecer mais prático e didaticamente mais conveniente. Entretanto, em quaisquer experimentos, independentemente do delineamento experimental utilizado, podem ser usadas parcelas lineares, quadradas e retangulares com meia bordadura, bordadura completa ou bordadura dupla, conforme as características da pesquisa e das variáveis a serem avaliadas. Os exemplos que se seguem ilustram experimentos com parcelas lineares e retangulares com bordadura de contorno no experimento e com parcelas lineares e quadradas, com meia bordadura entre elas. A Figura 31 ilustra um experimento em blocos casualizados com bordadura de contorno, 5 blocos, 4 tratamentos e parcelas lineares de 4 plantas úteis, sem bordadura entre elas.



**Figura 31.** Croqui de um experimento em blocos casualizados com bordadura de contorno, 5 blocos, 4 tratamentos e parcelas lineares de 4 plantas úteis, sem bordadura entre elas.

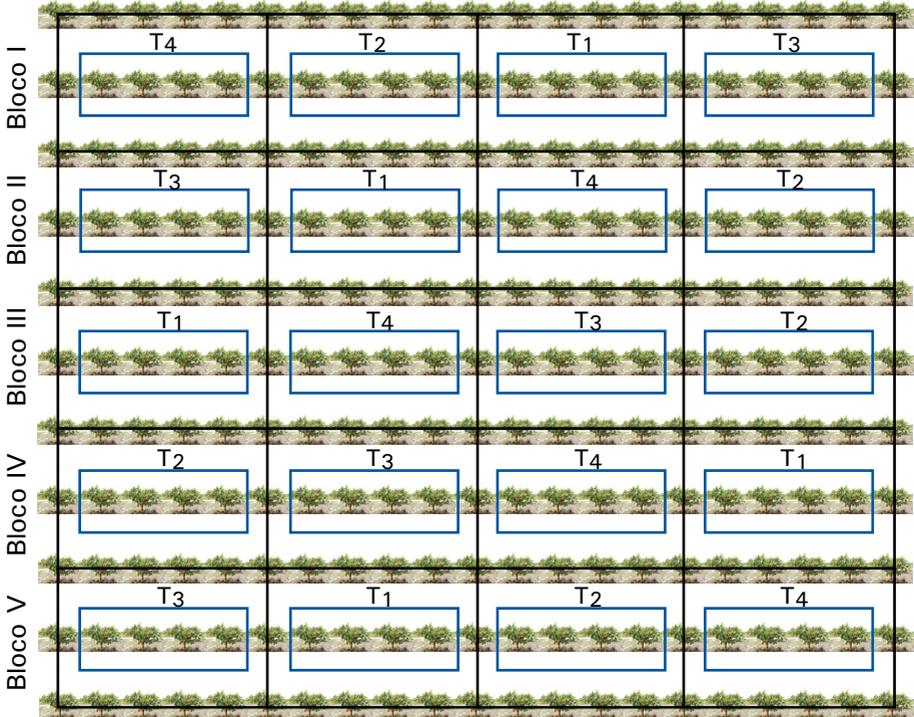
No exemplo da Figura 32, é apresentado um experimento semelhante com parcelas retangulares de seis plantas úteis.



**Figura 32.** Croqui de um experimento em blocos casualizados com bordadura de contorno, 5 blocos, 4 tratamentos e parcelas retangulares de 6 plantas úteis, sem bordadura entre elas.

As diferenças entre os exemplos das Figuras 31 e 32 são os tamanhos e as formas das parcelas. No primeiro caso, as parcelas são lineares de 4 plantas e, no segundo, retangulares, de 6 plantas úteis. Provavelmente seja levantada a questão: qual a melhor? Ambos, tamanhos e formas, foram demonstrados em pesquisa (ROSSETTI et al., 1996) que são indicados para experimentos de campo com cultivos perenes arbóreos, particularmente com o cajueiro. Cabe ao

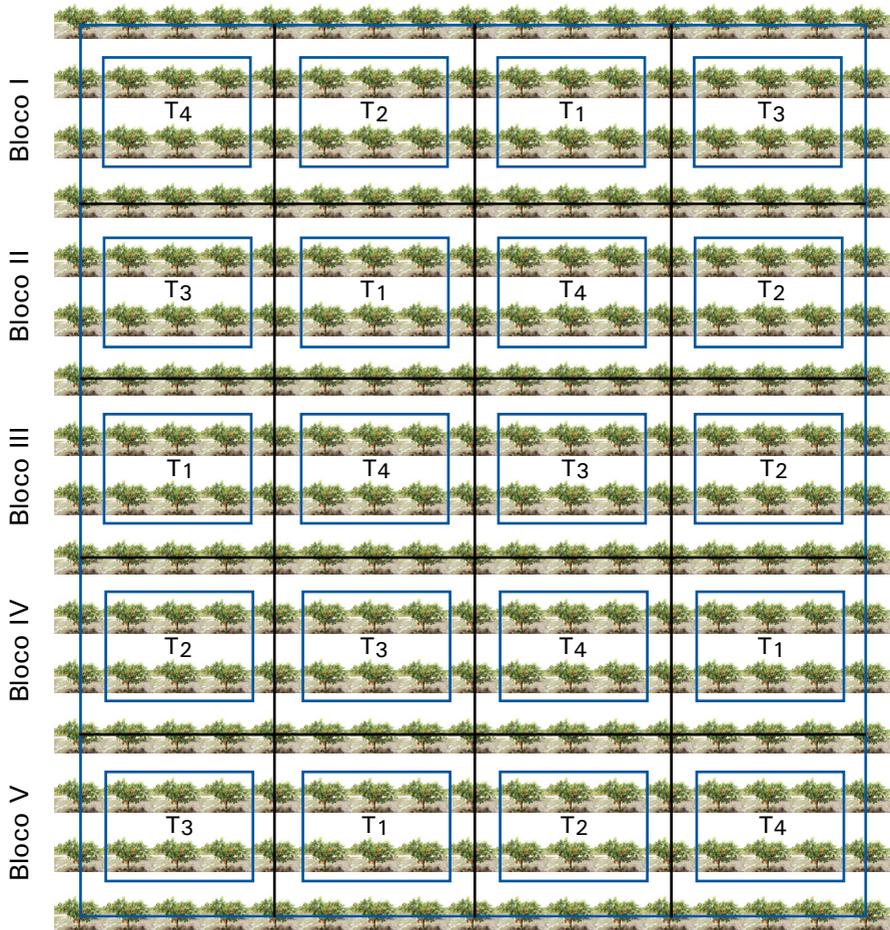
pesquisador, portanto, a opção pelo que lhe pareça mais conveniente em vista das características da pesquisa que empreende. O exemplo a seguir (Figura 33) ilustra um experimento com meia bordadura entre parcelas lineares de 4 plantas úteis.



**Figura 33.** Croqui de um experimento em blocos casualizados com 5 blocos, 4 tratamentos e parcelas lineares de 4 plantas úteis, com meia bordadura entre elas.

Verifica-se, na Figura 33, que as bordaduras das extremidades do experimento, atuam, num sentido, como meias bordaduras entre parcelas e noutro como bordaduras de contorno. Situação semelhante ocorre no exemplo que se segue.

Na Figura 34 tem-se o exemplo de um experimento idêntico, com parcelas retangulares e meia bordadura entre elas.



**Figura 34.** Croqui de um experimento em blocos casualizados com 5 blocos, 4 tratamentos e parcelas retangulares de 6 plantas úteis, com meia bordadura entre elas.

## Experimento em delineamento experimental em quadrado latino

Neste delineamento, o princípio do controle local ou de uniformidade é duplo, isto é, os blocos são organizados de dois modos diferentes, uns constituindo “linhas”, outros, “colunas”, perpendicularmente uns aos outros. Este formato é usado para eliminar a heterogeneidade em duas direções, seja do solo no campo, ou em outros ambientes que necessitam desse controle, como em casa de vegetação, telado, viveiro, laboratório, etc. Essa estrutura, porém, requer que o número de repetições (blocos) seja igual ao número de tratamentos, o que acaba sendo uma desvantagem.

