

BRAGANTIA

Boletim Técnico do Instituto Agrônomo do Estado de São Paulo

Vol. 15

Campinas, agosto de 1956

N.º 17

DELINEAMENTOS E ANÁLISES DE EXPERIMENTOS COM CAFEEIROS (*)

C. G. FRAGA JR. e A. CONAGIN, *engenheiros-agrônomos, Seção de Técnica Experimental, Instituto Agrônomo*

RESUMO

Os autores apresentam, de forma sucinta, os principais delineamentos e processos de análise estatística utilizados na experimentação com o cafeeiro no Instituto Agrônomo.

Consideram quatro grupos de experimentos: experimentos de adubação, ensaios de variedades, ensaios de progênies e outros ensaios.

No primeiro grupo discutem, além dos experimentos mais antigos com delineamentos sistemáticos, outros mais recentes, já com delineamentos casualizados. Consideram um experimento fatorial, o qual forneceu resultados conclusivos em poucos anos, indicando a conveniência de serem mudados alguns tratamentos.

No segundo, discutem uma experiência sistemática de variedades analisada por W. L. Stevens (3).

No terceiro, discutem a evolução dos delineamentos usados para a comparação de progênies e, finalmente, no quarto grupo, consideram os delineamentos para experimentos de espaçamento e outros, assim como os estudos sobre a eficiência de parcelas com tamanhos diferentes.

1 — INTRODUÇÃO

O primeiro experimento com café realizado no Instituto Agrônomo foi instalado por Dafert em 1891 e constou do plantio, lado a lado, de duas linhas com Bourbon e quatro outras com o cafeeiro comum. Para suas conclusões êle se baseou em resultados de cinco anos de produção.

Em 1894 outro experimento foi instalado para estudar adubação em terra fraca e pobre em húmus e em terra fértil e humosa. Cada um dos ensaios constou de sete linhas paralelas de cafeeiros, em que foram comparados com a testemunha (sem adubo) plantada em linhas alternadas, os três tratamentos seguintes: estêrco, adubação mineral e adubação mineral mais estêrco (1).

(*) Trabalho apresentado no III Simpósio Internacional de Biometria, realizado em Campinas, entre 4 e 10 de Julho de 1955.

Apresentamos os nossos sinceros agradecimentos às Seções de Café e Genética do Instituto Agrônomo, que nos permitiram o uso de dados, a maioria dos quais ainda não publicada. Recebido para publicação em 24 de dezembro de 1955.

2 — ENSAIOS DE ADUBAÇÃO

O estudo racional de adubação do cafeeiro no Instituto Agronômico foi iniciado em 1928-29 com o experimento instalado por Theodureto de Camargo, em Campinas. Com a aquisição, pelo Instituto, de duas estações experimentais em região cafeeira (Ribeirão Preto e Pindorama), essa experimentação com adubos foi a elas estendida. Na instalação destes experimentos foram considerados tratamentos semelhantes aos utilizados em Campinas; o delineamento dos ensaios foi, no entanto, melhorado. Estes três experimentos forneceram as primeiras informações de valor relativas à adubação do cafeeiro e deixaram entrever a necessidade de se investigar outros pontos, como por exemplo aquêles das doses, que pareciam ser insuficientes nesses ensaios. Outro ponto de interesse consistia em investigar adubações para manutenção e aumento de produção em cafèzais já formados, independentemente daquelas visando à formação de cafèzais novos. Tendo em vista êstes pontos, novos ensaios foram instalados. Também o aumento da rède de estações experimentais incluiu no esquema de experimentação com cafeeiros as fazendas de Jaú, Mococa e Monte Alegre. O número de experimentos com fertilizantes ficou assim bastante aumentado; êstes experimentos são, no entanto, todos relativamente recentes, não existindo para a maioria dêles um número de colheitas suficiente para tornar interessante uma análise cuidadosa dos resultados obtidos. Os principais dentre êstes ensaios foram considerados em seus detalhes, obedecida a ordem cronológica.

2.1 — ENSAIO DE ADUBAÇÃO EM CAMPINAS

Êste ensaio foi iniciado no ano agrícola de 1928-29 tendo sido plantado em um pasto velho de terra roxa misturada. O experimento constou de 24 tratamentos que podem ser agrupados em quatro séries: orgânica, azotada, fosfatada e potássica. Os 120 canteiros da experiência eram grandes (800 m², ou 40 × 20 m) comportando cada um 50 covas com dois pés por cova. Os tratamentos, agrupados por séries, estão transcritos nos quadros 1 e 2.

A disposição foi sistemática, os componentes das séries sendo mais ou menos agrupados e distribuídos irregularmente, o que tornou impossível a consideração de blocos compactos. A ausência de blocos e a falta de sorteio criam dificuldades para se efetuar a análise estatística dos resultados e também podem afetar os resultados, devido a confundimento do efeito de tratamentos com o do terreno.

