

# EXPERIÊNCIAS DE ROTAÇÃO

W. L. STEVENS

*Professor na Faculdade de Ciências Econômicas e Administrativas da Universidade de São Paulo e consultor da Secção de Técnica Experimental e Cálculo do Instituto Agrônomico de Campinas*

## 1 - PRINCÍPIOS GERAIS

Se compararmos o problema de planejar uma experiência de rotação, com o de planejar uma experiência de um só ano, teremos que notar os três fatos seguintes :

a) A experiência de rotação custará, em tempo e em dinheiro, muito mais do que uma experiência de um só ano.

b) Embora a literatura esteja cheia de teoria e de descrições e análises de experiências de um só ano, dificilmente encontraremos matéria útil para quem queira planejar uma experiência de rotação. A explicação é simples : na Inglaterra e nos países de agricultura antiga, as rotações principais já tinham sido estabelecidas, empíricamente, antes da era de experimentação científica. Nos países atrasados, ainda não se começou a pensar em experiências de rotação. É somente no Brasil, e nos países num estado comparável de desenvolvimento agrônomico, que existe a preocupação com as experiências de rotação.

c) Pelas razões que aparecerão mais tarde, os delineamentos desenvolvidos para a experimentação com culturas anuais geralmente não servem para experiências de rotação de culturas.

Por essas e outras razões, a responsabilidade de quem planeja uma experiência de rotação é muito grande. As regras gerais de experimentação se aplicam com maior intensidade às experiências de rotação. Entre essas regras, apontemos apenas as seguintes :

a) **O plano experimental, uma vez aprovado, não deve ser alterado de modo algum, sem serem consultadas a pessoa responsável pelo delineamento e as outras pessoas interessadas na experiência.**

b) A experiência somente deve ser planejada depois de um estudo dos resultados de experiências semelhantes já completadas.

c) É inteira e absolutamente inútil fazer uma experiência com uma cultura que não dê boa colheita na localidade escolhida para a experiência.

Existe ainda uma outra regra que se deve seguir sempre numa experiência de rotação, embora seja verdadeira apenas em princípio (e não na prática) numa experiência de um só ano. A variação da fertilidade no campo experimental deveria ser estudada através de um ensaio de uniformidade

(ensaio em branco). É verdade que, se isso fôsse feito numa experiência de cultura anual, os resultados seriam sempre mais precisos. Mas, num ensaio com uma cultura anual, o aumento em precisão não justificaria, usualmente, o trabalho adicional e a demora de um ano na obtenção dos resultados. O caso é outro numa experiência de rotação. A experiência deve durar muitos anos. O trabalho do ensaio em branco e a demora de um ano são considerações de muito menos importância numa experiência de rotação do que numa experiência com cultura anual. Disso concluímos que uma experiência de rotação deveria começar sempre com um ensaio de uniformidade.

Não é, contudo, usualmente necessário realizar um ensaio formal de uniformidade, delimitando a área disponível para a experiência em canteiros pequenos cuja produção será colhida e pesada separadamente. Se o campo escolhido para a experiência já estivesse com uma cultura uniforme, uma experiência eficiente e econômica poderia ser planejada pela simples inspeção do campo antes da colheita ou quando a cultura tivesse atingido a metade ou os três quartos de seu desenvolvimento.

Por exemplo, para planejar uma experiência de rotação na estação experimental do Instituto Agrônomo, em Tatuí, o milho, na faixa disponível para a experiência, foi examinado algumas semanas antes da maturação. As "manchas" (áreas ruins) eram bem visíveis. Quatro quadrados de aproximadamente 50 m  $\times$  50 m foram delimitados de modo que se evitassem as manchas. Como eram necessários oito blocos para essa experiência, foi suficiente dividir cada quadrado em dois, seja por uma linha horizontal (paralela à faixa) ou por uma linha vertical (perpendicular à faixa).

A divisão de cada quadrado foi decidida a partir dos dados de um ensaio em branco feito somente em cada um dos quatro quadrados escolhidos. Os dados do ensaio em branco mostraram que os quadrados 1.º, 2.º e 3.º, (partindo do caminho), deveriam ser divididos em dois blocos por uma linha paralela à faixa, ao passo que o quarto bloco deveria ser dividido por uma linha perpendicular à faixa. Provavelmente, a mesma conclusão teria sido atingida, depois de uma simples inspeção das plantas antes da colheita (1).

