

# APLICAÇÃO DA OCULAR DE INTEGRAÇÃO NO ESTUDO DO SOLO

DOUGLAS ALBERTO FERRAZ DE CAMPOS

DILERMANDO PERECIN (\*)

Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"

Universidade de S. Paulo — Piracicaba

## RESUMO

Aplicação da ocular de integração na determinação dos constituintes do solo: grânulos, plasma e vazios. O estudo foi realizado sobre 30 seções delgadas obtidas dos horizontes de seis séries de solo do município de Piracicaba, S.P. Procura-se, através da aplicação de testes preliminares e à vista dos resultados obtidos, avaliar a viabilidade dessa técnica no estudo de solos.

## INTRODUÇÃO

A determinação do volume percentual de constituintes, através da aplicação de várias técnicas, é habitual em petrologia: tanto de rochas cristalinas como de sedimentos.

Pretende-se, neste trabalho, interpretar os dados resultantes da aplicação de uma dessas técnicas na determinação do volume percentual de constituintes do solo. Para isso, optou-se pelo emprego da **ocular de integração** sobre 30 seções delgadas obtidas dos horizontes de solos do município de Piracicaba, S.P.

Vários testes preliminares obrigatórios foram realizados, tais como, teste de distribuição e cálculo do tamanho da amostra, inclusive comparação entre os resultados obtidos da ocular de integração e da platina integradora de Shand.

---

(\*) Bolsista da FAPESP.

## REVISÃO DA LITERATURA

KRUMBEIN & PETTIJOHN (1938) fornecem métodos óticos para a identificação e para a determinação do volume percentual de minerais, através de seções delgadas, com o auxílio do microscópio polarizante.

TWENHOFEL & TYLER (1941) analisam os métodos utilizados para a determinação quantitativa de minerais pela contagem de partículas. Citam o trabalho de FLEET (1926) que sugere amostras de 500 a 1000 partículas por lâmina, distribuídas por 12 a 50 campos casualizados.

CHAYES (1956) apresenta estudo estatístico sobre a aplicação da ocular de integração e de outras técnicas, na determinação do volume percentual de minerais nas rochas.

MANDARINO (1956) apresenta um método simples para a determinação do volume percentual dos constituintes das rochas e compara-o com outros métodos: o de Rosiwal e o contador de pontos.

DALRYMPLE (1957) apresenta uma técnica para a preparação de seções delgadas de solos e de sedimentos friáveis. Utiliza as resinas "dammara" e "lakeside 70" na impregnação e "permonte" na montagem.

ROGERS & KERR (1959) apresentam método para o reconhecimento de minerais, através de seções delgadas, com o auxílio do microscópio polarizante.

RANZANI, FREIRE & KINJO (1966) apresentam a classificação dos solos do município de Piracicaba, S.P. ao nível de série.

CAMPOS (1968) introduz algumas modificações no método de DALRYMPLE (1957), que trata da obtenção de seções delgadas de solos.

CAMPOS (1971) apresenta um estudo dos métodos utilizados na determinação dos constituintes dos solos, através de seções delgadas e de blocos polidos, com o auxílio do microscópio polarizante.

## MATERIAL E MÉTODOS

## Solos

Foram utilizadas seis séries de solos do município de Piracicaba, classificadas por RANZANI, FREIRE e KINJO (1966): Anhumas, Cruz Alta, Ibitiruna, Paredão Vermelho, Ribeirão Claro e Saltinho, desenvolvidas sobre os sedimentos do arenito Botucatu.

### Resinas

Foram utilizadas as resinas "dammara" para impregnação e bálsamo do Canadá para montagem, segundo DALRYMPLE (1957) e CAMPOS (1968).

### Microscópio, ocular e platina

Para o estudo das seções delgadas foram utilizadas a ocular de integração I, marca CARL ZEISS, Kpl 8X; e a platina integradora de Shand, marca E. LEITZ GMBH WETZLAR; devidamente adaptadas ao microscópio polarizante marca E. LEITZ WETZLAR, modelo STANDARD.

### Monólitos

Perfis modais das séries de solo escolhidas foram coletadas na forma de monólitos, segundo BREWER (1964) e CAMPOS (1968).

### Seções delgadas

Dos horizontes das séries de solo foram obtidos pequenos blocos de solo inalterado e, a seguir, esses blocos foram impregnados com resina, lixados até a espessura de 30 micros e finalmente, montados em lâminas de vidro especiais para microscopia. As seções delgadas, assim obtidas, são paralelas uma às outras e dispostas horizontalmente. Encontram-se protocoladas de acordo com o nome da série de solo, do horizonte e da profundidade em que foram retiradas. O quadro I mostra essa distribuição.