As produções cresceram até atingir um máximo entre os 8.º e 10.º anos, mas parecem não ter estabilizado, existindo a partir dêsses anos uma tendência para decrescer. Como a experiência foi arrancada em 1944, êsse aspecto não pôde ser verificado. A partir do 4.º ano as produções passaram a ser alternadas ⁽¹⁾, razão pela qual na análise dêstes e de outros experimentos com o cafeeiro foram sempre considerados pares de anos.

(1) Chamamos de produção alternada o que normalmente sucede com o cafeeiro, após seus primeiros anos de vida: a um ano de produção elevada segue um de baixa produção.

QUADRO 1.—Ensaio de adubação do cafeeiro, em Campinas: Médias de cinco repetições por biênios, em kg de café em côco, por canteiro

Tratamentos	1931	1933	1935	1937	1939	1941	1943
	1932	1934	1936	1938	1940	1942	1944
<i>Orgânico</i>	<i>kg</i>	<i>kg</i>	<i>kg</i>	<i>kg</i>	<i>kg</i>	<i>kg</i>	<i>kg</i>
Palha de café + adub. química	90	241	303	428	417	212	306
Palha de café	60	231	292	380	368	175	267
Estêrco + adub. química	97	199	253	404	364	159	252
Estêrco	90	167	188	300	266	120	180
Adub. verde + adub. química	56	110	129	239	252	86	172
Adub. verde	35	90	94	156	211	67	117
Tankage	67	126	142	233	230	76	138
Nitrophoska "C"	60	144	172	264	233	87	161
<i>Potássio</i>							
Dose grande K ₂ O	62	160	231	382	350	141	252
Dose grande K ₂ O (MgO)	60	160	225	329	292	133	248
Dose média K ₂ O	53	142	196	306	262	85	169
Dose pequena K ₂ O	59	166	188	294	258	86	156
Dose pequena K ₂ O (MgO)	59	149	174	284	258	83	168
Sem potássio	61	144	160	201	188	52	110
<i>Fósforo</i>							
Dose grande P ₂ O ₅	60	149	187	289	255	76	149
Dose média P ₂ O ₅	50	139	177	284	259	73	166
Dose pequena P ₂ O ₅	53	130	169	267	240	81	160
Sem fósforo	35	120	148	230	210	59	130
<i>Nitrogênio</i>							
Dose grande N amon.	54	123	152	258	247	77	154
Dose grande N nítrico	53	139	167	284	256	86	169
Dose pequena N amon.	64	160	194	307	284	97	163
Dose pequena N nítrico	52	135	146	248	249	77	149
Sem nitrogênio	52	162	173	260	240	79	143
Sem adubo	32	106	101	144	139	36	86

Os tratamentos piores (sem adubo, sem azoto, sem fósforo e sem potássio) apresentaram variabilidade maior que os demais: os quatro tratamentos mais produtivos (palha de café mais adubação química, estêrco mais adubação química, palha de café e dose grande de potássio) apresentaram variabilidade bienal média, inferior à do resto da experiência. Em um mesmo tratamento essa variabilidade parece crescer com a produção, de forma que o coeficiente de variação para um tratamento permanece mais ou menos constante. As produções, a partir dos segundos e terceiros biênios, já mostravam nitidamente o efeito dos tratamentos, os melhores e os piores se destacando, resultados êsses que perduraram a partir dessa época.

Neste ensaio foi possível verificar o efeito dos adubos orgânicos aumentando a produção (palha de café e estêrco, principalmente quando complementados quimicamente); houve ainda uma reação nítida ao potássio. Êsses resultados foram confirmados em experiências posteriores, instaladas em solos afins.

QUADRO 2.—Ensaio de adubação do cafeeiro, em Campinas. Desvio padrão e Coeficiente de Variação

Tratamentos	31-32		33-34		35-36		37-38		39-40		41-42		43-44	
	σ	CV	σ	CV	σ	CV	σ	CV	σ	CV	σ	CV	σ	CV
<i>Orgânico</i>		%		%		%		%		%		%		%
Palha de café + adub. química	5	5	7	3	30	10	25	6	29	7	38	18	19	6
Palha de café	11	18	22	9	31	12	36	9	18	5	18	10	35	13
Estêrco + adub. química	15	15	39	19	47	19	60	15	43	12	36	23	42	17
Estêrco	21	24	33	19	27	14	46	15	58	22	29	24	20	11
Adub. verde + adub. química	14	26	47	43	61	47	96	40	67	26	42	49	52	30
Adubação verde	9	26	20	23	29	30	24	15	34	16	28	42	27	23
Tankage	14	20	40	31	42	30	44	19	52	23	26	34	35	25
Nitrophoska "C"	10	16	31	22	52	30	62	23	51	22	26	29	47	29
<i>Potássio</i>														
Dose grande K ₂ O	8	12	33	21	31	13	57	15	51	14	45	32	23	9
Dose grande K ₂ O (MgO)	13	22	27	17	49	22	30	9	27	9	17	12	29	12
Dose média K ₂ O	5	9	34	24	30	15	43	14	44	17	24	28	40	24
Dose pequena K ₂ O	11	19	27	16	28	15	55	19	39	15	20	23	21	13
Dose pequena K ₂ O (MgO)	8	13	30	20	47	27	32	11	34	13	19	22	24	14
Sem potássio	18	61	38	26	70	44	92	45	81	43	29	54	47	43
<i>Fósforo</i>														
Dose grande P ₂ O ₅	10	16	43	29	65	34	49	17	33	13	10	12	16	11
Dose média P ₂ O ₅	5	9	26	19	26	15	40	14	43	16	30	41	30	18
Dose pequena P ₂ O ₅	9	16	29	23	35	21	47	18	27	11	14	17	30	19
Sem fósforo	12	34	55	46	59	40	87	38	97	46	52	88	75	57
<i>Nitrogênio</i>														
Dose grande N amon.	7	14	34	27	50	33	29	11	40	16	29	37	11	7
Dose grande N nítrico	7	13	25	18	45	27	43	15	34	13	27	31	36	21
Dose pequena N amon.	9	14	36	23	62	32	64	21	46	16	26	28	22	14
Dose pequena N nítrico	8	15	52	39	57	39	49	20	42	17	26	34	29	19
Sem nitrogênio	17	33	67	41	75	43	67	26	50	21	29	37	36	25
Sem adubo	14	44	43	40	45	45	76	53	76	54	26	72	54	63