Resta, finalmente, a questão do tamanho do canteiro. Teoricamente, quanto menor o tamanho do canteiro, tanto mais precisa será a experiência. Um limite inferior do tamanho do canteiro é, contudo, fixado pelo "efeito de bordadura", isto é, pela influência de um canteiro sobre os quatro canteiros contíguos. Por exemplo, num ensaio de variedade, as plantas exteriores do canteiro vão concorrer com as plantas exteriores dos quatro canteiros contíguos. Igualmente, num ensaio de adubação, os adubos lançados num canteiro podem "migrar" para os canteiros vizinhos. Para eliminar esse "efeito de bordadura", é usual cortar e não aproveitar as fileiras marginais e as cabeceiras de cada fileira. Esse procedimento implica em que, numa experiência com canteiros pequenos, uma área excessivamente grande tem que ser desprezada. Mesmo nas experiências com culturas anuais, existe uma tendência para usar canteiros pequenos demais.

(1) Usualmente, não se justificaria usar os dados do ensaio em branco para fazer uma análise de covariância. A produção, estimada a olho ou determinada por meio dum ensaio de uniformidade, deveria ser usada apenas para localizar os blocos no campo.

Ora, numa experiência de rotação, o “efeito de bordadura” é muito maior do que numa experiência com cultura anual. Em 10 anos (suponhamos), muito mais solo, adubo ou, em uma só palavra, muito mais “tratamento” será transferido de um canteiro para os canteiros vizinhos do que numa experiência de um só ano. Isso significa que os canteiros, numa experiência de rotação, deveriam ser bem maiores do que os de uma experiência de um só ano. Como regra geral, os canteiros de uma experiência de rotação não deveriam ser menores do que  $10 \times 10$  metros.

## 2 - RESPONSABILIDADES DO ESTATÍSTICO

O uso de um delineamento defeituoso conduz sempre à primeira e, usualmente, à segunda das consequências seguintes :

- a) Os resultados serão obtidos com menor precisão.
- b) A análise estatística será dificultada.

Tratando-se apenas de um pequeno engano — tal como o uso de blocos compridos e estreitos, em vez de compactos, num delineamento em blocos ao acaso — a análise estatística não se modifica ; teremos somente que aceitar uma perda de precisão.

Por outro lado, quando o delineamento apresenta defeitos sérios — tais como falta de ortogonalidade ou lacunas no esquema fatorial — a análise estatística pode-se tornar um problema de grande complexidade. Não será somente uma questão do trabalho de cálculo : a própria teoria relativa ao método de análise tem que ser desenvolvida desde o início. O trabalho de Yates (4), relativo à análise de uma experiência de rotação, aponta, enfaticamente, a verdade dessas observações. Outras ilustrações serão encontradas em trabalhos de Stevens (1 e 2).

O fato de a precisão dos resultados e a complexidade da análise estatística dependerem do delineamento da experiência, explica o motivo por que o estatístico tem que colaborar no estágio de planejamento, e a razão também pela qual êle pode recusar-se a analisar os resultados de uma experiência feita com um delineamento seriamente defeituoso. Em geral, no caso de uma experiência defeituosa de um só ano, é mais econômico fazer nova experiência do que tentar extrair tôda a informação contida nos dados atuais.

Por duas razões, a situação é diferente quando se trata de uma experiência antiga de rotação ou de longo prazo :

- a) Quando foi montada a experiência não havia um estatístico disponível para colaborar no planejamento.
- b) Muito tempo e dinheiro já foram gastos na experiência, obrigando assim o estatístico a fazer todo o possível para extrair dos resultados tôda e qualquer informação de interesse.

Isso explica a razão por que pode acontecer que o mesmo estatístico, que se mostrou pouco disposto a analisar uma experiência defeituosa de um só ano, se encarregará com a máxima boa vontade, da análise dos resultados de uma experiência defeituosa de longo prazo.

### 3 - TÊRMOUS USADOS NAS EXPERIÊNCIAS DE ROTAÇÃO

Existe uma tendência, especialmente entre pesquisadores que nunca tiveram experiência prática de cultura em rotação numa fazenda, em pensar numa rotação como sendo meramente uma sequência periódica de culturas, tal como,

Ano .....	1950	51	52	53	54	55	56	57	58
Cultura .....	A	B	C	D	A	B	C	D	A

A rotação de cultura é isso e é muito mais do que isso. Como deveria ser sugerido pelo próprio termo — **rotação** ou seja **giração** — as culturas seguem uma rotação espacial na fazenda além da permutação periódica no curso de tempo. O terreno da fazenda é dividido em quatro campos aproximadamente iguais, que são semeados todos os anos com **tôdas as culturas**, de modo que o esquema de culturas gira como uma roda (figura 1).

