



XXII Congresso Brasileiro de

**Fruticultura**

Bento Gonçalves - RS

22 a 26 de outubro de 2012

---

## **ESTATÍSTICA EXPERIMENTAL: A EVOLUÇÃO NO PLANEJAMENTO E ANÁLISE DE EXPERIMENTOS EM FRUTICULTURA**

JOÃO RIBOLDI<sup>1</sup>; ANA BEATRIZ COSTA CZERMAINSKI<sup>2</sup>

### **INTRODUÇÃO**

O progresso da estatística tanto no planejamento de experimentos quanto na análise de dados tem sido imenso. Com a facilidade propiciada pelo desenvolvimento computacional, técnicas de planejamento e de análise de dados cada vez mais poderosas e eficientes encontram-se disponíveis. A eficiência das metodologias de planejamento e a análise de dados em muitos casos é comprometida, pois frequentemente são buscadas quando os dados já foram coletados e nesse estágio a estratégia fica restrita a utilização de uma técnica possível de análise, levando-se em conta como foram coletadas as informações. Diante disso, a adoção de ferramentas da Estatística Experimental no que diz respeito a planificação ou planejamento de experimentos, a execução dos experimentos, que contempla a instalação, a condução e a coleta de informações, e a análise dos resultados, é fundamental para o sucesso na experimentação.

### **Experimento**

Experimento é uma pesquisa planejada para obter novos fatos ou para confirmar ou não os resultados de experimentos prévios, auxiliando na tomada de decisão, como a recomendação de uma variedade ou de um procedimento. Os experimentos podem ser divididos em três categorias: preliminares, críticos e demonstrativos. Em geral, os de maior importância são os experimentos críticos ou comparativos, nos quais comparam-se as respostas dos diferentes tratamentos, usando suficientes observações para poder, com certa segurança, detectar diferenças significativas entre as médias destes tratamentos, se elas existirem. Todo experimento é planejado para responder a uma ou mais questões que propiciam a escolha dos tratamentos. Conduz-se um experimento para medir ou testar hipóteses a respeito das diferenças entre tratamentos sob condições comparáveis, obtendo-se observações no material experimental, possibilitando respostas para as questões inicialmente propostas. Ao planejar um

<sup>1</sup> Eng. Agr., professor Depto. de Estatística, IM, UFRGS-RS, e-mail: [riboldi@mat.ufrgs.br](mailto:riboldi@mat.ufrgs.br)

<sup>2</sup> Eng. Agr., pesquisador Embrapa Uva e Vinho-RS, e-mail: [ana@cnpuv.embrapa.br](mailto:ana@cnpuv.embrapa.br)



XXII Congresso Brasileiro de

**Fruticultura**

Bento Gonçalves - RS

22 a 26 de outubro de 2012

experimento deve-se ter bem claro quais são os objetivos, isto é, as questões a serem respondidas, hipóteses a serem testadas e efeitos a serem estimados. É de suma importância definir a população para a qual se fará a inferência, bem como retirar de forma aleatória uma amostra da população.

### **Precisão de um experimento**

A precisão, sensibilidade ou quantidade de informação em um experimento é medida como a recíproca (inverso) da variância da média de um tratamento. Se  $I$  é a quantidade de informação, então  $I = 1/\sigma_{\bar{y}}^2 = 1/\sigma^2 / r = r/\sigma^2$ . Assim, quando a variância residual  $\sigma^2$  cresce, a quantidade de informação decresce; também quando o número de repetições  $r$  aumenta, a quantidade de informação aumenta. Existem outras formas de expressar precisão de experimentos, o coeficiente de variação, o erro padrão da diferença entre duas médias de tratamentos e o valor da diferença mínima significativa para a diferença entre médias de tratamentos. O coeficiente de variação é a forma mais comumente empregada para expressar precisão de experimentos, mas é a forma mais incompleta, pois não considera o número de repetições. O erro padrão da diferença entre duas médias de tratamentos e a diferença mínima significativa, são formas mais completas.