2.2 — ENSAIOS DE ADUBAÇÃO DE RIBEIRÃO PRÊTO E PINDORAMA

Os estudos referentes à adubação foram em seguida estendidos às estações experimentais de Ribeirão Preto (terra roxa legítima) e Pindorama (terra arenosa). Nestas experiências, muito mais recentes (1935), as adubações foram agrupadas em cinco séries: orgânica mais mineral, orgânica, fosfatada, azotada e potássica. Todas elas eram formadas por cinco tratamentos com cinco repetições, em quadrado latino. Dos cinco tratamentos de cada série, um deles, o controle, sem adubo, era comum a todas as séries. Nas séries de adubos químicos os quatro tratamentos restantes eram constituídos por fórmulas combinando quatro níveis de um dos adubos a níveis fixos dos dois outros. Na série orgânica foram estudados três adubos orgânicos. A distância foi de 3,50 × 3,50 m e os canteiros compostos de 25 covas.

O ensaio de Ribeirão Preto, devido ao uso de dosagens pouco elevadas dos adubos químicos, à morte de numerosas plantas e à pouca produção, foi mais tarde substituído por outro. As produções do ensaio de Pindorama

durante seis biênios não indicam a tendência usual de crescimento de produção e, mesmo em alguns tratamentos, como nos sem adubo, talvez tenha havido um decréscimo. Uma parte dêste ensaio foi arrancada há alguns anos, a parte correspondente às adubações químicas existindo até hoje. Outro característico dêste ensaio, que é semelhante ao apresentado no Ensaio de Adubação de Campinas, refere-se à variabilidade. Esta é maior nos biênios de grande produção (série orgânica mais adubos minerais, quadros 3, 4 e 5).

QUADRO 3.—Ensaio de adubação do cafeeiro em Pindorama. Produções bienais e totais, da série orgânica + adubação química, em quilogramas de café em côco. por caneteiro

Tratamentos	39-40	41-42	43-44	45-46	47-48	49-50	Totais
	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg
1. Estêrco + adub. química	438	709	295	674	686	286	3088
2. Palha + adub. química	389	596	273	620	675	296	2849
3. Adub. verde + adub. química	474	601	342	579	631	253	2880
4. Adubação química	367	736	263	540	529	259	2694
5. Sem adubo	338	636	243	466	375	165	2223

D.m.s. = 289

QUADRO 4.—Ensaio de adubação do cafeeiro em Pindorama. Análises estatísticas por biênios da série orgânica + adubação química (Quadrados médios)

Fonte de Variação	G.L.	39-40	41-42	43-44	45-46	47-48	49-50
E. colunas	4	45	305	177**	544**	827**	285
E. linhas	4	316*	1915**	249**	1078**	437	495*
E. tratamentos	4	595**	813	286**	1247**	3377**	538**
Erro	12	63	305	21	69	148	97
Coef. de Variação		10	13	8	7	10	19

QUADRO 5.—Ensaio de adubação do cafeeiro, em Pindorama. Análise estatística

Fonte de Variação	Soma de Quadrados	G.L.	Quadrados Médios
Total	206.393,79	149	
Entre tratamentos	14.070,93	4	3.517,73
Entre linhas	12.967,90	4	3.241,22
Entre colunas	4.423,28	4	1.105,82
Erro (a)	3.518,90	12	293,24
Entre biênios	143.835,81	5	28.767,16
Interação trat. x biênios	13.353,91	20	667,69
B x colunas	4.308,76	20	215,44
B x linhas	4.997,01	20	249,85
Erro (b)	4.917,30	60	81,95

O quadro 3 inclui produções totais por biênios, dos vários tratamentos, e o quadro 4, a respectiva análise da variância e os coeficientes de variação. Nota-se uma certa estabilidade dêstes, o que indicaria, talvez, a conveniência de uma transformação dos dados.