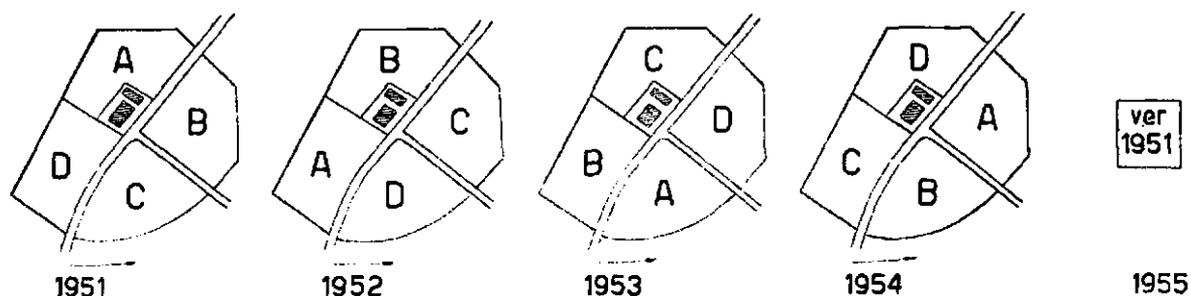


FIGURA 1.—Mapa duma fazenda cultivada com uma rotação de quatro anos.

É bem possível que um defeito muito comum em experiências de rotação (que mencionaremos oportunamente) seja atribuível à falta desses conhecimentos práticos por parte do pesquisador.

Para simplificar a explicação, vamos restringir-nos à classe mais comum de rotações, onde a unidade de tempo é de um só ano, deixando de lado, por exemplo, rotações de horticultura, onde as culturas podem ser substituídas duas ou três vezes por ano.

O **período** da rotação é o tempo que decorre para que todos os campos voltem a ser plantados com a mesma cultura. A rotação ABCD, A . . . , por exemplo, tem um período de quatro anos.

A **fase** de rotação é simplesmente a indicação, por um número, do estágio da rotação. O número de fases é necessariamente igual ao período da rotação em anos. A escolha do estágio para ser designado como Fase 1 é inteiramente arbitrária mas, uma vez designada a primeira fase, os outros estágios têm que ser designados Fase 2, Fase 3, etc., em ordem de tempo até que se atinja novamente a Fase 1. Na rotação de quatro anos, ABCD, A . . . , designando A como Fase 1, então B, C e D serão necessariamente designados como Fases 2, 3 e 4, respectivamente.

Nota-se que o número de fases pode ser maior do que o número de culturas. Consideremos, por exemplo, a rotação de três anos

L M M, L M M, L . . . (L = leguminosa, M = milho).

Tem somente duas culturas, mas três fases. Podemos distinguir entre milho do primeiro e do segundo ano, depois da leguminosa.

A mesma coisa acontece com uma cultura que permanece na terra mais de um ano, como, por exemplo, cana de açúcar. A rotação LCCC, LCCC, L . . . , onde CCC representa cana permanecendo três anos na terra, é uma rotação de quatro fases, mas somente de duas culturas, sendo possível distinguir entre os cortes do primeiro, segundo e terceiro ano, respectivamente, da cana de açúcar.

Para economia de linguagem, a frase "rotação de um só ano" pode ser usada como sinônima de cultura contínua.

Na discussão que se segue, as letras maiúsculas podem representar quaisquer culturas, mas, sendo mais fácil pensar em exemplos concretos, será permitido dar às letras as interpretações seguintes :

A = algodão      C = cana      L = leguminosa  
 M = milho      P = amendoim      R = arroz

#### 4 - PRINCÍPIOS DE PLANEJAMENTO

A primeira regra a ser estabelecida no planejamento de uma experiência de rotação resulta da aplicação dum princípio geral que se obtém igualmente nas experiências de culturas anuais. É impossível tirar conclusões de valor duma experiência, por mais precisa que ela seja, quando tiver sido conduzida num só lugar, e em um só ano. Para estabelecer, digamos, a superioridade de uma nova linhagem de algodão, é necessário fazer experiências em diversas localidades e repeti-las durante alguns anos. A repetição em anos diferentes é essencial porque o comportamento de uma variedade, em comparação com outra, varia muito de um ano para outro, segundo as condições meteorológicas.

Ora, numa experiência de rotação, iniciada com uma só fase, cada cultura será afetada, no decurso de tempo, por condições diferentes através dos anos. Consideremos, por exemplo, a rotação de quatro anos MLAR, M...