### **Unidades experimentais ou parcelas e tratamentos**

Uma unidade experimental ou uma parcela experimental é a unidade do material que recebe a aplicação de um tratamento, geralmente determinada pela própria natureza do material experimental, constituindo a menor subdivisão do material experimental a qual é aplicado o tratamento. Uma unidade experimental pode ser uma parcela de campo, um vaso ou um conjunto de deles, uma planta, 10 plantas, metade de uma folha. Tratamento é o procedimento aplicado cujo efeito deseja-se medir e comparar com o efeito dos outros tratamentos. Um tratamento pode ser uma cultivar, uma dose de nitrogênio, uma combinação de cultivar com dose de nitrogênio.

### **Erro experimental**

Uma característica de todo material experimental é a variação. O erro experimental é uma medida da variação existente entre observações de unidades experimentais que receberam o mesmo tratamento. A variação é devida a duas fontes principais, a variabilidade inerente que existe no material



XXII Congresso Brasileiro de

**Fruticultura**

Bento Gonçalves - RS

22 a 26 de outubro de 2012

experimental, ou seja a variabilidade intrínseca das unidades experimentais, e a variação que resulta de alguma falta de uniformidade na condução física do experimento, ou seja as falhas da técnica experimental. É importante que todo o esforço possível seja feito para reduzir o erro experimental a fim de aumentar o poder de um teste e diminuir a amplitude dos intervalos de confiança. A amplitude de um intervalo de confiança e o poder do teste depende da variância da média de um tratamento  $\sigma_y^2 = \sigma^2 / r$ . Para se obter intervalos menores e aumentar o poder tem-se dois pontos a atacar, reduzir a variância residual  $\sigma^2$  e/ou aumentar o número de repetições  $r$ . Portanto para diminuir o erro experimental, diminuir a variância residual, deve-se controlar as duas causas principais, ou seja, manusear o material experimental de tal forma que os efeitos da variação inerente sejam reduzidos e refinar a técnica experimental. Esses objetivos podem ser atingidos utilizando-se: unidades experimentais homogêneas, técnica experimental cuidadosa, delineamento experimental eficiente e observações auxiliares ou concomitantes. Utilizar técnica experimental cuidadosa que viabilize uniformidade de execução do experimento, na aplicação dos tratamentos, na condução do experimento e na coleta de informações. Evite, por exemplo a competição inter-parcelas, utilizando-se bordadura. A precisão de experimentos pode ser aumentada pelo uso de observações auxiliares ou concomitantes e da técnica estatística chamada de análise de covariância, eliminando as competições intra-parcelas, efeito de falhas, decorrente de causas extrínsecas, não relacionadas aos tratamentos. O controle do erro experimental pode ser alcançado utilizando-se um delineamento experimental eficiente, delineando um experimento para que a variação entre o conjunto de unidades experimentais seja manuseada fisicamente, de tal sorte a não contribuir nas diferenças entre as médias de tratamentos. O uso de unidades experimentais homogêneas, na experimentação agrônômica, relaciona-se a forma e colocação das parcelas de campo e ao seu tamanho. No que se refere a colocação, se existir um gradiente de fertilidade conhecido a dimensão mais longa deve estar seguindo o gradiente. Quanto a forma as parcelas devem ser de forma retangular estreitas e longas. Quanto ao tamanho das parcelas recomenda-se usar o menor tamanho possível de parcela, compatível com o material a ser experimentado, e compensar a perda de precisão aumentando-se o número de repetições.