O quadro 5 contém a análise conjunta das produções dos seis biênios. Além dos tratamentos diferirem significativamente, também houve diferenças entre os biênios e a interação biênios x tratamentos foi significativa. Foi feito o estudo desta interação decompondo a segunda parte da análise, calculando-se a função $5X_1 + 3X_2 + 1X_3 - 1X_4 - 3X_5 - 5X_6$ onde $X_1, X_2, X_3, \dots, X_6$ são as produções dos canteiros por biênios, respectivamente. Os resultados obtidos na análise da variância são os apresentados no quadro 6 e permitem concluir que só o tratamento palha de café mais adubação química está mantendo a fertilidade.

QUADRO 6.—Ensaio de adubação do cafeeiro em Pindorama. Análise da variância do componente linear (tendência)

Fonte de Variação	Soma de quadrados	G.L.	Quadrados médios	F
Totais	957.700	25		
C. Linear (correção)	468.431	1	468.431	7,20
C. Linear x Linhas	68.730	4	17.182	3,31*
C. Linear x Colunas	98.247	4	24.562	4,73*
C. Linear x Tratamentos	260.081	4	65.020	12,54**
Erro	62.211	12	5.184	

Totais : $T_1 = 450,2$ $T_2 = -118,6$ $T_3 = 780,7$ $T_4 = 882,2$ $T_5 = 1.427,6$

Para colocar os resultados na mesma base da análise total é necessário dividir as somas de quadrados por 70.

Quanto à análise da produção total, os tratamentos contendo adubação orgânica complementada quimicamente não deferiram entre si, mas foram superiores aos tratamentos com adubação mineral e ao sem adubo. A produção deste último é inferior à de qualquer um dos outros tratamentos. A comparação entre séries pode ser feita por intermédio dos tratamentos sem adubo. Houve homogeneidade de variância para as produções totais das diferentes séries.

2.3 — ENSAIO DE ADUBAÇÃO NPKE

Tendo em vista o fracasso do ensaio anterior em Ribeirão Preto, foi êle substituído em 1948 por um novo experimento, o qual também foi repetido em Mococa. Os tratamentos **n**, **p**, **k** e **e** (estêrco), constituíram um fatorial 2^4 com delineamento em quadrado quase-latino 8×8 , com quatro repetições e fusão total da interação NPKE nas colunas e $1/4$ das interações NPK, NPE, PKE e NKE nas linhas. Os canteiros contém nove covas úteis, plantadas a $2,70 \times 2,50$ m, a quatro pés por cova.

Quando do plantio, todos os tratamentos deveriam ter recebido 10 quilos de estêrco para a formação das plantas e, a partir do ano seguinte, seriam aplicadas as doses diferenciais do ensaio. Isso, porém, não se verificou, não tendo o tratamento sem adubo (1) recebido a estercação indicada, o que mais tarde veio prejudicar o experimento.

As produções demonstram nitidamente a existência de três níveis de fertilidade. Tem produção praticamente nula o tratamento (1) (que não recebeu estercação na cova). A êste seguem-se os tratamentos **p**, **n** e **np**, que só receberam estêrco no plantio. O grupo de maior produção é formado pelos demais tratamentos, os quais receberam **k** ou **e** ou ambos (Ver quadro 7).

QUADRO 7.—Produções de café em côco (unidade = 10 gramas) de três anos do Ensaio de Adubação NPKE = 2⁴, Ribeirão Preto

pk 1557	enp 1981	(1) 337	enk 2293	ek 2498	npk 1620	ep 1572	n 846	12.704
enpk 2215	k 2002	pk 2007	e 1635	ep 1913	n 487	np 641	enk 2552	13.452
nk 2338	npk 2036	en 2208	epk 3238	(1) 650	enp 2025	ek 2484	p 590	15.569
ek 2329	p 368	nk 2153	n 1070	pk 2224	e 2067	enpk 2332	enp 2690	15.233
np 1748	enk 2795	ep 2625	npk 1222	en 2460	epk 2263	(1) 583	k 2552	16.248
ep 2143	n 886	ek 2716	k 1926	enpk 2584	p 449	en 3263	npk 2236	16.203
(1) 425	epk 2427	np 464	enp 2304	nk 2299	enk 1887	pk 1303	e 3044	14.153
en 1630	e 2149	enpk 2538	p 504	np 376	k 1466	nk 1545	epk 2588	12.816
14.385	14.644	15.068	14.192	15.004	12.264	13.723	17.098	116.378

TRATAMENTOS

(1)	1.995	k	7.946
e	8.895	ek	10.027
n	3.289	nk	8.335
en	9.561	enk	9.527
p	1.911	pk	7.091
ep	8.253	epk	10.516
np	3.229	npk	7.114
enp	9.000	enpk	9.689

Para uma análise estatística detalhada, as produções da testemunha não poderiam ser tomadas em consideração. Como o efeito do fósforo foi inteiramente nulo, para maior simplicidade supôs-se que o total de produção do tratamento **p** poderia servir como estimativa da produção da testemunha. Admitindo para ponto de partida (1) = p = 1911, e usando a fórmula

$$2 e_0 n_0 p_0 k_0 = 2M - (E+N+P+K) + (NP+NK+NE+PK+PE+KE) - (NPK+NPE+NKE+PKE) + NPKE, \text{ obtivemos } 2 e_0 n_0 p_0 k_0 = 3990,1.$$

Êste total foi ajustado em relação às linhas e colunas que continham o tratamento (1), de forma que no final foram obtidos os dados transcritos

no quadro 7. A análise da variância (livre da fusão das interações) está representada no quadro 8.