Experimentos com poucos tratamentos ficam muito limitados e, na medida que aumenta o número de tratamentos, o experimento pode crescer tanto que acaba sendo inviável. Num quadrado latino 3x3 (3 repetições x 3 tratamentos), portanto, com 9 parcelas, seria difícil a detecção de eventuais diferenças significativas entre os tratamentos. Por isso, quadrados latinos de 2x2 a 4x4 só podem ser usados se o experimento incluir dois ou mais quadrados latinos. Por outro lado, a condução de experimento em quadrado latino 9x9 (9 repetições x 9 tratamentos), por exemplo, portanto, com 81 parcelas, é praticamente inviável. Por isso, os quadrados latinos mais usados são os de 5x5 a 8x8.

O modelo matemático desse delineamento é expresso por:

$$Y_{ijk} = m + c_i + l_j + t_k + e_{ijk} \quad (\text{Eq. 3})$$

Em que:

$Y_{ijk}$  é o valor da variável avaliada (peso de castanha, por exemplo) do k-ésimo tratamento ( $k = 1, 2, \dots, K$ ), na j-ésima linha (bloco) ( $j = 1, 2, \dots, J$ ) e i-ésima coluna (bloco) ( $i = 1, 2, \dots, I$ ).

$m$  é a média geral da variável avaliada (peso de castanha, por exemplo) do experimento.

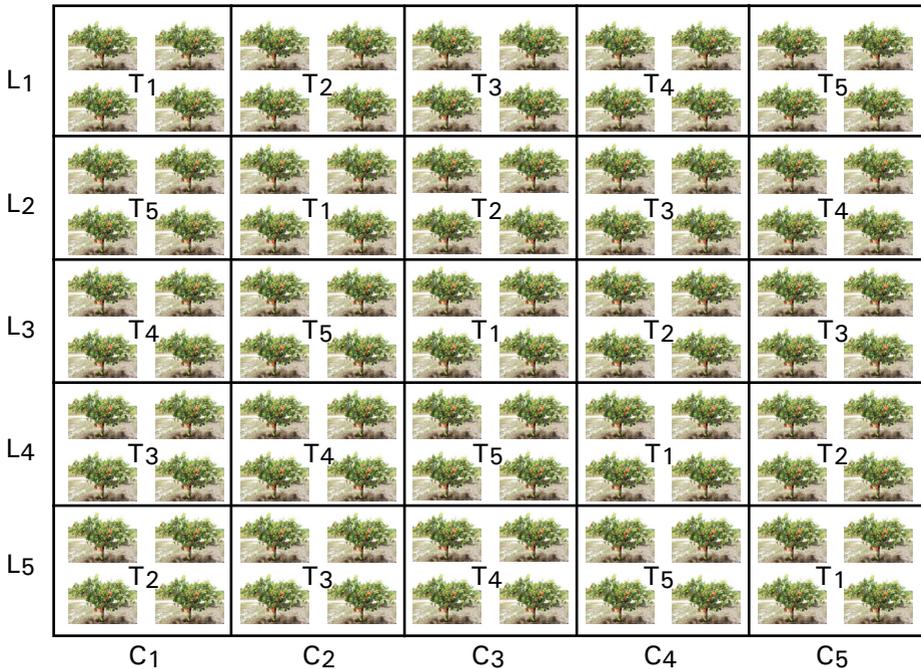
$c_i$  é o valor da variável avaliada (peso de castanha, por exemplo) da i-ésima coluna (bloco).

$l_j$  é o valor da variável avaliada (peso de castanha, por exemplo) da  $j$ -ésima linha (bloco).

$t_k$  é o valor da variável avaliada (peso de castanha, por exemplo) do  $k$ -ésimo tratamento.

$e_{ijk}$  é efeito aleatório (variação do acaso), do  $k$ -ésimo tratamento, na  $j$ -ésima linha (bloco), na  $i$ -ésima coluna  $i$  (bloco).

A Figura 35 ilustra o croqui de um experimento em delineamento de quadrado latino 5x5, com parcelas quadradas de quatro plantas úteis, sem bordadura entre elas e sem bordadura de contorno.



**Figura 35.** Croqui de um experimento em delineamento de quadrado latino 5x5 com parcelas quadradas de 4 plantas úteis, sem bordadura entre elas e sem bordadura de contorno.

Identicamente aos exemplos anteriores poderia ser útil o uso de bordadura de contorno no experimento, conforme aparece na Figura 36.



**Figura 36.** Croqui de um experimento em delineamento de quadrado latino 5x5 com bordadura de contorno e parcelas quadradas de 4 plantas úteis, sem bordadura entre elas.

## Experimentos fatoriais

Experimentos fatoriais são aqueles que incluem todas as combinações de dois ou mais conjuntos ou fatores de tratamentos. Um experimento que vise avaliar 4 clones de cajueiro em 2 sistemas de cultivo, por exemplo, é um fatorial 4x2, com 8 tratamentos, formados pelas combinações dos níveis dos dois fatores. Um experimento para avaliar o desempenho de 3 clones de cajueiro submetidos a 5 doses de certo adubo mineral, é um fatorial 3x5, portanto, com 15 tratamentos formados por todas as combinações dos níveis dos dois fatores.

Um experimento de adubação mineral para avaliar a ação de 3 doses de nitrogênio (N), com 3 de fósforo (P) e 3 de potássio (K) no desempenho produtivo de um clone de cajueiro, por exemplo, é um fatorial  $3 \times 3 \times 3$  ou  $3^3$ , com 27 tratamentos, formados por todas as combinações dos níveis dos três fatores. No primeiro exemplo, os dois fatores de tratamentos (clones e sistemas de cultivo) são qualitativos; no segundo, um fator (clone) é qualitativo, e o outro (doses de adubo), quantitativo; no terceiro, os três fatores (doses dos adubos N, P, K) são quantitativos.

Qualquer que seja o número de fatores e de níveis dos experimentos fatoriais, eles podem ser conduzidos em um dos três delineamentos experimentais: inteiramente casualizado, em blocos ao acaso ou quadrados latinos. No entanto, a forma de combinar os diversos níveis dos fatores em estudo e de dispô-los no experimento, chamada **delineamento de tratamentos**, tem algumas variantes. Dessa maneira de arranjar os tratamentos no experimento (**delineamento de tratamentos**), que depende dos objetivos da pesquisa, surgiram os fatoriais em parcelas divididas ou subdivididas e os fatoriais com parcelas em faixas. Mas o delineamento experimental, qualquer que seja o **delineamento de tratamentos** a ser seguido, será sempre um dos três já mencionados.

As principais vantagens dos experimentos fatoriais são a possibilidade de se estudarem dois ou mais fatores simultaneamente, obtendo informações para cada fator e para as interações entre eles, o que permite obter conclusões mais gerais. Em consequência disso, há maior eficiência na utilização dos recursos humanos, materiais e financeiros. Entre as principais desvantagens, está o crescimento do número de tratamentos, em função da quantidade dos fatores em estudo e da consequente combinação dos níveis desses fatores. Em vista disso, o experimento pode aumentar muito, dificultando a sua instalação e condução, podendo até, em alguns casos, inviabilizá-lo. Por outro lado, certas combinações de tratamentos podem ser de pouco ou nenhum interesse prático. Nessa situação, há os recursos dos fatoriais fracionários (ou incompletos, como preferem alguns), que não serão abordados neste documento.