### **Princípios básicos da experimentação**



XXII Congresso Brasileiro de

**Fruticultura**

Bento Gonçalves - RS

22 a 26 de outubro de 2012

---

## **Repetições e suas funções**

Quando um tratamento aparece mais do que uma vez em um experimento, diz-se que ele foi repetido. As funções das repetições são: fornecer uma estimativa do erro experimental, aumentar a precisão de um experimento pela redução do erro padrão da média de um tratamento, aumentar o escopo de inferência do experimento pela seleção de unidades experimentais de maior variabilidade e efetuar controle da variância residual. O uso de repetições tende a contrabalançar as diferenças que possam existir entre as unidades experimentais, obtendo-se, desta forma, uma comparação válida dos tratamentos. As repetições são também indispensáveis para a estimativa do erro experimental, que é necessária para testes de significância e para estimação de intervalos de confiança. Num experimento em que os tratamentos aparecem apenas uma vez, não se obtém uma estimativa do erro experimental, não há como determinar se as diferenças observadas indicam diferenças reais entre tratamentos ou se são devidas à variação inerente das unidades experimentais. Aumentando-se o número de repetições num experimento, aumenta-se a precisão com que se estimam tanto o erro experimental, como as médias dos tratamentos.

## **Aleatorização ou casualização dos tratamentos**

O princípio da aleatorização ou casualização refere-se à atribuição por sorteio dos tratamentos para as diferentes unidades experimentais, a serem incluídas no experimento. Sua função é assegurar que se obtenha uma estimativa válida ou não-tendenciosa do erro experimental e das médias de tratamentos. Para se proceder comparações válidas entre médias de tratamentos, é necessário assegurar que um determinado tratamento não seja favorecido ou prejudicado na atribuição às sucessivas repetições por alguma fonte de variação estranha. Utiliza-se a aleatorização nos experimentos, para que todo o tratamento tenha uma chance igual de ser atribuído a qualquer unidade experimental, seja ela desfavorável ou não, evitando a interferência do experimentador na distribuição das unidades experimentais e a introdução de vício no experimento.

## **Bloqueamento ou controle local**



XXII Congresso Brasileiro de

**Fruticultura**

Bento Gonçalves - RS

22 a 26 de outubro de 2012

O princípio do bloqueamento, também conhecido como estratificação ou controle local, refere-se ao agrupamento das unidades experimentais em grupos ou blocos homogêneos, controlando a variabilidade entre as unidades experimentais, tendo por objetivo a redução do erro experimental e consequentemente aumento de precisão. Para isso o bloqueamento deverá controlar a variação intrínseca das unidades experimentais, colocando-se num mesmo bloco as unidades experimentais semelhantes. O bloqueamento é também usado para controlar variações que ocorrem durante a condução do experimento, fazendo-se coincidir com os blocos diferentes localizações, diferenças no tempo (horas, dias) em que são feitas as observações, diferentes observadores. A comparação dos tratamentos dentro dos blocos deverá apresentar maior precisão. Um bloqueamento bem executado deverá reduzir o erro experimental e esta redução será tanto maior quanto maior for a homogeneidade do bloco.

### **Etapas do planejamento de um experimento**

Em uma pesquisa científica o procedimento geral é formular hipóteses e verificá-las diretamente ou por suas consequências, valendo-se de observações geradas de um experimento. O planejamento de experimentos é essencial para estabelecer as bases sobre as quais as hipóteses são testadas, valendo-se de métodos estatísticos de análise, que dependem de como as observações são coletadas. As etapas de planejamento de um experimento, segundo Peres e Saldiva (1982), são as seguintes: enunciado do problema e formulação das hipóteses; escolha dos fatores que devem ser incluídos no experimento e dos seus respectivos níveis ou tratamentos; escolha da unidade experimental e da unidade de observação; escolha das variáveis a serem medidas na unidade de observação; determinação das regras para atribuição dos tratamentos às unidades experimentais que define o delineamento experimental e que, por sua vez, conduz ao modelo que norteia a análise estatística dos resultados. Complementando-se a determinação do número de repetições a usar no experimento também deve fazer parte do planejamento.