QUADRO 8.—Ensaio de adubação NPKE = 2⁴, em Ribeirão Preto. Análise da variância, livre da fusão das interações

Fonte de Variação	Soma de quadrados	G.L.	Quadrados Médios	F
Total -----	40.948.830	59		
Linhas -----	1.862.261	7	266.037	
Colunas -----	1.630.079	7	232.868	
Tratamentos -----	33.114.499	14	2.365.321	16,88**
Erro -----	4.341.991	31	140.064	

QUADRO 9.—Ensaio de adubação NPKE = 2⁴, em Ribeirão Preto. Decomposição da soma de quadrados da parte fatorial

Trat.	Totais		S.Q. conf.		S.Q. sem conf.	
(1)	1.995	116.378				
e	8.895	34.558	E	18.660.240	E	18.660.240
n	3.289	3.110	N	151.126	N	151.126
en	9.561	— 2.938	EN	134.872	EN	134.872
p	1.911	— 2.772	P	120.062	P	120.062
ep	8.253	1.668	EP	43.472	EP	43.472
np	3.229	— 588	NP	5.402	NP	5.402
enp	9.000	96	ENP	144	ENP'	25.715
k	7.946	24.112	K	9.084.196	K	9.084.196
ek	10.027	— 16.012	EK	4.006.002	EK	4.006.002
nk	8.335	— 4.940	NK	381.306	NK	381.306
enk	9.527	— 540	ENK	4.556	ENK'	51.811
pk	7.091	— 78	PK	95	PK	95
epk	10.516	3.785	EPK	223.965	EPK'	281.214
npk	7.114	— 798	NPK	9.950	NPK'	168.981
enpk	9.689	— 18	ENPK	5		5
	116.378			32.825.393		33.114.499

Como as funções lineares (efeitos médios e interações), são as que maior interesse oferecem, foram considerados perdidos quatro graus de liberdade no erro e nenhum entre tratamentos, pois ficam ainda 14 funções lineares ortogonais (a interação ENPK está completamente confundida com colunas).

Dentre essas funções somente E**, K** e a interação KE** foram significativas, sendo KE negativa (ver quadro 9). Nos dois últimos anos várias análises foliares foram feitas, tendo havido uma resposta paralela entre as produções e os teores em potássio das fôlhas (valores de r variando entre 0,94** e 0,96** em quatro análises) com a mesma correspondência, isto é, E**, K**, EK** (esta última negativa). Convém notar que, em duas das quatro análises foliares, N foi altamente significativo. As respostas entre o teor em potássio do solo, o teor nas fôlhas e as produções foram muito coerentes neste experimento.

No fim de três anos de produção, o desenvolvimento das plantas dos tratamentos (1), n, p e np era de tal forma crítico, que se tornou neces-

sário mudar os tratamentos excluindo-se os sem potássio, os quais foram substituídos por doses simples e dupla dêsse elemento. Ao mesmo tempo, está-se tentando melhorar as condições da testemunha por meio da aplicação adicional de estêrco.

3 — ENSAIOS DE VARIEDADES

O ensaio de variedades executado por Dafert (1) se bem que bastante rudimentar, serviu para mostrar a superioridade da variedade Bourbon sôbre a variedade comum (Nacional). Praticamente, mais nada foi feito até 1932, quando teve início o Ensaio de Variedades de Cafeeiros, o qual serviu de base para os trabalhos de melhoramento, adiante descritos.

3.1 — ENSAIO DE VARIEDADES, DE CAMPINAS

Foi plantado em 1932, sendo comparadas seis variedades em cinco repetições distribuídas sistemáticamente, segundo o esquema seguinte:

A B C D E F A B C D E F A B C D E F A B C D E F

onde as letras representam as variedades: A = Nacional, B = Amarelo de Botucatu, C = Bourbon, D = Bourbon Amarelo, E = Sumatra e F = Maragogipe. Cada canteiro constou de uma linha de 50 covas, com quatro cafeeiros em cada uma delas.

Esse ensaio foi analisado por Stevens (3), os dados abrangendo um total de 10 anos. A experiência começou a ser colhida em 1935 mas a pequena colheita dos dois primeiros anos não foi considerada na análise estatística, na qual os resultados estudados são aquêles relativos às colheitas totais ou colheitas médias anuais. Devido às oscilações, o total foi baseado num número par de anos. A magnitude dessa oscilação anual foi medida convenientemente pela diferença entre o total de anos pares menos o total de anos ímpares. Foi obtida, em seguida, uma medida de tendência (“trend”) apropriada para distinguir as diferenças no incremento das taxas de produção das variedades. Para êsse fim foi adotado o conjunto de funções lineares ortogonais transcritas no quadro 10.