Convém chamar a atenção para a já mencionada importância da repetição no tocante a melhor estimar os efeitos aleatórios (variação do acaso) e favorecer a detecção de diferenças significativas entre tratamentos, onde elas de fato existem. A inclusão de mais fatores num experimento não deve ser motivo para o uso de poucas repetições, como tem ocorrido em alguns casos. Um experimento fatorial, mesmo com vários fatores, com apenas duas repetições (blocos), por exemplo, seria, além de um grande equívoco, um enorme prejuízo, pois a obtenção de bons e confiáveis resultados certamente seria prejudicada.

O modelo matemático de um experimento fatorial será o do delineamento experimental sob o qual ele será conduzido. Assim, o modelo matemático de um experimento fatorial com três fatores: A, B, C, em blocos ao acaso, será o mesmo da Equação 2, apenas com o desdobramento do efeito de tratamento ( $t_j$ ), nos efeitos dos fatores A, B, C e suas interações, destacados **em negrito** na Equação 4. Nesse modelo, o componente bloco está indicado pela letra **r** ( $r_i$ ), e não por **b** ( $b_j$ ), como na Equação 2, pois aqui a letra **b** representa um fator de tratamento, portanto:

$$Y_{ijkl} = m + r_i + \mathbf{a_j} + \mathbf{b_k} + \mathbf{c_l} + \mathbf{(ab)_{jk}} + \mathbf{(ac)_{jl}} + \mathbf{(bc)_{kl}} + \mathbf{(abc)_{jkl}} + e_{ijkl} \quad (\text{Eq. 4})$$

Em que:

$Y_{ijkl}$  é o valor da variável avaliada (peso de castanha, por exemplo), do j-ésimo nível do fator A ( $j = 1, 2, \dots, J$ ), do k-ésimo nível do fator B ( $k = 1, 2, \dots, K$ ), do l-ésimo nível do fator C ( $l = 1, 2, \dots, L$ ), no i-ésimo bloco (repetição) ( $i = 1, 2, \dots, R$ ).

$m$  é a média geral da variável avaliada (peso de castanha, por exemplo) do experimento.

$r_i$  é o efeito da variável avaliada (peso de castanha, por exemplo) do i-ésimo bloco (repetição).

$a_j$  é o efeito do j-ésimo nível do fator A da variável avaliada (peso de castanha, por exemplo).

$b_k$  é o efeito do  $k$ -ésimo nível do fator B da variável avaliada (peso de castanha, por exemplo).

$c_l$  é o efeito do  $l$ -ésimo nível do fator C da variável avaliada (peso de castanha, por exemplo).

$(ab)_{jk}$  é o efeito da interação do  $j$ -ésimo nível do fator A com o  $k$ -ésimo nível do fator B.

$(ac)_{jl}$  é o efeito da interação do  $j$ -ésimo nível do fator A com o  $l$ -ésimo nível do fator C.

$(bc)_{kl}$  é o efeito da interação do  $k$ -ésimo nível do fator B com o  $l$ -ésimo nível do fator C.

$(abc)_{jkl}$  é o efeito da interação do  $j$ -ésimo nível do fator A com o  $k$ -ésimo nível do fator B com o  $l$ -ésimo nível do fator C.

$e_{ijkl}$  é efeito aleatório (variação do acaso), do  $i$ -ésimo bloco (repetição), do  $j$ -ésimo nível do fator A, do  $k$ -ésimo nível do fator B, do  $l$ -ésimo nível do fator C.

## Experimentos fatoriais em parcelas subdivididas

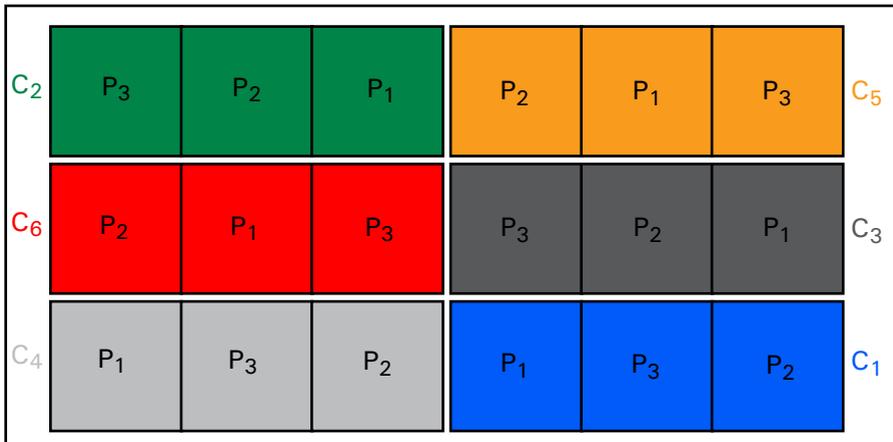
Os experimentos em parcelas subdivididas são caracterizados pela divisão de cada parcela em subparcelas que devem ser distribuídas ao acaso, dentro de cada parcela. As parcelas, por sua vez, podem ser dispostas em quaisquer dos três delineamentos já apresentados. Vê-se, portanto, que as parcelas normalmente são maiores que as subparcelas. Além disso, o número de repetições dos tratamentos das subparcelas é maior do que dos tratamentos localizados nas parcelas. Em vista disso, os efeitos dos tratamentos das subparcelas são avaliados com maior precisão do que os efeitos dos tratamentos das parcelas. Isso se deve ao fato de as parcelas maiores serem menos eficientes no controle da heterogeneidade do que as menores (subparcelas).

Em face disso, é aconselhável que os tratamentos mais importantes sejam atribuídos às subparcelas. Por exemplo: em caso de dois fatores de tratamento em que o comportamento do primeiro seja mais ou

menos conhecido, e se deseje testar o efeito de um segundo, ainda não conhecido ou menos conhecido, na presença dele, o segundo deve ser alocado nas subparcelas. No caso de serem desconhecidos os desempenhos dos dois fatores, cabe ao pesquisador optar pelo que lhe pareça mais importante e alocar nas subparcelas. É possível utilizar mais de dois fatores em experimentos com parcelas sub-subdivididas, isto é, dividindo as parcelas em tantas partes quantos forem os fatores em teste, seguindo-se o mesmo raciocínio. Os cuidados, do planejamento à análise dos dados, devem ser maiores.

Considere-se, a título de exemplo, um experimento fatorial 6x3 para avaliar 3 tipos de poda em 6 clones de cajueiro, cujo delineamento dos tratamentos seja o de parcelas subdivididas, com os clones ( $C_1, C_2, C_3, C_4, C_5, C_6$ ) alocados nas parcelas e os tipos de poda ( $P_1, P_2, P_3$ ), nas subparcelas. Se o delineamento experimental for o de blocos ao acaso, com 5 repetições (blocos), por exemplo, cada bloco pode ser como o da Figura 37. Evidentemente, nos outros 4 blocos, as posições das parcelas e subparcelas certamente serão diferentes em função da casualização a ser realizada, mas a estrutura geral será semelhante.

Visão de um bloco



**Figura 37.** Visão de um bloco de um experimento fatorial 6x3 em blocos ao acaso e parcela subdividida com 6 clones (parcelas) e 3 tipos de poda (subparcelas).

Acredita-se que não haja mais dúvida de que, como nos demais casos, este e o próximo experimento a ser apresentado estão fundamentados sobre um modelo matemático, mesmo que não esteja explicitado aqui, por se julgar desnecessário. Não se deve perder de vista, por isso, que, ao instalar e conduzir um experimento, quaisquer que sejam os seus delineamentos (experimental e de tratamentos) está se instaurando, no local do experimento, um modelo matemático que embasará a análise dos dados e dará legitimidade à qualidade dos resultados da pesquisa.