### **Enunciado do problema e formulação das hipóteses**

No enunciado do problema a hipótese científica deve ser formulada de maneira precisa e objetiva. Por exemplo deseja-se verificar a influência da adubação fosfatada sobre a produção e então



XXII Congresso Brasileiro de

**Fruticultura**

Bento Gonçalves - RS

22 a 26 de outubro de 2012

se o objetivo é verificar se a cultura responde à adubação fosfatada, sob o ponto de vista estatístico a hipótese relaciona-se a igualdade de médias (hipótese de nulidade). Por outro lado o objetivo poderia ser verificar se a produção relaciona-se funcionalmente com doses (níveis) de fósforo aplicadas ao solo. Nesse caso, as hipóteses vinculam-se a um relacionamento funcional através da análise de regressão.

### **Escolha dos fatores e seus níveis a serem incluídos no experimento**

No planejamento de um experimento é fundamental conhecer os fatores que afetam as variáveis de interesse. Normalmente esses fatores são de dois tipos, fatores de tratamentos e fatores de restrição (na casualização ou aleatorização). Fatores de tratamentos são aqueles que o pesquisador tem interesse em verificar a sua influência sobre as variáveis respostas. Fatores de restrição são aqueles que possibilitam que as conclusões a serem tomadas fiquem livres de determinados efeitos que se sabe serem importantes, e que podem ser controlados, mas cujo estudo não é o objetivo da pesquisa. Estes fatores surgem do bloqueamento das unidades experimentais homogêneas. Num experimento pode-se ter um ou mais fatores de tratamentos, que poderão ser qualitativos (nominais ou ordinais) ou quantitativos como diferentes doses (níveis). Quando o experimento envolver somente um fator de tratamentos temos um experimento com um fator ou unifatorial, e quando envolver dois ou mais fatores de tratamentos temos um experimento fatorial. Os experimentos fatoriais podem ser cruzados, hierárquicos ou aninhados e hierárquico-cruzados. Tem-se fatoriais cruzados quando os mesmos níveis de um fator se combinam com os níveis do outro, onde é possível estudar as interações. Os fatoriais são hierárquicos ou aninhados quando diferentes níveis de um fator se combinam com os níveis do outro, existe um fator principal e o outro fator está aninhado ou dentro dele. Neste caso, não é possível estudar a interação entre os fatores, pois quando muda-se de nível de um fator os níveis do outro fator passam a ser diferentes, impossibilitando a avaliação da interação. Os fatoriais hierárquico-cruzados constituem uma combinação dos dois procedimentos. Os fatores de acordo com a maneira como os níveis foram escolhidos, são considerados com fatores de efeito fixo ou de efeito aleatório. Um fator será de efeito fixo quando o pesquisador estabelece quais são os níveis a serem utilizados no experimento e as conclusões serão válidas para esses níveis; será considerado de efeito aleatório quando os níveis são selecionados aleatoriamente de uma população de níveis para os quais as conclusões deverão ser



XXII Congresso Brasileiro de

**Fruticultura**

Bento Gonçalves - RS

22 a 26 de outubro de 2012

válidas. A escolha dos fatores e seus respectivos níveis, isto é a escolha dos tratamentos, é basicamente um problema do pesquisador. Em certos experimentos, os tratamentos tem um substancial efeito na precisão, especialmente verdadeiro em experimentos fatoriais. Noutros experimentos, a dose ou nível de qualquer fator é importante. Se o pesquisador está medindo o efeito de níveis crescentes de certo nutriente na resposta de uma cultura, é importante incluir vários níveis para determinar se a resposta é de natureza linear ou curvilínea. Neste caso, a escolha do número de níveis e seu espaçamento é importante para responder adequadamente as questões formuladas. Quanto mais o pesquisador conhecer sobre os tratamentos, mais facilmente os procedimentos de planejamento e análise adequados poderão ser delineados.