QUADRO 10.—Ensaio de variedades de cafeeiro, em Campinas. Funções lineares ortogonais

Símbolo	Descrição	Coeficientes
T	Total	+ 1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1
S	Oscilação	- 1 + 1 - 1 + 1 - 1 + 1 - 1 + 1 - 1 + 1
R	Regressão linear	- 2 - 2 - 1 - 1 0 0 + 1 + 1 + 2 + 2

A heterogeneidade do solo foi eliminada tanto quanto possível (separadamente para as três funções T, S, R), por uma análise da covariância.

usando o número da fileira (1-30) como observação concomitante. A regressão linear não tendo sido suficiente, foram calculadas, por meio dos polinômios ortogonais, regressões até o quinto grau.

Devido à necessidade de isolar o componente "entre variedades" da soma dos quadrados e dos produtos, os coeficientes de regressão não puderam ser obtidos independentemente. As equações normais constituíram dois grupos, um deles fornecendo os coeficientes de grau par, o outro os de grau ímpar, os polinômios de grau ímpar estando associados com as diferenças a partir do centro das fileiras, e os de grau par, com as somas. Dessa forma, o uso dos polinômios ortogonais trouxe uma simplificação muito grande nos cálculos.

Foram consideradas a regressão quadrática adequada para as funções dos totais (T) e as cúbicas para os componentes (S) e (R) e, para uniformidade, foi adotada uma equação de regressão cúbica em cada caso. Os resultados para a primeira das três funções (T), estão citados nos quadros 11 e 12.

QUADRO 11.—Ensaio de variedades de cafeeiro, em Campinas. Análise da covariância para a parte relativa à função T

	Análise Original		Regressão		Análise Final		Q.M.
	S.Q.	G.L.	S.Q.	G.L.	S.Q.	G.L.	
Variedades -----	1.343.132	5			1.286.219	5	257.244
Resto -----	498.983	24	411.502	3	87.481	21	4.166
Total -----	1.843.115	29	469.415	3	1.373.700	26	

A equação de regressão para a função T foi:

$$y = 1032,4 + 6,351\epsilon_1 - 0,462\epsilon_2 + 0,092\epsilon_3$$

QUADRO 12.—Ensaio de variedades de cafeeiro, em Campinas. Análise de regressão modificada para os resíduos (função T)

		Soma de quadrados	Quadrados médios	G.L.
Regressão	1.º grau	345.497		1
Regressões	1.º e 3.º graus	347.163		2
Regressão	2.º grau	64.339		1
Resto		411.502		3
		87.481	4.166	21
Total dentro das variedades		498.983		24

Foram calculados os limites fiduciais de 80% para as médias ajustadas (base de uma fileira por ano), cujos dados se encontram no quadro 13.

QUADRO 13.—Ensaio de variedades de cafeeiro, em Campinas. Produção das variedades, corrigidas na base de fileira, por ano.

Variedades	Média não corrigida	Média corrigida	Intervalo fiducial 80%	
A -----	84,2	87,9	84,1 -----	91,7
B -----	83,1	85,2	81,4 -----	89,0
C -----	126,5	127,0	123,2 -----	130,8
D -----	134,5	133,6	129,8 -----	137,4
E -----	107,4	105,3	101,5 -----	109,1
F -----	83,7	80,4	76,6 -----	84,2

A média das variedades foi subtraída da produção de cada canteiro, e daí calculados os limites de confiança com probabilidade de 2,5%, para os polinômios do 3.º grau das três funções T, S e R. Os pontos obtidos sugerem que não é desarrazoado supor que as variações restantes sejam devidas ao acaso.

As conclusões de Stevens foram as seguintes:

a) apesar de haver grandes diferenças entre as variedades, não existiu diferença significativa entre elas quanto à amplitude de oscilação, isto é, o acréscimo de produção nas melhores variedades foi o mesmo, tanto nos anos de grande como nos de pequena produção;

b) o delineamento sistemático falhou na eliminação da heterogeneidade do solo para a comparação das variedades; o defeito do delineamento pôde ser removido pela análise adequada da covariância com o número de fileiras.

4 — TRABALHOS DE MELHORAMENTO

Os projetos de seleção nas variedades Bourbon, Nacional e Maragogipe, foram iniciados pela colheita individual, por muitos anos, em talhões de um pé por cova, plantados com essa finalidade. Foram selecionadas as plantas mais produtivas, as quais originaram, por autofecundação, uma série de progênies. Estas foram plantadas em Campinas, Ribeirão Preto, Pindorama e Mococa, em linhas de 20 plantas, colhidas individualmente. A partir de 1945, o estudo da descendência dessas plantas foi feito na forma de ensaios regionais.

Estes ensaios foram grupados em séries, o delineamento em cada uma delas dependendo da ênfase dada a um determinado problema, sempre subordinado ao objetivo principal de seleção para produção. Assim, na 1.ª série desses ensaios compararam-se progênies provenientes de diversas variedades de cafeeiro em condições de sol e sombra. Nas séries seguintes outros problemas foram abordados, tais como comportamento das plantas selecionadas quando plantadas em covas com maior número de plantas, variabilidade genética e progresso de seleção.