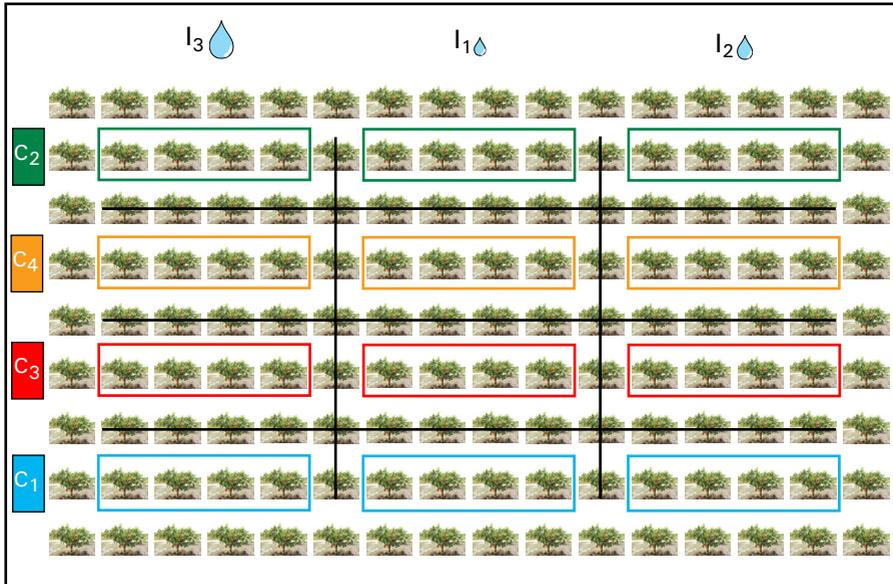
## **Experimentos fatoriais com parcelas em faixas**

Em certos experimentos fatoriais em parcelas subdivididas, nem sempre é possível uma completa casualização de todas as combinações dos fatores de tratamentos. A adoção do delineamento dos tratamentos, por vezes, pode não permitir essa casualização ou, mesmo que permita, pode dificultar e/ou encarecer a condução do experimento. Isso geralmente ocorre com experimentos para estudo de épocas de plantio; tipos de preparo do solo; métodos de irrigação; aplicação mecânica de adubos, corretivos, inseticidas, etc. Nesses casos, o uso de experimentos em faixas é indicado e dá bons resultados.

O que distingue os experimentos em faixas dos experimentos usuais em parcelas subdivididas é a dificuldade de distribuição ao acaso dos tratamentos nas subparcelas. Entre as principais vantagens de experimentos desse tipo, estão a praticidade e facilidade de condução do experimento, a possibilidade de corrigir certos problemas com algum tratamento e a economicidade. A desvantagem, claro, é a dificuldade de casualização das subparcelas.

Considere-se como exemplo, um experimento para avaliar o desempenho de 4 clones de cajueiro submetidos a 3 níveis de irrigação (fatorial 4x3). Se o delineamento experimental for o de blocos ao acaso, com 5 repetições (blocos), por exemplo, cada bloco pode ser dividido em faixas horizontais, convencionadas aqui por cores distintas (os 4 clones:  $C_1$ ,  $C_2$ ,  $C_3$ ,  $C_4$ ) e faixas verticais, convencionadas aqui por “gotas de água” (os níveis de irrigação:  $I_1$  ,  $I_2$   e  $I_3$  ), resultando para um bloco qualquer o esquema da Figura 38.

## Visão de um bloco



**Figura 38.** Visão de um bloco de um experimento fatorial 4x3 em blocos ao acaso, com bordadura de contorno, 4 clones (faixas horizontais), 3 níveis de irrigação (faixas verticais) e parcelas lineares de 4 plantas úteis, com meia bordadura entre elas.

É importante ressaltar a necessidade de monitoramento constante da área, tanto nos experimentos de irrigação (quando os tratamentos são níveis de irrigação) como no exemplo da Figura 38, quanto no caso de a irrigação ser apenas trato cultural. O tombamento de alguma haste, por exemplo, pode provocar o desvio da água para fora da planta, causando desperdício de água e déficit à planta. O entupimento de algum aspersor, o rompimento de alguma mangueira ou os dois podem interromper o fornecimento de água, com prejuízo para alguns tratamentos e assim por diante. Quaisquer desses ou de outros eventos podem refletir negativamente nos resultados da pesquisa, uma vez que quanto maior for o período de eventual interrupção, maiores poderão ser os danos. Por isso, sempre que houver qualquer situação desse tipo, a correção deve ser imediata.

## Redes de experimentos ou grupos de experimentos

Chama-se rede ou grupos de experimentos um conjunto de experimentos, instalados em diversos locais onde normalmente a cultura, objeto de pesquisa, é explorada intensamente, com o objetivo de avaliar o binômio genótipo-ambiente. A área de melhoramento genético de plantas é a que mais usa esse tipo de pesquisa, a fim de avaliar o desempenho de vários materiais em diferentes ambientes, pois nem sempre um material com bom desempenho num local o reproduz noutro. É útil, portanto, para obter material apropriado para cada ambiente e/ou para diversos ambientes (simultaneamente), conseguindo assim, resultados bem gerais.

É aconselhável que esses experimentos tenham o mesmo delineamento experimental, os mesmos tratamentos, o mesmo número de repetições e, de preferência, o mesmo delineamento de tratamentos. Em casos especiais, quando se tem informação de materiais que têm bom desempenho de certas características de interesse, em determinados locais, colocam-se esses materiais como uma espécie de controle (testemunha) em todos os experimentos. Essa prática, principalmente em pesquisas com plantas perenes arbóreas, contribui em geral para obtenção de bons resultados a prazos menos longos. Pode, ao mesmo tempo, ser objeto de experimentação intensiva e extensiva, e por isso, ser conduzida em áreas de produtores, embora, nesse caso, requeira cuidados especiais do pesquisador.

## Experimentos de consórcio ou associação de cultivos

Os experimentos de consorciação geralmente envolvem diversas culturas, em muitos casos utilizados em sistemas de rotação para melhor aproveitamento das potencialidades das culturas e manutenção de certas características do solo. Experimentos que envolvem

consorciação ou associação de cultivos com culturas perenes arbóreas são normalmente conhecidos como experimentos que visam o “uso eficiente da terra”, pois as culturas perenes arbóreas em geral utilizam espaçamentos largos. Além disso, precisam de certo período para alcançar uma produção com retorno econômico. Portanto, o aproveitamento dos espaços das entrelinhas para plantio de cultivos de ciclo curto é uma opção que pode dar algum lucro especialmente a pequenos e médios produtores ou, pelo menos, a subsistência ao pequeno.

O plantio de culturas de ciclo curto nas entrelinhas do cajueiro e outras plantas perenes que utilizam largos espaçamentos é uma prática comum especialmente por pequenos produtores, embora não existam ainda resultados de pesquisa nesse sentido. A escolha das culturas a serem plantadas nas entrelinhas deve ser cuidadosa, de modo que não sejam suscetíveis às mesmas doenças e pragas, nem sejam hospedeiras de pragas da cultura principal. Deve-se evitar também plantar em ciclos sucessivos culturas que exaurem muito o solo, como o milho e a mandioca, por exemplo, a menos que se adube o solo. É possível ainda a associação de cultivos semiperenes, pequenos animais, abelhas, etc., embora ainda não haja recomendações apoiadas em resultados de pesquisa.