Ano .....	1951	2	3	4	5	6	7	8	9	60	1	2	3	4	5	...
Cultura .....	M	L	A	R	M	L	A	R	M	L	A	R	M	L	A	...

Começando em 1951 e desprezando os primeiros três anos necessários para estabelecer a rotação, obteremos dados referentes a três anos de R, de M, de L e de A em 1962, 1963, 1964 e 1965, respectivamente.

Como poderemos evitar essa grande demora? A resposta é óbvia : **Tôdas as fases da rotação devem aparecer todos os anos.**

Teremos assim quatro séries de canteiros, respectivamente :

Ano .....	1951	2	3	4	5	6	...
Série I .....	M	L	A	R	M	L	...
Série II .....	L	A	R	M	L	A	...
Série III .....	A	R	M	L	A	R	...
Série IV .....	R	M	L	A	R	M	...

Dêsse modo, teremos que esperar do ano de 1951 até 1956, para obter dados de produção de três anos para tôdas as culturas.

Notamos que essa regra, tão frequentemente desprezada pelo pesquisador, nada mais é do que uma descrição da prática normal do fazendeiro.

Em certas circunstâncias, quando o número de fases é grande, podemos, contudo, adotar uma regra menos rigorosa. Um bom exemplo é fornecido por uma rotação que vai ser experimentada em certas estações experimentais do Estado de São Paulo. A rotação é de 6 anos :

Fase .....	1	2	3	4	5	6
Cultura .....	A	L	M	A	L	R

(onde A = algodão, M = milho, R = arroz e L = 13 variedades de descanso — leguminosa, adubos verdes, etc.).

Uma aplicação rigorosa da regra implicaria a necessidade de seis séries de canteiros. Na realidade, uma experiência muito útil poderia ser feita com as três séries, que começam respectivamente nas fases 1, 3 e 5. Assim teríamos :

Ano .....	1951	2	3	4	5	6	7	8	...
Série I .....	A	L	M	A	L	R	A	L	...
Série II .....	M	A	L	R	A	L	M	A	...
Série III .....	L	R	A	L	M	A	L	R	...

Notamos que teremos resultados, em todos os anos, para o algodão (que econômicamente é a cultura mais importante), ao passo que os resultados para o milho e o arroz nos chegarão à mão somente de dois em dois anos.

## 5 - COMPARAÇÕES POSSÍVEIS

Passemos a considerar dois princípios fundamentais que têm grande influência no planejamento de experiências de rotação, a saber :

- Não é possível comparar as produções de duas culturas diferentes.
- Não adianta comparar as produções da mesma cultura em anos diferentes.

Muitas são as tentativas para escapar do primeiro princípio. Um método usual é o de exprimir as produções em termos do valor em dinheiro. A falha dêsse procedimento vem do fato de os valores relativos das diversas culturas mudarem de ano para ano. As conclusões baseadas em termos de dinheiro terão assim um caráter puramente efêmero. Aliás, mesmo se o pesquisador quisesse fazer uma análise em termos econômicos, não seria suficiente tratar somente do valor do produto. Teria êle também de se encarregar de uma contabilidade do custo (*cost accounting*) de todo o processo de produção. Francamente, não dispomos das informações necessárias para isso. A idéia de fugir do primeiro princípio, convertendo produções de culturas diferentes para os seus valores em cruzeiros, é uma ilusão.

Igualmente ilusória é a idéia de exprimir a produção de culturas diferentes como percentagens da "produção média". O fazendeiro tem que vender arrôbas de algodão e sacas de arroz — não percentagens.

A proibição contra a comparação das produções da mesma cultura em anos diferentes é menos fundamental e mais de natureza prática. Poderíamos, de fato, comparar a colheita do milho em 1955 da rotação 1 com a colheita do milho em 1956 da rotação 2. A dificuldade é que as variações de produção, de qualquer cultura, de ano para ano, são enormes — muitíssimo maiores do que a variação da colheita da mesma cultura de um canteiro para outra no mesmo ano. Uma comparação do milho de 1955 com o milho de 1956 poderia ser feita, mas o erro-padrão da diferença seria tão grande que o resultado não teria o mínimo valor.