5 — ENSAIO DE PROGÊNIES AO SOL E À SOMBRA

O delineamento utilizado foi o retículo quadrado (lattice square) 5×5 balanceado, com três repetições ao sol e três à sombra. Os canteiros contêm 16 plantas em quadrado de 4×4, as covas espaçadas de 3,00×3,00 m com uma planta por cova. Usou-se uma bordadura de três linhas para o conjunto de três repetições, de forma a se ter na parte sombreada uma bordadura também para as árvores de sombra.

Estes experimentos foram instalados em cinco localidades e um resumo dos resultados obtidos se acha no quadro 14, no qual foram incluídos os ganhos em precisão resultantes da comparação em relação à análise como blocos ao acaso.

QUADRO 14.—Produções e eficiência de quadrados reticulados plantados em diferentes Estações Experimentais

Localidade	Tratamentos	C.V. %	\bar{x} kg	s^2 (b.a.)	s^2 (lat.)	Eficiência %
Mococa -----	sombra	23	84,5	365,64	293,17	124,7
	sol	20	182,2	1.343,16	1.028,41	130,6
Jaú -----	sombra	19	48,9	89,68	95,56	93,8
	sol	14	206,0	848,84	500,39	169,6
Ribeirão Preto -----	sombra	56	5,5	9,47	7,16	132,3
	sol	17	146,6	616,61	494,18	124,8
Campinas -----	sombra	29	155,4	2.090,82	1.230,00	170,0
	sol	17	278,5	2.371,53	1.844,91	128,5
Pindorama -----	sombra	31	29,8	87,05	114,12	76,3
	sol	17	203,2	1.222,51	1.273,65	96,0

São notáveis as diferenças de produção entre sol e sombra. A eficiência média foi de 119,4% à sombra e de 129,9% ao sol, com o valor médio geral de 124,6%.

Com as baixíssimas produções obtidas, a eficiência em relação ao café sombreado perde grande parte de seu valor. Para o café ao sol o ganho em eficiência foi bastante compensador, salvo em Pindorama.

5.1 — ENSAIO DE VARIEDADES COMERCIAIS

Este ensaio foi plantado em 1949 em Monte Alegre, em blocos incompletos, equilibrados, 10 variedades, seis repetições, $k = 4$, $b = 15$, $\lambda = 2$, canteiros de 10 covas em linhas com três plantas por cova. Este delineamento foi adotado por tratar-se de zona montanhosa, e mostrou-se muito eficiente na eliminação das diferenças entre blocos.

5.2 — ENSAIO DE PROGÊNIES N.º 1

O ensaio de progênies n.º 1, plantado em Campinas em 1950, consta de dois quadrados reticulados simples, 4×4, balanceados, independentes (balanced lattices), com cinco repetições, canteiros de quatro plantas, colhidas

individualmente. Um dos látices contém dois haplóides duplicados e o híbrido F_1 entre as duas plantas originais.

5.3 — ENSAIOS REGIONAIS DE PROGÊNIES

Foram plantados nas diferentes estações experimentais, o delineamento utilizado tendo sido um quadrado reticulado (lattice) triplo, 10×10 , com três repetições de cada grupo perfazendo um total de nove repetições. Cada grupo de progênies de uma variedade tem a variedade primitiva sem seleção, como contróle. Como unidade experimental (canteiro) foi considerada uma única cova com quatro plantas. O projeto foi iniciado em 1951. Este experimento visa estudar o comportamento das progênies nas diferentes regiões em condições normais de cultivo.

5.4 — NOVOS ENSAIOS DE PROGÊNIES

A partir de 1951 foram instalados os ensaios de progênies de números 2 a 23. Estes experimentos foram plantados em diversas estações experimentais, com delineamentos em blocos ao acaso, com 20 repetições e número variável de progênies. As unidades experimentais (canteiros) também aqui são de uma única cova, porém somente com uma planta por cova. Mais recentemente (E. P. 23), quatro das 20 repetições foram plantadas a quatro pés por cova, visando-se estudar simultaneamente o comportamento das linhagens nas condições normais de cultura.

6 — OUTROS ENSAIOS

Além dos problemas enumerados neste trabalho, outros têm sido abordados, quais sejam, a comparação de cavalos, profundidade de plantio, espaçamento entre plantas na cova e entre covas, poda, sistema de transplantação, tratos culturais diversos etc.. Sua apresentação detalhada não é possível, no presente trabalho.

6.1 — ENSAIOS DE ESPAÇAMENTO

Nos primeiros experimentos de espaçamento foram considerados, conjuntamente, o problema do número de pés por cova e o de espaçamento. Foram instalados respectivamente em Campinas (1932) e em Pindorama e Ribeirão Preto (1936). Os delineamentos utilizados foram sistemáticos. Mais tarde o problema foi novamente estudado, devido ao aparecimento da variedade Caturra, de porte menor do que as antigas e, mais recentemente ainda (1953), o problema está sendo considerado sob um aspecto trifatorial, em que se fixou o espaçamento entre linhas (visando à mecanização) e variaram o espaçamento entre covas, número de plantas por cova e níveis de adubação. Utilizou-se um delineamento $3 \times 3 \times 3$, em blocos de nove.