## **Instalação do experimento: material experimental**

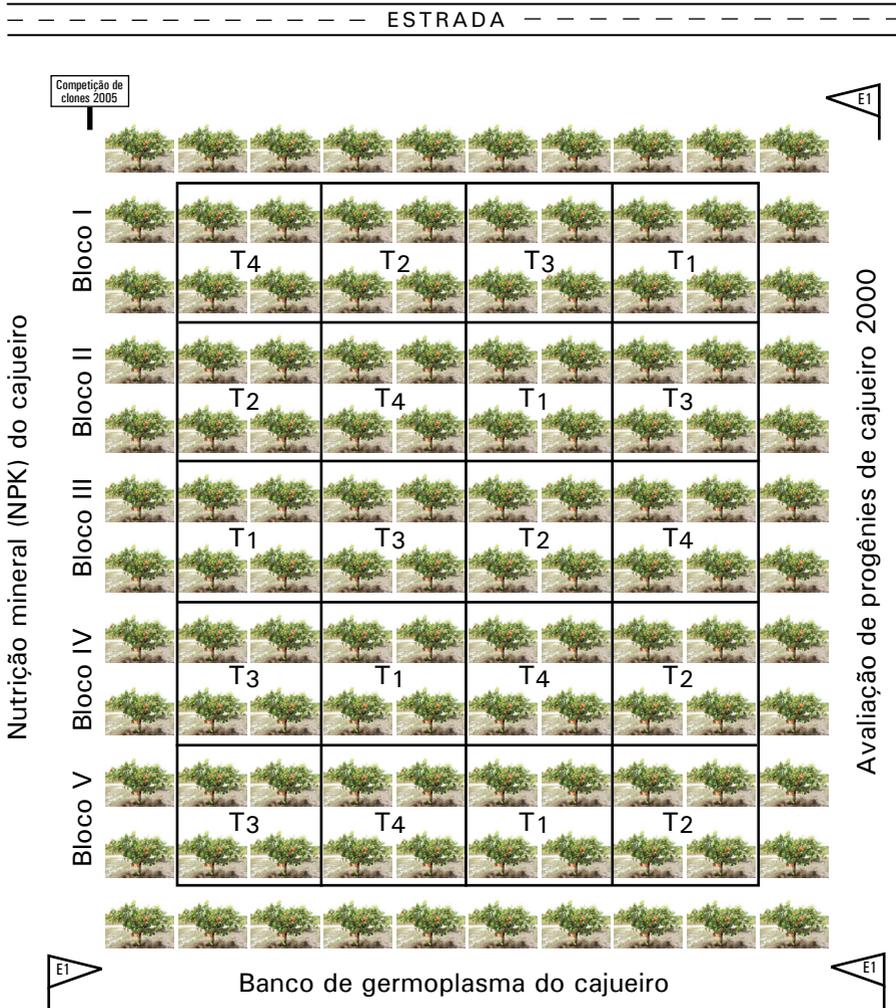
Antes da instalação do experimento, é indispensável que todo o material experimental (área preparada, adubos, mudas e outros insumos), estejam disponíveis em quantidade e qualidade que garantam a obtenção de bons resultados. Quando o experimento demandar mudas, deve-se prever, para cada tratamento, cerca de 20% a mais, para prevenir a eventual necessidade de replantio. Essas mudas (20%) devem ser mantidas em ambiente e situação que lhes garantam condições o mais próximo possível das já plantadas.

Nos experimentos de clones e/ou progênes em que forem usadas bordaduras entre as parcelas, as plantas de bordadura devem ser do mesmo material da área útil das parcelas. Em caso de adotar apenas bordadura de contorno, as plantas de bordadura devem ser do mesmo material da parcela do tratamento vizinho a que ela estiver circundando. Mas, se, por alguma circunstância, não se dispuser de mudas desse tipo, pode-se usar outras, desde que sejam de mesmo porte e de características o mais semelhante possível àquelas das parcelas que circundam. Qualquer que seja o caso, vale a mesma precaução de manter o quantitativo para eventual necessidade de reposição.

É importante ressaltar que os tratos culturais têm grande importância em qualquer experimento, uma vez que eles são usados para realçar o potencial dos tratamentos. Por isso, é indispensável que seja assegurada uma aplicação uniforme, em quantidade, qualidade, época e forma de aplicação, em todo o experimento (para todos os tratamentos), de modo a evitar que o desempenho de algum tratamento seja favorecido ou prejudicado por eventual diferença desses tratos culturais.

## Identificação do experimento no campo

Estações experimentais bem balizadas ou demarcadas apresentam grandes vantagens que vão do conhecimento da eventual história da contribuição que elas têm dado ao progresso da ciência, à compreensão das pesquisas ali conduzidas. Por outro lado, o registro da história das áreas experimentais é de capital importância, sobretudo para efeito de reutilização de áreas para novos experimentos. É importante que os experimentos sejam bem identificados no campo, a fim de evitar, por exemplo, esforços desnecessários para localizá-los. Uma boa demarcação dos experimentos, como a apresentada na Figura 39, favorece localizá-los rapidamente, evitando desperdício de tempo e recurso, além de facilitar o trabalho de condução, sobretudo no tocante à sua avaliação.



**Figura 39.** Croqui para identificação de um experimento no campo em blocos ao acaso, com bordadura de contorno, 5 blocos, 4 tratamentos, e parcelas quadradas de 4 plantas úteis sem bordadura entre elas.

O exemplo da Figura 39 dá uma boa ideia da identificação de um experimento, de maneira que qualquer pessoa, de posse do croqui, possa localizá-lo facilmente na área e identificar os tratamentos nele estabelecidos.

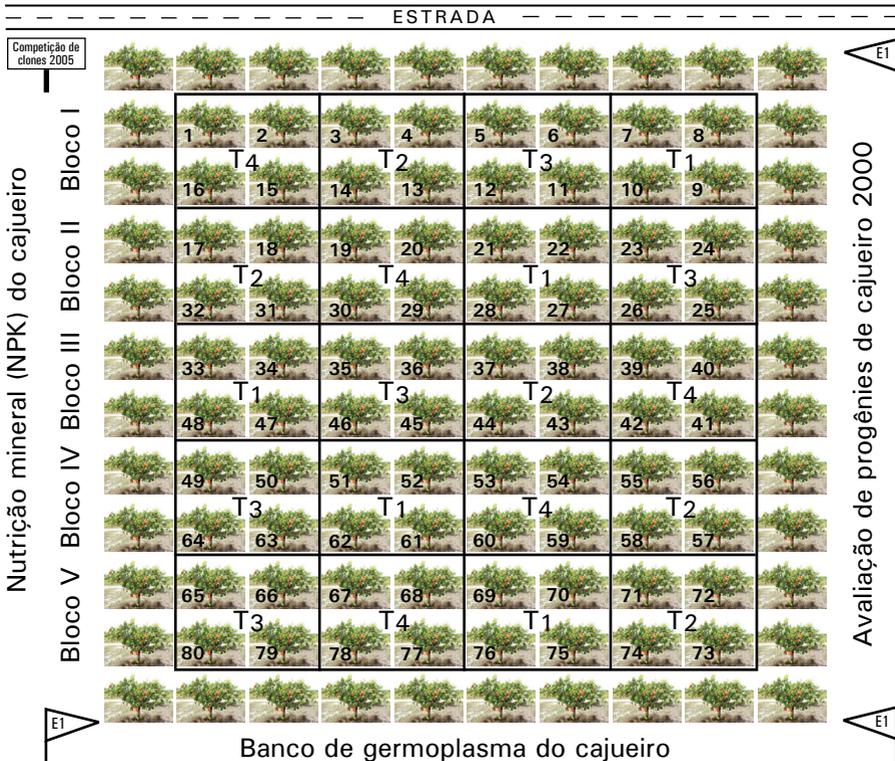
## Avaliação de experimentos

A avaliação é uma atividade que integra a condução do experimento e consiste basicamente da tomada dos dados das variáveis estabelecidas pelo pesquisador, no planejamento do experimento, para medir a eficácia (resposta) dos tratamentos. É uma atividade que requer atenção e muito zelo na tomada dos dados, na precisão das medidas e no registro na planilha de campo. É de fundamental importância que seja realizada de acordo com a programação, nos períodos e datas, de preferência pelas mesmas pessoas e com instrumentos de medida confiáveis. Seguir a orientação do croqui de campo (numeração das plantas da área útil das parcelas) na avaliação do experimento (Figura 40), facilita o trabalho do avaliador, é mais prático, mais seguro e menos suscetível a erros.



**Figura 40.** Croqui de campo de um experimento em blocos ao acaso, com bordadura de contorno, 5 blocos, 4 tratamentos e parcelas quadradas de 4 plantas úteis numeradas.