### **Escolha da unidade experimental e da unidade de observação**

Às unidades experimentais os tratamentos são aplicados e a unidade de observação é aquela unidade realmente observada para avaliar o efeito de tratamento. A escolha da unidade experimental, de um modo geral, deve ser orientada no sentido de minimizar o erro experimental, com as unidades experimentais o mais homogêneas possível, para que, quando submetidas a diferentes tratamentos, seus efeitos sejam facilmente detectados. O efeito do tratamento é medido em uma unidade de observação ou de amostragem, que representa alguma fração da unidade experimental. Assim a unidade de amostragem pode ser a unidade experimental completa, por exemplo, uma planta, ou uma amostra aleatória de folhas.

### **Escolha das variáveis a serem medidas nas unidades experimentais**

As medidas realizadas nas unidades experimentais após terem sido submetidas aos tratamentos constituem os valores da variável dependente ou variável resposta. A variável resposta, em geral, é pré-determinada pelo pesquisador, isto é ele estabelece como critério a variável a ser medida para verificação do efeito de tratamentos. O que constitui problema, às vezes, é a maneira como a variável é medida, pois disso depende a precisão das observações e a distribuição de probabilidade da variável a qual é essencial para a escolha do método de análise estatística. As variáveis presentes em um experimento são as dependentes ou resposta ou aleatórias, medidas nas unidades experimentais e as independentes ou explanatórias que constituem o conjunto de fatores de tratamentos utilizados no



XXII Congresso Brasileiro de

**Fruticultura**

Bento Gonçalves - RS

22 a 26 de outubro de 2012

experimento. Qualquer outra variável que possa influir nos valores das variáveis resposta deve ser mantida constante. Num experimento tem-se variáveis que representam observações primárias que medem diretamente efeito de tratamentos, primárias substitutivas, substitutas das primárias porque são de mais fácil obtenção e apresentam alta correlação com as primárias e auxiliares, suplementares ou concomitantes que medem efeitos de outros fatores que não são de tratamentos e nem foram controlados pelo delineamento experimental e que servem para ajustar os dados pela análise de covariância.

### **Regras para atribuição dos tratamentos às unidades experimentais – a escolha do delineamento experimental**

Trata-se do planejamento estatístico do experimento propriamente dito, de regras que associam às unidades experimentais e que determinam os diferentes delineamentos experimentais. Um planejamento experimental é composto de duas estruturas básicas: estrutura de tratamentos, que constitui o delineamento de tratamentos, que consiste em determinar os fatores e seus respectivos níveis e sua forma de organização; estrutura de unidades, que constitui o delineamento experimental, que consiste na forma de atribuição dos tratamentos às unidades experimentais, levando-se em conta o agrupamento de unidades experimentais, restrição na aleatorização ou não. A inclusão ou a não dos fatores de restrição é uma das premissas básicas do planejamento de experimentos. Levando-se em conta a estrutura de unidades experimentais e de tratamentos, tem-se os diferentes delineamentos experimentais, cuja classificação encontra-se na Tabela 1.

**Tabela 1** - Classificação dos principais delineamentos experimentais

<b>Unidades Experimentais</b>	<b>Blocos</b>	<b>Unifatorial</b>	<b>Fatorial</b>
Sem agrupamento	Completos Incompletos	Completamente Casualizado	Completamente Casualizado
Um agrupamento		Blocos Casualizados	Blocos Casualizados
		Blocos Incompletos Balanceados	Confundimento
		Blocos Incompletos Parcialmente Balanceados	Repetição Fracionada
		Reticulados(Lattices)	Parcela Subdividida
Dois agrupamentos	Completos	Quadrado Latino	Quadrado Latino



XXII Congresso Brasileiro de

**Fruticultura**

Bento Gonçalves - RS

22 a 26 de outubro de 2012

---

	Incompletos	Quadrado de Youden	Quadrado Quase-Latino
		Quadrado Reticulado	
Três agrupamentos	Completos	Quadrado Greco-Latino	