6.2 — TAMANHO DE PARCELAS.

O problema do tamanho de parcelas foi abordado em relação a um caso específico. Em 1954 foi planejado um experimento de adubação com canteiros de 16 covas, onde seriam colhidas as quatro centrais. A utilização de semente $\frac{1}{4}$ das plantas do experimento é pouco econômica e, como alternativa, foi sugerido o uso de canteiros de 25 covas em que as nove centrais seriam utilizadas. Nas condições de trabalho com o cafeeiro neste Instituto é muito difícil o cálculo do custo das diferentes operações; sabemos, não obstante, que a maior parte das despesas é proporcional à área do experimento. Dessa forma, fixando-se a mesma área para os dois esquemas a serem comparados, a eficiência entre os dois delineamentos será o critério decisivo.

O talhão de seleção de Bourbon, referido nos trabalhos de seleção, foi escolhido para essa comparação, utilizando-se para esse fim os totais de 10 colheitas das 1.000 plantas que o constituíam. Estas foram subdivididas em blocos compactos de 10 parcelas cada. Com quatro plantas úteis por parcela, 960 plantas constituindo seis repetições foram utilizadas. No delineamento alternativo, quatro repetições abrangeram os 1.000 cafeeiros.

Os resultados obtidos (2) estão transcritos no quadro 15.

QUADRO 15.—Estudo sobre o tamanho de parcelas para experimentação com o cafeeiro. Análise da variância dos dois esquemas

	4 plantas úteis 960 covas			9 plantas úteis 1.000 covas		
	Q.M.	G.L.	F	Q.M.	G.L.	F
Entre blocos -----	3.150	5	4,02**	8.569	3	2,35
Dentro de blocos -----	784	54		3.648	36	
Total -----		59			39	
	C.V. = $\frac{100\sqrt{784,5}}{200,7}$			C.V. = $\frac{100\sqrt{3.647,7}}{451,5}$		
	= 13,9%			= 13,4%		

Somente os blocos formados com as parcelas menores foram eficientes na eliminação das diferenças de fertilidade. Como medida da eficiência entre as duas situações foi tomada a relação

$$E = \frac{(n_1 + 1)(n_2 + 3) s_2^2}{(n_2 + 1)(n_1 + 3) s_1^2}$$

onde $s_1^2 = \frac{Q M_1}{r_1 k_1^2}$ (variância média de r_1 canteiros, expressa na base de uma cova).

e $E = 140,22$

Como os canteiros menores utilizam somente 96/100 da área considerada no outro caso, esse valor foi corrigido fazendo-se uso do fator $6 \times 1000 / 960$. A eficiência final é: $E = (140,22) (1000 / 960) = 146,06\%$.

Em face desses resultados foi preconizada, para o experimento em aprêço, a utilização de canteiros de 4×4 covas, com quatro covas úteis, as covas marginais devendo ser colhidas em separado de forma a permitir, posteriormente, sua inclusão na análise do experimento, se isso se mostrar conveniente.

DESIGNS AND ANALYSIS OF COFFEE EXPERIMENTS

S U M M A R Y

An outline is given of the designs and procedures of statistical analysis followed in coffee experiments at the Instituto Agronômico de Campinas. Four groups of experiments are considered: 1) fertilizer tests; 2) varietal trials; 3) progeny tests; and 4) miscellaneous experiments.

Under 1) the writers discuss old experiments with systematic layouts and more recent ones with randomized designs. A factorial experiment supplied conclusive results within a few years. The problem of changing some of the treatments arose in one of the experiments, and the solution proposed by the writers is discussed.

Under 2) the treatment of data used by W. L. Stevens (1949) in the analysis of a systematic experiment comparing coffee varieties is commented in detail.

The evolution in designs used for progeny comparisons is discussed under 3). In early tests progenies were compared on the basis of rows of 20 plants without replications; later the designs were changed to replicated plots of 4 plants per plot, and more recently to plots of a single plant with a higher number of replications.

The results of spacing trials and of tests comparing several methods of planting coffee are discussed under 4.) The plot size for coffee experiments is also discussed, based on individual yield records from a planting of the Bourbon variety.

L I T E R A T U R A C I T A D A

1. **DAFERT, F. W.** III-Estudos sobre a cultura do cafeeiro. *In* Relatório anual do Instituto agronômico, 1894 e 1895. São Paulo, Tipographia da Companhia Industrial de São Paulo, 1896. p. 77-102.
2. **FRAGA, C.G. (júnior), CONAGIN, A. & ARRUDA, H.V.** Eficiência de canteiro para experimentação com cafeeiros. *In* Seminário de Estatística, 10.º, Campinas, Instituto agronômico, 1954. p. 63-68. [Mimeografado]
3. **STEVENS, W. L.** Análise estatística do ensaio de variedades de café. *Bragantia* 9:[103]-123. 1949