A identificação dos tratamentos ( $T_1$ ,  $T_2$ ,  $T_3$ ,  $T_4$ ) é, simultaneamente, uma identificação das parcelas, sendo útil, principalmente, para embasar o registro de avaliações morfológicas. A numeração sequencial das plantas apresentada no croqui da Figura 40, de um experimento somente com bordadura de contorno, pretende dar uma visão detalhada para facilitar a operação de avaliação, de forma prática e segura. Procura, além disso, minimizar o cansaço de, ao chegar no final de uma fileira de plantas, ter que voltar ao início da fileira seguinte para avaliar. Por outro lado, o croqui apresentado na Figura 41, além da numeração das plantas úteis das parcelas, que evita equívocos com as plantas de bordadura, por ocasião da avaliação, fornece um croqui completo de identificação, ideal para qualquer experimento de campo.

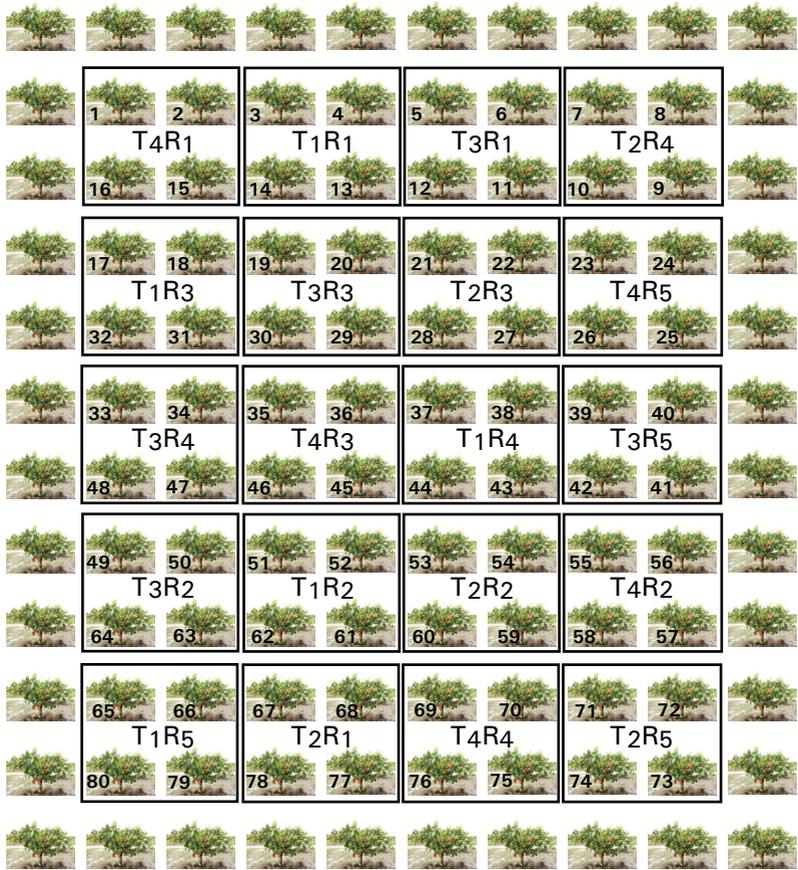


**Figura 41.** Croqui de identificação de um experimento em campo, em blocos ao acaso, com bordadura de contorno, 5 blocos, 4 tratamentos e parcelas quadradas de 4 plantas úteis numeradas, como orientação para avaliação.

A avaliação do experimento deve começar baseada num ponto de referência, talvez a partir da placa principal que contém o título do experimento, de onde inicia a numeração das plantas úteis da parcela, o que deve ser seguido à risca. Essa estratégia de numeração é útil também em caso de ser impossível avaliar o experimento todo no mesmo dia, pois facilita a avaliação de blocos inteiros, deixando os outro(s) também inteiros, para avaliar no dia seguinte. Quando o experimento previr mais de uma avaliação da mesma variável, é aconselhável que as avaliações não iniciem sempre do mesmo ponto, mas que haja alternância.

Por exemplo, se a primeira avaliação for iniciada pela planta 1 (primeira), a segunda deve iniciar da planta 80 (última) e assim sucessivamente, a fim de que se diluam os erros normalmente causados, principalmente pelo efeito fadiga. O fato de determinada avaliação iniciar na ordem inversa ou decrescente à numeração das plantas não trará nenhuma dificuldade no registro na planilha de campo. A forma de croqui apresentada na Figura 41 parece ser preferível em qualquer experimento, principalmente dos conduzidos em campo, pois, além de fornecer detalhes úteis para a avaliação e localização do experimento, é coerente com a planilha de campo.

Essa alternativa vale para quaisquer experimentos em delineamento de blocos ao acaso, independentemente do delineamento de tratamentos. Nos experimentos em delineamento inteiramente casualizados, em que a distribuição dos tratamentos não obedece à mesma estrutura, essa estratégia difere um pouco. A identificação das parcelas deve estar associada à da respectiva repetição, além da numeração sequencial das plantas, conforme o croqui da Figura 42, e o experimento todo deve ser avaliado no mesmo dia. A avaliação, porém, deve igualmente partir de um ponto de referência (talvez da placa que contém o título do experimento), e, em caso de mais de uma avaliação da mesma variável, vale também a alternância.

Ex. Comp. de  
porta-enterto

**Figura 42.** Croqui de identificação de um experimento inteiramente casualizado, com bordadura de contorno, 4 tratamentos, 5 repetições e parcelas quadradas de 4 plantas úteis, com orientação de avaliação.

É importante observar que as Figuras 14 e 42 são apenas exemplos que ilustram os detalhes de croquis de experimentos inteiramente casualizados, com o intuito de facilitar, na prática, a observância da tomada de dados e seus registros. Isso não significa, necessariamente, que se trate de experimentos conduzidos em campo. Pode ser em viveiro, casa de vegetação, telado, laboratório, etc. Aliás, conduzir experimentos inteiramente casualizados em campo requer cuidados especiais. A uniformidade das áreas experimentais deve ser tal

que assegure a distribuição aleatória e sem restrições, de todos os tratamentos e garanta que os seus efeitos não sejam influenciados por outros fatores, o que requer pleno conhecimento do histórico da área. Em vista disso, normalmente são experimentos pequenos, que não exigem grandes áreas experimentais.

## Planilha de campo

Convém atentar que nem todas as variáveis exigem avaliação individual de cada planta da parcela. Algumas requerem avaliação da parcela toda, outras de apenas uma amostra (uma parte das plantas) da parcela, como nos experimentos de clones, por exemplo. Nos experimentos de progênies, porém, por se tratar de material genético não uniforme, as plantas devem ser avaliadas individualmente. Entretanto, as variáveis a avaliar, os métodos de avaliação, os períodos, datas e unidades de medidas são passados pelo pesquisador, na **planilha de campo** (Figura 43) e devem ser observadas à risca. A título de exemplo, a planilha abaixo é proposta para registro dos dados de um experimento em blocos ao acaso, com 5 blocos, 4 tratamentos e parcelas quadradas de 4 plantas úteis.