---

### Determinação do número de repetições

A identificação de um número adequado de repetições é importante no planejamento de um experimento, pois com poucas repetições pode-se não descobrir diferenças importantes e com muitas repetições pode ocorrer desperdício. Portanto deve-se ter um número suficiente de repetições para detectar como significativa a diferença no efeito de tratamentos, se ela existir. Para se determinar algebricamente o número de repetições necessita-se: estimativa de variabilidade, expressa através do coeficiente de variação (CV); tamanho da diferença entre médias a ser detectada como significativa ou tamanho do efeito ( $\delta$ ), expressa como % da média geral; nível de significância ( $\alpha$ ) do teste de hipótese e se é unilateral ou bilateral ; segurança com que se deseja detectar a diferença (poder do teste,  $P = 1 - \beta$ ). Quando se dispõe destas informações pode-se estimar o número de repetições  $r$ , utilizando-se, por exemplo, a expressão

$$r \geq \frac{2CV^2(t_0 + t_1)^2}{\delta^2}$$
 devida a Cochran e Cox (1957). Quando não se dispõe das informações que

possibilite uma aproximação algébrica para o número de repetições, pode-se utilizar algumas regras empíricas para a determinação do número de repetições. Pimentel Gomes(2009) sugere que os experimentos deveriam ter no mínimo 20 parcelas e que GL erro experimental  $\geq 10$ . Steel et al.(1977) sugerem que o número de repetições deve ser tal que GL erro experimental  $\geq 20$ .

### O procedimento de análise estatística dos resultados

O método mais comum de análise de dados provenientes de experimentos é a análise de variância univariada. A análise de variância (anova) decompõe a variação total entre as unidades experimentais, em três grupos de causas ou fontes de variação, a variação relacionada com os tratamentos, a variação relacionada com causas controladas pelo delineamento experimental e variação relacionada com o erro experimental. A anova, em geral, necessita de técnicas de complementação, que



XXII Congresso Brasileiro de

**Fruticultura**

Bento Gonçalves - RS

22 a 26 de outubro de 2012

são classificadas em três categorias: ajustamento de funções de resposta através de técnicas de análise de regressão, indicada para fatores quantitativos; contrastes ortogonais que pode ser aplicada para fatores quantitativos e qualitativos que permitem estruturação, mas é aconselhada somente para fatores qualitativos que permitem estruturação e procedimentos de comparações múltiplas de médias que pode ser aplicada para fatores quantitativos e qualitativos que permitem ou que não permitem estruturação, mas é indicada somente para fatores qualitativos que não permitem estruturação.

### **Evolução no planejamento e análise de experimentos**

Conforme Box et.al.(1978) as técnicas estatísticas sofrem, uma seleção natural, sobrevivendo aquelas mais eficientes na solução de questões levantadas por problemas aplicados. O desenvolvimento de um programa experimental envolve mais do que adequados delineamentos e técnicas de análise de dados. Estatísticos e pesquisadores devem tirar vantagem da combinação de suas habilidades, na busca harmoniosa de soluções cada vez mais eficientes e robustas para os problemas de investigação. As ferramentas estatísticas encontram-se em constante evolução tanto no planejamento quanto na análise de experimentos. A adoção de planejamentos especiais que reduzem substancialmente o número de tratamentos, tais como os delineamentos compostos, são práticas frequentes no planejamento de tratamentos. A adoção de métodos eficientes para a determinação do tamanho da parcela, a adoção da variabilidade espacial incorporada ao delineamento experimental e utilização de delineamentos amostrais complexos na avaliação de efeitos e da análise de covariância na análise de resultados tem se tornado práticas comuns na experimentação.