Os dois princípios enunciados acima podem ser juntados num só: **As únicas comparações permissíveis são as dentro da mesma cultura no mesmo ano.**

## 6 - UM ENGANO A SER EVITADO

*"A little learning is dangerous thing ;  
Drink deep, or taste not the Pierian spring."* (1)

Para ilustrar a natureza da armadilha preparada para quem quiser viajar na **terra incógnita** de experiências de rotações, vamos tentar planejar uma pequena experiência com amendoim (P) e milho (M). O pesquisador (vamos supor) está interessado na rotação de três anos, PPM, P... e quer comparar, tanto o amendoim em rotação com o amendoim contínuo, como o milho em rotação com o milho contínuo. Consciente da regra das fases, ele reconhece que a experiência deveria incluir cinco espécies de canteiros, a saber :

- (1) P P P, P ... (amendoim contínuo)  
 (2) M M M, M ... (milho contínuo)  
 (3) P P M, P ... }  
 (4) P M P, P ... } (rotação de três anos nas três fases)  
 (5) M P P, M ... }

Nada mais lógico que um pesquisador, bem experimentado nos delineamentos desenvolvidos para culturas anuais, venha a optar por um quadrado latino 5 × 5. O delineamento será tipicamente :

1	5	4	2	3
5	4	3	1	2
3	1	2	4	5
2	3	1	5	4
4	2	5	3	1

(1) Alexander Pope. "An Essay on Criticism".

Vamos considerar os dados de colheita que serão disponíveis nos 1.º, 4.º, 7.º, 10.º . . . anos da experiência.

Amendoim

P <sub>1</sub>		P <sub>4</sub>		P <sub>3</sub>
	P <sub>4</sub>	P <sub>3</sub>	P <sub>1</sub>	
P <sub>3</sub>	P <sub>1</sub>		P <sub>4</sub>	
	P <sub>3</sub>	P <sub>1</sub>		P <sub>4</sub>
P <sub>4</sub>			P <sub>3</sub>	P <sub>1</sub>

Milho

	M <sub>5</sub>		M <sub>2</sub>	
M <sub>5</sub>				M <sub>2</sub>
		M <sub>2</sub>		M <sub>5</sub>
M <sub>2</sub>			M <sub>5</sub>	
	M <sub>2</sub>	M <sub>5</sub>		

Admitido o princípio de que não se pode comparar uma colheita de amendoim com uma colheita de milho, teremos que separar os dados em dois quadros. Nenhum deles é um quadrado latino. Não é impossível submeter êsses dados a uma análise estatística. Cada quadro é, de fato, um exemplo do problema do *missing treatment* (tratamento perdido) discutido por Yates (3). Não é impossível — mas é muito complicado. O uso da técnica do “tratamento perdido” só se justifica quando houve, de fato, um ou mais tratamentos perdidos. Não pode ser adotado como uma prática normal.

A análise dos dados teria sido simples, se o pesquisador tivesse escolhido um delineamento mais elementar (e talvez menos eficiente numa experiência de um só ano) — o de blocos casualizados.

Com cinco espécies de canteiros, o bloco não pode ser retangular (a menos que seja com cinco canteiros em linha). Mas é fácil delinear uma experiência com 4 ou 6 blocos. Por exemplo, com quatro repetições, teríamos, tipicamente :

Bloco I	1	4	5	1	2	Bloco II
	3	2	4	5	3	
Bloco III	5	1	3	1	5	Bloco IV
	3	2	4	4	2	

No 1.º, 4.º, 7.º, 10.º . . . anos, teremos os dados :

Amendoim					Milho				
P <sub>1</sub>	P <sub>4</sub>	.	P <sub>1</sub>	.	.	.	M <sub>5</sub>	.	M <sub>2</sub>
P <sub>3</sub>	.	P <sub>4</sub>	.	P <sub>3</sub>	.	M <sub>2</sub>	.	M <sub>5</sub>	.
.	P <sub>1</sub>	P <sub>3</sub>	P <sub>1</sub>	.	M <sub>5</sub>	.	.	.	M <sub>5</sub>
P <sub>3</sub>	.	P <sub>4</sub>	P <sub>4</sub>	.	.	M <sub>2</sub>	.	.	M <sub>2</sub>

Cada um desses dois quadros de dados pode ser considerado como se fôsse o relatório de uma experiência em blocos casualizados. O primeiro pode ser tratado como uma experiência de três tratamentos, e o segundo como uma experiência de dois tratamentos, em quatro blocos casualizados. Não teremos que nos preocupar com o problema do "tratamento perdido".

Esse estudo mostra que, como regra geral, o experimentador em rotações não pode aproveitar os delineamentos complexos desenvolvidos para os fins de experimentação anual.

Enunciada essa regra, passemos a considerar as exceções.