| <br><b>Embrapa</b><br><b>Agroindústria Tropical</b>  |       | <b>Planilha de campo</b>   |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|---|-------|--|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|   |       | Projeto: <u>Título do projeto</u><br>Pesquisador responsável: <u>Nome completo do pesquisador responsável</u><br>Técnico responsável: <u>Nome do técnico responsável pela condução/avaliação</u><br>Localização: <u>Descrição completa do local do experimento</u> |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| Experimento: <u>Título do experimento</u>   |       |  |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| Delineamento experimental:  |       |  |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| Delineamento de tratamentos: <u>Descrição completa dos fatores e níveis dos tratamentos, e número de plantas úteis por parcela</u>  |       |  |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| Data da avaliação:  |       |  |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| Variáveis a serem avaliadas   |       |  |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| Início da floração (data): <b>flor</b> (registro da data de floração em todas as plantas da parcela)  |       |  |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| Primeiro fruto (data): <b>fruto</b> (registro da data do 1º fruto em todas as plantas da parcela)   |       |  |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| Precocidade (%): <b>preco</b> (porcentagem de frutos da primeira colheita/colheita total da parcela)  |       |  |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| Diâmetro da copa (m): <b>dcopa</b> (medido anualmente em cada planta da parcela)  |       |  |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| Diâmetro do caule (cm): <b>dcaul</b> (medida anualmente a 10 cm da soldadura do enxerto (planta enxertada) ou a 20 cm da superfície do solo (planta não enxertada), em todas as plantas da parcela) |       |  |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| Altura da planta (m): <b>alpla</b> (medida anualmente, de cada planta da parcela)   |       |  |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| Número de frutos (n): <b>nfrut</b> (contagem e registro do número (n) de frutos por planta de cada parcela)   |       |  |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| Peso de castanhas (kg): <b>pcast</b> (medido em cada colheita, por parcela)   |       |  |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| Peso médio de castanha (g): <b>pmcas</b> (calculado a partir de uma amostra padrão de 120 unidades, por parcela)  |       |  |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| Castanhas furadas (%): <b>cafur</b> (calculada a partir de uma amostra de 166 castanhas por parcela)  |       |  |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| Registro dos dados  |       |  |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| Bloco   | Trata | Plant  | flor | fruto | preco | dcopa | dcaul | alpla | nfrut | pcast | pmcas | cafur |
| 1   | 4     | 1  |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 1   | 4     | 2  |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 1   | 2     | 3  |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 1   | 2     | 4  |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 1   | 3     | 5  |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 1   | 3     | 6  |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 1   | 1     | 7  |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 1   | 1     | 8  |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 1   | 1     | 9  |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 1   | 1     | 10   |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 1   | 3     | 11   |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 1   | 3     | 12   |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 1   | 2     | 13   |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 1   | 2     | 14   |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 1   | 4     | 15   |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 1   | 4     | 16   |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 2   | 2     | 17   |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 2   | 2     | 18   |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 2   | 4     | 19   |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 2   | 4     | 20   |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 2   | 1     | 21   |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 2   | 1     | 22   |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 2   | 3     | 23   |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 2   | 3     | 24   |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 2   | 3     | 25   |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 2   | 3     | 26   |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 2   | 1     | 27   |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 2   | 1     | 28   |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 2   | 4     | 29   |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 2   | 4     | 30   |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 2   | 2     | 31   |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 2   | 2     | 32   |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| ...   | ...   | ...  | ...  | ...   | ...   | ...   | ...   | ...   | ...   | ...   | ...   | ...   |
| 5   | 1     | 69   |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 5   | 1     | 70   |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 5   | 2     | 71   |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 5   | 2     | 72   |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 5   | 2     | 73   |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 5   | 2     | 74   |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 5   | 1     | 75   |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 5   | 1     | 76   |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 5   | 4     | 77   |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 5   | 4     | 78   |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 5   | 3     | 79   |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 5   | 3     | 80   |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |

**Figura 43.** Planilha de campo para registro dos dados de um experimento em blocos ao acaso, com 5 blocos, 4 tratamentos e parcelas quadradas de 4 plantas úteis.



|    |       | Planilha de campo  |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|---|-------|--|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|   |       | Projeto: <i>Título do projeto</i><br>Pesquisador responsável: <i>Nome completo do pesquisador responsável</i><br>Técnico responsável: <i>Nome do técnico responsável pela condução/avaliação</i><br>Localização: <i>Descrição completa do local do experimento</i> |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| Experimento: <i>Título do experimento</i>   |       |  |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| Delineamento experimental:  |       |  |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| Delineamento de tratamentos: <i>Descrição completa dos fatores e níveis dos tratamentos, e número de plantas úteis por parcela</i>  |       |  |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| Data da avaliação:  |       |  |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| Variáveis a serem avaliadas   |       |  |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| Início da floração (data): <b>flor</b> (registro da data de floração em todas as plantas da parcela)  |       |  |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| Primeiro fruto (data): <b>fruto</b> (registro da data do 1º fruto em todas as plantas da parcela)   |       |  |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| Precocidade (%): <b>preco</b> (porcentagem de frutos da primeira colheita/colheita total da parcela)  |       |  |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| Diâmetro da copa (m): <b>dcopa</b> (medido anualmente em cada planta da parcela)  |       |  |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| Diâmetro do caule (cm): <b>dcaul</b> (medida anualmente a 10 cm da soldadura do enxerto (planta enxertada) ou a 20 cm da superfície do solo (planta não enxertada), em todas as plantas da parcela) |       |  |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| Altura da planta (m): <b>alpla</b> (medida anualmente, de cada planta da parcela)   |       |  |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| Número de frutos (n): <b>nfrut</b> (contagem e registro do número (n) de frutos por planta de cada parcela)   |       |  |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| Peso de castanhas (kg): <b>pcast</b> (medido em cada colheita, por parcela)   |       |  |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| Peso médio de castanha (g): <b>pmcas</b> (calculado a partir de uma amostra padrão de 120 unidades, por parcela)  |       |  |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| Castanhas furadas (%): <b>cafur</b> (calculada a partir de uma amostra de 166 castanhas por parcela)  |       |  |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| Registro dos dados  |       |  |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| Repet   | Trata | Plant  | flor | fruto | preco | dcopa | dcaul | alpla | nfrut | pcast | pmcas | cafur |
| 1   | 4     | 1  |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 1   | 4     | 2  |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 1   | 2     | 3  |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 1   | 2     | 4  |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 1   | 3     | 5  |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 1   | 3     | 6  |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 1   | 1     | 7  |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 1   | 1     | 8  |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 1   | 1     | 9  |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 1   | 1     | 10   |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 1   | 3     | 11   |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 1   | 3     | 12   |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 1   | 2     | 13   |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 1   | 2     | 14   |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 1   | 4     | 15   |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 1   | 4     | 16   |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 2   | 2     | 17   |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 2   | 2     | 18   |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 2   | 4     | 19   |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 2   | 4     | 20   |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 2   | 1     | 21   |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 2   | 1     | 22   |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 2   | 3     | 23   |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 2   | 3     | 24   |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 2   | 3     | 25   |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 2   | 3     | 26   |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 2   | 1     | 27   |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 2   | 1     | 28   |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 2   | 4     | 29   |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 2   | 4     | 30   |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 2   | 2     | 31   |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 2   | 2     | 32   |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| ...   | ...   | ...  | ...  | ...   | ...   | ...   | ...   | ...   | ...   | ...   | ...   | ...   |
| 5   | 1     | 69   |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 5   | 1     | 70   |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 5   | 2     | 71   |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 5   | 2     | 72   |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 5   | 2     | 73   |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 5   | 2     | 74   |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 5   | 1     | 75   |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 5   | 1     | 76   |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 5   | 4     | 77   |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 5   | 4     | 78   |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 5   | 3     | 79   |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 5   | 3     | 80   |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |

**Figura 44.** Planilha de campo para registro dos dados de um experimento inteiramente casualizado, com 5 repetições, 4 tratamentos e parcelas quadradas de 4 plantas úteis.



Embora, nas Figuras 43 e 44, sejam apresentadas estruturas de planilhas de campo, não significa, absolutamente, que as variáveis aí colocadas sejam as mesmas a serem avaliadas em experimentos com a cultura do cajueiro, por exemplo. A estrutura da planilha é essa, mas as variáveis a serem avaliadas podem ser outras, porque elas são definidas em função da cultura e dos objetivos da pesquisa. Quaisquer que sejam, porém, elas serão aí inseridas pelo pesquisador, juntamente com a metodologia de avaliação. A critério do pesquisador, pode-se utilizar a planilha Excel, que, seguindo essa estrutura, favorece a análise dos dados, por ser compatível com certos softwares de análise estatística.