A utilização da anova adicionada da indicada técnica de complementação, como procedimento de análise estatística dos resultados experimentais, subentende que somente uma variável resposta tenha sido mensurada para avaliar os efeitos de tratamentos e que os dados contemplam as suposições da anova, o que nem sempre se verifica. Em primeiro lugar a variável resposta avaliada pode não ser numérica quantitativa, tipo produção, mas numérica de contagem, como número de frutos; ou qualitativa ou categórica, representando classificações em categorias nominais ou ordinais, tais como, frutos bichados e não bichados; grau de infestação leve, moderado e alto. Frequentemente variáveis de contagem e/ou categóricas apresentam variâncias heterogêneas e falta de aderência a normalidade,



XXII Congresso Brasileiro de

**Fruticultura**

Bento Gonçalves - RS

22 a 26 de outubro de 2012

exigindo sempre um rigor no diagnóstico de adequabilidade que justifique a adoção de uma anova padrão. Caso contrário deve-se adotar métodos especiais de análise, tais como a anova ponderada, a técnica de transformação de dados, a análise estatística não-paramétrica e a análise via modelos lineares generalizados. Em segundo lugar é muito raro mensurar somente uma variável resposta na unidade de observação para avaliar o efeito de tratamentos. Em geral, variáveis resposta diferentes são medidas simultaneamente nas mesmas unidades experimentais, produzindo o que se entende por observações simultâneas. Da mesma forma muitas vezes a mesma variável é medida repetidamente na mesma unidade experimental constituindo o que se entende por medidas repetidas ou mais especificamente por dados longitudinais, quando as observações são coletadas ao longo do tempo ou distância. Não pouco frequente se depara com as duas situações simultaneamente, coletando-se medidas repetidas ou dados longitudinais de observações simultâneas. Procedendo-se, como é usual, anovas univariadas para cada variável resposta, tem-se duas consequências imediatas: imperfeição conceitual do modelo de análise, produzindo-se testes independentes quando não são o que acarreta na não validade dos resultados; ineficiência, perda de acuracidade e robustez na análise por não contemplar de forma completa a informação disponível. Em casos desta natureza deve-se contemplar métodos de análise multivariada para observações simultâneas, métodos adequados para a análise de medidas repetidas, que contemplam dentre outros, modelos mistos, e análise de medidas repetidas para observações simultâneas. Em terceiro lugar não é tão incomum se deparar com estrutura de observações simultâneas e/ou medidas repetidas para variáveis resposta de contagem e/ou categóricas. Esses casos requerem métodos especiais de análise, tais como o uso de transformação de dados, a análise estatística não-paramétrica e análise via modelos lineares generalizados e em especial os modelos mistos generalizados.

## REFERÊNCIAS

- BOX, G.E.P.; HUNTER, W.G. & HUNTER, J.S. **Statistics for Experimenters**. New York: John Wiley, 1978.
- COCHRAN, W. G. & COX, G. M. **Experimental Designs**. 2ªed. New York: John Wiley, 1957.
- MARKUS, R. **Elementos de Estatística Aplicada**. Porto Alegre: Diretório Acadêmico Leopoldo Cortês, Faculdade de Agronomia/UFRGS, 1973.



XXII Congresso Brasileiro de

**Fruticultura**

Bento Gonçalves - RS

22 a 26 de outubro de 2012

---

MONTGOMERY, D. C. **Design and Analysis of Experiments**. 6ª ed. New York:John Wiley, 2005.

PEARCE, S.C. **Field Experimentation with Fruit Trees and other Perennial Plants**. 2ªed. Kent:Commonwealth Agricultural Bureaux, 1976.

PERES, C.A. & SALDIVA, C.D. **Planejamento de experimentos**. 5º Simpósio Nacional de Probabilidade e Estatística. São Paulo: 1982.

PIMENTEL GOMES, F. **Curso de Estatística Experimental**. 15ªed. Piracicaba: FEALQ, 2009.

STEEL, R. G.; TORRIE, J. H. & DICKEY, D. A.,. **Principles and Procedures or Statistical A Biometrical approach**. New York:Mcgraw-Hill, 1997.