## 7 - CASOS EQUIVALENTES A EXPERIÊNCIAS ANUAIS

Existem dois tipos de experiências de rotação, em que podemos usar os métodos desenvolvidos para culturas anuais.

a) O primeiro não é uma experiência de rotação propriamente dita. É meramente uma experiência de adubação, ou outro tratamento, aplicado a uma rotação fixa. Por exemplo, vamos pensar na rotação de quatro anos. LCCC, L . . . onde L = mucuna, CCC = três anos de cana. Vamos supor que estamos interessados nos tratamentos :

- c = cal aplicada à mucuna
- n = azoto aplicado à cana no 1.º ano
- e = época de plantio da cana

Existem 8 ( $=2^3$ ) combinações dos três fatores (havendo dois níveis de cada fator). Incluindo as quatro séries que começam respectivamente nas quatro fases da rotação, teremos  $8 \times 4 = 32$  tipos de canteiros. Não é, contudo, necessário incluir todos os tipos no mesmo bloco, **porque não teremos que comparar cana com mucuna, nem cana do 1.º, 2.º e 3.º anos.** Aproveitamos esse fato para reduzir o bloco de 32 para 8 canteiros, aumentando assim a precisão das comparações legítimas.

Teremos quatro séries de **blocos** de 8 canteiros, estando todos os canteiros de um mesmo bloco na mesma cultura, no mesmo ano. (Além do aumento de precisão, notamos que êsse método simplifica os tratos culturais.) Em geral, a experiência deveria incluir dois blocos de cada série.

Ora, se quisermos, poderemos aproveitar um delineamento complexo. Por exemplo, o bloco pode ser ainda reduzido de 8 para 4 canteiros pela fusão da interação de três fatores, CNE. Ou, alternativamente, podemos confundir uma das interações CN, CE e NE, em cada série. O esquema (antes da casualização dos canteiros) será o seguinte :

Série I		Série II		Série III		Série IV	
(1)	c	(1)	c	(1)	c	(1)	n
cn	n	e	ce	n	cn	c	cn
ce	e	cn	n	cn	e	ne	e
ne	cne	cne	ne	cne	ne	cne	ce
CNE		CN		CE		NE	
1951----	Mucuna	Cana (1.º)		Cana (2.º)		Cana (3.º)	
1952----	Cana (1.º)	Cana (2.º)		Cana (3.º)		Mucuna	
1953----	Cana (2.º)	Cana (3.º)		Mucuna		Cana (1.º)	
1954----	Cana (3.º)	Mucuna		Cana (1.º)		Cana (2.º)	
1955----	Mucuna	Cana (1.º)		Cana (2.º)		Cana (3.º)	
etc.							

Uma única repetição está indicada no delineamento acima. Em geral, duas repetições de cada bloco deveriam ser incluídas.

b) O outro tipo, que é parecido com o primeiro, consiste em uma experiência onde tôdas as rotações são idênticas nas culturas principais. Um exemplo já foi mencionado :

A L M A L R, A . . .

onde A = algodão, M = milho, R = arroz e L = escolha de 13 variedades de descanso — leguminosa, adubos verdes, etc.

Como 13 é um número de canteiros bastante grande para colocar num só bloco, foi sugerido um delineamento em blocos incompletos balanceados, com quatro repetições e quatro canteiros por bloco. Por enquanto, sòmente uma série foi iniciada. É essencial, mais tarde, montar pelo menos mais uma e, se possível, mais duas séries, segundo o esquema sugerido no capítulo 4. O fato de as séries não terem começado tôdas no mesmo ano não é um defeito. De fato, pode trazer uma vantagem — se houver alguns adubos verdes muito ruins, podem êsses ser substituídos nas outras séries.

Em resumo, quando se trata de uma só rotação ou de um grupo de rotações idênticas com relação às culturas principais, a experiência será

delineada como se fôsse uma experiência com culturas anuais. A única modificação é que a experiência será repetida de tal modo que tôdas as fases sejam representadas cada ano.

## 8 - ESCOLHA DE ROTAÇÕES PARA A EXPERIÊNCIA

A primeira dificuldade, que surge sempre, é a de escolher um número manejável de rotações para serem incluídas na experiência. Pela sua própria natureza, uma experiência de rotação é de interesse para diversas secções de um instituto agrônômico. Por êsse motivo, os investigadores querem introduzir as suas rotações favoritas. Chegamos, assim, a um número impossível de rotações.

Para contornar essa dificuldade, perguntaremos, primeiramente, se a experiência deveria ser dividida em duas ou mais. Se, por exemplo, um investigador estivesse interessado nas rotações construídas com o grupo de culturas A, B, C e D, ao passo que outro estivesse interessado no grupo D, E, F e G, então, não obstante a presença de D em comum, seria melhor fazer duas experiências separadas. Aliás, é improvável que o mesmo lugar seja apropriado para tôdas as sete culturas.