Vale enfatizar a importância de observar à risca os procedimentos e métodos de avaliação, porque certas variáveis admitem diversos modos de avaliação, mas a forma a ser adotada é uma opção do pesquisador. Mesmo que as datas de avaliação e unidades de medida já estejam inseridas na planilha de campo, é de fundamental importância que não se deixe de anotar, sobretudo quando a avaliação ocorrer em datas distintas. Convém alertar para a padronização das unidades de medidas, para todas as avaliações. Por exemplo, se a variável produção foi registrada em grama (g), na primeira avaliação, tem que ser na mesma unidade nas demais avaliações. Se o registro de altura da planta, por exemplo, foi feito em cm, na primeira avaliação, as demais devem ser também nessa unidade. Outro cuidado essencial é o registro de todas e quaisquer ocorrências no experimento, como o aparecimento de alguma praga, patógeno ou injúria provocada pelo meio ambiente, como ventos fortes, excesso ou deficiência hídrica, entre outros.

Na avaliação de doenças, em experimentos da área de Fitopatologia, por exemplo, há autores que recomendam que o grau de severidade seja avaliado por pelo menos três avaliadores experientes. Nesse caso, cada avaliador atribui nota entre 0 e 6, sem que nenhum deles saiba a nota que o outro atribuiu, sendo que zero indica ausência da doença, e 6 indica severamente atacado. A nota final é a média das notas dos avaliadores (CAMPBELL; MADDEN, 1990). Outros usam uma escala diagramática expressando as notas de 0 a 6 em porcentagem de área lesionada por:  $0 = 0\%$  de lesão;  $0\% < 1 \leq 0,5\%$ ;  $0,6\% \leq 2 \leq 3,0\%$ ;

3,1% ≤ **3** ≤ 12,5%; 12,6% ≤ **4** ≤ 25,0%; 25,1% ≤ **5** ≤ 35,0% e **6** ≥ 35,1% (BARRETO et al., 2012). Há quem prefira aplicar critério visual de notas, atribuídas para cada planta, com base em uma escala descritiva de severidade de sintomas, variando de 0 a 4. Nessa escala, **0** é ausência de sintomas; **1** presença de pequenas lesões (2 cm), cobrindo até 2% da área foliar avaliada; **2**, lesões > 2 cm, cobrindo até 5% da área foliar avaliada; **3** lesões coalescidas, cobrindo de 5% a 25% da área foliar avaliada; e **4** lesões > 4 cm, cobrindo mais de 25% da área foliar avaliada (CARDOSO et al., 2006). Para avaliar o ataque de pragas do cajueiro, por exemplo, Mesquita et al. (2005) propõem um critério de notas de 0 a 5. Para isso, a copa da planta é dividida em quadrantes, e, em cada quadrante é avaliada a porcentagem de dano por: 0 = sem ataque; 1% ≤ **1** ≤ 20%; 21% ≤ **2** ≤ 40%; 41% ≤ **3** ≤ 60%; 61% ≤ **4** ≤ 80%; 81% ≤ **5** ≤ 100% de ataque, respectivamente.

Qualquer que seja o método a ser utilizado, requer treino e experiência do(s) avaliador(es). Por isso, em caso de necessidade de mudança na programação ou de alguma sugestão, mesmo que indiscutivelmente para a melhoria do trabalho, deve ser comunicado imediatamente ao pesquisador, antes de ser implementada. Qualquer imprecisão de medida ou erro de registro na planilha de campo, de um dado que seja, pode ter influência nos resultados das análises dos dados do experimento. Em vista disso, o ideal é que o experimento todo seja avaliado no mesmo dia, seguindo o croqui do experimento, os métodos de avaliação e a planilha de campo. Em caso de experimentos em blocos ao acaso, caso seja impossível avaliar inteiramente no mesmo dia, podem-se deixar um ou mais blocos inteiros para ser(em) avaliado(s) no dia seguinte.

## Agradecimentos

A Arilo Nobre de Oliveira, pela elaboração das figuras que compõem o documento.

# Referências

BARRETO, L. F.; SAVAN, P. A. L.; LIMA, L. L. de; LODO, B. N. Avaliação de fungicidas no controle de *Asperisporium caricae* na cultura do mamoeiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 33, n. especial, p. 399-403, 2012.

CAMPBELL, C. L.; MADDEN, L. V. **Introduction to plant disease epidemiology**. New York: John Wiley & Sons, 1990. 560 p.

CARDOSO, J. E.; SANTOS, A. A. dos; FREIRE, F. das C. O.; VIANA, F. M. P.; VIDAL, J. C.; OLIVEIRA, J. N.; UCHOA, C. do N. **Monitoramento de doenças na cultura do cajueiro**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2006. 24 p. (Embrapa Agroindústria Tropical. Documentos, 47). Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPAT/7903/1/doc47.pdf>>. Acesso em: 03 ago. 2015.

FINNEY, D. J. **An introduction to statistical science in agriculture**. Munksgaard: Oliver & Boyd, 1962. 216 p.

FISHER, R. A. **The design of experiments**. Oxford: Oliver & Boyd, 1935. 251 p.

LITTLE, T. M.; HILLS, F. J. **Agricultural experimentation: design and analysis**. New York: John Wiley and Sons, 1978. 350 p.

MESQUITA, A. L. M.; OLIVEIRA, V. H. de; CAVALCANTE, R. R. R. Manejo integrado de pragas. In: OLIVEIRA, V. H. de; COSTA, V. S. de O. (Ed.). **Manual de produção integrada de caju**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2005, Cap. 12, p. 198-225.

PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. 15. ed. Piracicaba: FEALQ, 2009. 451 p.

ROSSETTI, A. G. **Parcela, número de repetições e área de experimentos de campo com fruteiras e outras plantas arbóreas**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2002.

24 p. (Embrapa Agroindústria Tropical. Documentos, 50). Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPAT-2010/7343/1/Dc-050.pdf>>. Acesso em: 30 nov. 2015.

ROSSETTI, A.G. **Planejamento de experimentos de nutrição e adubação com plantas perenes arbóreas**. Fortaleza: EMBRAPA - CNPAT, 1994. 50 p. (EMBRAPA - CNPAT, Documentos, 13). Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPAT-2010/2973/1/Dc-013.pdf>>. Acesso em: 25 nov. 2015.

ROSSETTI, A. G. Precisão experimental e tamanho da área de experimentos de campo com fruteiras e outras plantas perenes arbóreas em função da unidade experimental e do número de repetições. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 23, n. 3, p. 704-708, dez. 2001.

ROSSETTI, A. G.; ANDRADE, D. F. A amostragem na avaliação de experimentos de campo com frutíferas perenes arbóreas. In: REUNIÃO REGIONAL DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ESTATÍSTICA, 34., 2002, Fortaleza. **Programa e Resumos**. Fortaleza: Universidade Federal do Ceará, Departamento de Estatística e Matemática Aplicada, 2002. v. 1. p. 3.

ROSSETTI, A. G.; BARROS, L. de M.; ALMEIDA, J. I. L. de. Tamanho ótimo de parcelas para experimentos de campo com cajueiro-anão-precoce. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 31, n. 12, p. 843-852. dez. 1996.

ROSSETTI, A. G.; CORRÊA, M. P. F.; GONCALVES, M. E. C. Efeito do enxertador no pegamento de enxertia do cajueiro anão precoce. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 16., 2000, Fortaleza. **Resumos...** Fortaleza: Sociedade Brasileira de Fruticultura, 2000. p. 174. 1 CD-ROM.

SNEDECOR, G. W. **Statistical methods applied to experiments in agriculture and biology**. 4. ed. California: Iowa State College Press, 1946. 485 p.

WILSON, E. B. **An introduction to scientific research**. New York: Dover, 1990. 375 p.



---

*Agroindústria Tropical*



MINISTÉRIO DA  
**AGRICULTURA, PECUÁRIA  
E ABASTECIMENTO**