Como regra geral, uma experiência deveria incluir sòmente duas ou três culturas principais, sendo essas as culturas econômicamente mais importantes na região.

Uma experiência de rotação incluirá, usualmente, rotações de períodos diversos. Devemos, contudo, tomar cuidado quando estamos juntando períodos diferentes. Para que a experiência volte, em todos os canteiros, para o "ponto de partida", é necessário que decorra um número de anos igual ao mínimo múltiplo comum dos diversos períodos.

Por exemplo, se a experiência contiver rotações de 3, 4 e 5 anos, é sòmente depois de 60 anos que o ciclo ficará completo. Agora, começam as dificuldades. Deveríamos incluir na experiência tôdas as 60 fases dêsse ciclo? Isso é praticamente impossível. A alternativa é a de usar uma seleção delas. Mas, se fizermos isso, não poderemos obter o mesmo número de repetições de cada fase, de cada rotação, em cada ano. Por exemplo, começando a experiência com as 5 fases das rotações de 5 anos, teremos duas repetições de **uma** das fases das rotações de 4 anos e de **duas** das fases das rotações de 3 anos. Essa falta de equilíbrio dificulta muito a análise estatística.

É, por isso, aconselhável incluir na experiência sòmente as rotações cujos períodos pertençam a um ou outro dêstes dois grupos :

GRUPO	Período (anos)
a -----	2 e 4
b -----	2, 3 e 6

As culturas contínuas (rotações de um só ano) podem ser incluídas em qualquer um dêstes dois grupos.

Escolhido o período e as culturas de uma rotação, pode surgir a questão da ordem. Temos observado uma tendência de se tratar essa questão como se fôsse um problema matemático de permutações. O pesquisador raciocina

que, se ensaia ABCD, também deveriam ser ensaiados ABDC, ACBD, ADBC e ADCB. Na realidade, o agrônomo já tem conhecimentos suficientes para rejeitar algumas dessas sequências. Por exemplo, com as culturas L = leguminosa, A = algodão, M = milho e R = arroz, é possível que o pesquisador já saiba que é o milho a cultura indicada para seguir a leguminosa. Nesse caso, temos que considerar somente as duas sequências : LMAR e LMRA.

## 9 - EXPERIÊNCIA COM MILHO E ALGODÃO

Vamos agora planejar uma experiência de rotação com as culturas : M = milho, A = algodão e L = mucuna. Incluiremos as culturas contínuas,

(1) M M M M, M...

(2) A A A A, A...

e a rotação de dois anos

(3) M A M A, M...

Agora vem a questão da introdução da leguminosa. Em princípio, as rotações LA, L... e LM, L..., de dois anos, poderiam ser consideradas. Mas sabemos que o aumento de produção do M ou do A não pode ser suficiente para compensar o sacrifício de 50% do terreno de uma fazenda. A proporção de L nas rotações tem que ser bem menor que 50%. As rotações mais convenientes, em combinação com as rotações de dois anos, são as de quatro anos (mínimo múltiplo comum = 4). Pensamos, assim, em rotações de quatro anos com um só ano de L. Quatro rotações desse tipo podem ser derivadas das três acima :

(4) L M M M, L...

(5) L A A A, L...

(6) L A M A, L...

(7) M L M A, M...

Esse grupo de sete rotações, embora não esgote tôdas as permutações das três letras, M, A e L, representa as principais rotações que têm um significado prático.

Vamos calcular o número de tipos de canteiros. Cada rotação deve aparecer em tôdas as fases cada ano. Isso quer dizer que o número de canteiros para cada rotação é igual ao período da rotação em anos. Temos :

Rotação	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	Total
Período	1	1	2	4	4	4	4	20

O número de canteiros já é demais para ser colocado no mesmo bloco. Como poderemos reduzir o tamanho do bloco? O método pode ser considerado como uma generalização do usado no capítulo 7. Não pode ser o mesmo, porque é impossível colocar as rotações de 4 anos de tal modo que as culturas principais fiquem juntas no mesmo bloco todos os anos. De fato, nessa experiência, o único critério que pode ser usado é o de juntar no mesmo bloco os canteiros que têm L no mesmo ano.

A rotação de dois anos deveria, contudo, ser representada, pelas suas duas fases no bloco, visto que isso custa somente um canteiro adicional. Por êsse raciocínio, chegamos ao esquema seguinte :

Ano	1	2	3	4,	5 ...
(1)	M	M	M	M,	M...
(2)	A	A	A	A,	A...
(3)	M	A	M	A,	M...
(4)	A	M	A	M,	A...
(5)	L	M	M	M,	L...
(6)	L	A	A	A,	L...
(7)	L	A	M	A,	L...
(8)	L	M	A	M,	L...

Êsse é o plano para blocos da primeira série. Para a segunda série, começamos na segunda coluna e, para a terceira e quarta séries, na terceira e quarta colunas, respectivamente. Portanto, embora tenhamos cada ano tôdas as fases da rotação de quatro anos, as quatro fases estão distribuídas por quatro blocos diferentes.

Ê claro que a análise dos resultados vai complicar-se bastante, perdendo a simplicidade que caracterizava a considerada no capítulo 7. A complexidade da análise é o preço que pagamos para conseguir a redução do tamanho do bloco de 20 para 8 canteiros.

Usando duas repetições em cada série, teremos uma experiência com  $2$  (repetições)  $\times 4$  (séries)  $\times 8$  (canteiros) = 64 canteiros. Apontamos que, em geral, *dois* pode ser tomado tanto para o número máximo como para o número mínimo de repetições. Se dispuséssemos de recursos, digamos, para 128 canteiros, seria muito mais útil montar duas experiências de 64 canteiros em duas localidades diferentes. Por outro lado, se fôsse absolutamente necessário reduzir a experiência para 32 canteiros, teríamos dois remédios : ou fazer uma só repetição, ou usarmos duas repetições de somente duas séries (aquelas que começam nas colunas 1 e 3, respectivamente). Geralmente, a segunda alternativa seria preferida.

## 10 - EXPERIÊNCIA EM TATUÍ E PINDORAMA

Para ilustrar o planejamento duma experiência de rotação, num caso concreto, vamos considerar aquela que está sendo começada nas estações experimentais do Instituto Agrônômico, em Tatuí e Pindorama. As rotações principais são de algodão e milho, com mucuna ou sem ela, uma vez em quatro anos. Com respeito a essas rotações, o delineamento é aquêle que já foi descrito no capítulo anterior.

Dr. Yates, durante a sua visita a Campinas em 1951, analisou uma antiga experiência de rotação (4) e mostrou que a cultura milho-mucuna intercalada tem dado bons resultados em rotação. O delineamento final que Yates aprovou inclui, por isso, mais quatro canteiros por bloco, com as rotações seguintes, onde I = milho-mucuna intercalada :

- (9) I I I I, I ...
- (10) I A I A, I ...
- (11) A I A I, A ...
- (12) I A A A, I ...

Essa modificação é um exemplo da aplicação da regra, segundo a qual toda experiência deveria ser planejada, tendo em vista os resultados de experiências anteriores.

Com duas repetições, temos, em cada lugar, uma experiência de 8 blocos de 12 canteiros cada bloco. A delimitação dos blocos já foi descrita no capítulo 1.

Houve, porém, uma pequena modificação do delineamento, a qual pode ser aqui mencionada. Os canteiros das rotações de quatro anos, que, segundo o esquema, deviam ter estado na fase de um ano depois de L (ou I), foram mudados para trás para a fase de L (ou I). O propósito é de obter, no fim do segundo ano, mais informação acêrca do efeito do L (ou I). O preço é o de interferir um pouco na regularidade dessas rotações.

### RESUMO

Descrevemos os princípios básicos do planejamento de experiências de rotação. Apontamos a necessidade de incluir na experiência todas as fases das rotações em todos os anos. Mostramos o motivo por que, geralmente, não podem ser aproveitados os delineamentos complexos desenvolvidos para experiências de um só ano. Discutimos uma experiência de rotação com milho, algodão e mucuna.

### SUMMARY

This paper explains the principles of planning rotation experiments. It includes a description of a rotation experiment with maize, cotton and mucuna, which is now beginning at two stations in the State of São Paulo. An account of this experiment, together with a discussion of its statistical analysis, will appear elsewhere in English.

### LITERATURA CITADA

1. Stevens, W. L. Statistical analysis of a non-orthogonal trifactorial experiment. *Biometrika* 35 : 346-367. 1948.
2. Stevens, W. L. Análise estatística do ensaio de variedades de café. *Bragantia* 9 : 103-123. 1949.
3. Yates, F. Incomplete Latin squares. *J. Agr. Sci.* 26 : 301-315. 1936.
4. Yates, F. Análise de uma experiência de rotação. *Bragantia* (A publicar).