### Estudo das seções delgadas

Foram determinados os volumes percentuais dos seguintes constituintes do solo: grânulos, plasma e vazios.

a) **grânulos** — incluem todos os constituintes minerais de tamanho areia ou silte;

b) **plasma** — inclui todo o material mineral ou orgânico, de tamanho coloidal. Excepcionalmente, neste trabalho, inclui também fragmentos e restos orgânicos de qualquer tamanho;

c) **vazios** — compreendem toda a porção de espaço não ocupada por constituintes sólidos do solo.

A determinação dos volumes percentuais foi realizada exclusivamente por via microscópica, com auxílio da platina integradora e da ocular de integração, segundo técnicas padrões utilizadas em petrologia.

Quadro I — Distribuição das seções delgadas

Série de Solo (Perfil Modal)	Classificação do Horizonte	Limites Superior e Inferior do Horizonte (cm)	Profundidade da S. delgada à superfície do solo (cm)	Número de Proto- colo da seção delgada
Anhumas	Ap	0 — 50	20	1
	B/C	50 — 70	51	2
	C/R	70 — 85	75	3
	R	85+	117	4
Cruz Alta	Ap	0 — 30	9	5
	A/B	30 — 60	43	6
	CI	60 — 80	72	7
	CII	80 — 110	95	8
	CIII	110+	159	9
Ibitiruna	Ap	0 — 15	7	10
	A2	15 — 30	20	11
	A21	30 — 60	42	12
	B22	60 — 105	83	13
	B3	105 — 150	121	14
	C	150+	197	15
Paredão Vermelho	Ap	0 — 20	9	16
	A3	20 — 34	28	17
	B1	34 — 54	37	18
	B2	54 — 94	81	19
	B3	94 — 170	146	20
	C	170+	220	21
Ribeirão Claro	A1	0 — 40	28	22
	C1	40 — 100	75	23
	C2	100+	144	24
Saltinho	Ap	0 — 25	16	25
	A12	25 — 50	39	26
	A3/B1	50 — 90	70	27
	B2	90 — 140	117	28
	B3	140 — 180	151	29
	C	180+	229	30

## PLATINA x OCULAR

Em teste preliminar foi determinada a percentagem em volume dos constituintes do solo utilizando-se, primeiramente, a platina integradora de Shand e, a seguir, a ocular de integração. Os resultados obtidos estão de acôrdo com CHAYES (1956) e MANDARINO (1956), os quais compararam os resultados da aplicação de várias técnicas diferentes na determinação do volume percentual de constituintes de rochas e chegaram à conclusão de que tôdas elas conduzem a resultados estatisticamente semelhantes.

O quadro II apresenta os resultados obtidos da aplicação das duas técnicas utilizadas neste trabalho, sôbre duas seções delgadas de solos.

Quadro II — Platina x ocular

		Grânulos	Plasma	Vazios
Lâmina I	Platina	45,10	31,14	23,74
	Ocular	43,80	31,12	25,08
Lâmina II	Platina	50,00	23,26	26,41
	Ocular	51,50	22,20	26,30

## TAMANHO DA AMOSTRA

Com referência à aplicação da ocular de integração, é sempre necessário, para cada novo tipo de material, calcular o tamanho da amostra, que é expresso pelo número de impactos ou de pontos que devem ser computados para cada um dos constituintes preliminarmente escolhidos.

Em cada seção delgada de solo, utilizada neste teste, foram computados 1000 pontos, correspondentes ao total de impactos sôbre quaisquer dos constituintes escolhidos. Consequentemente, apesar do valor da amostra inicial constituir um número constante (1000 neste caso), os volôres parciais da amostra, correspondentes aos constituintes estudados, apresentam uma certa variação.

O quadro III apresenta os resultados obtidos do cálculo do tamanho da amostra para  $d = 0,1$  e  $d = 0,05$ .

Quadro III — Tamanho da amostra

Solos	Hori- zonte	Consti- tuinte	Amostra Inicial	Intervalo de Confiança	Amostra Final $d = 0,1 d = 0,05$			
Cruz Alta	Ap	Grânulos	637,0	0,6066	q <	0,6674	100,0	400,0
		Plasma	201,5	0,1731	q <	0,2299	90,0	350,0
		Vazios	161,5	0,1382	q <	0,1848	60,0	250,0
			1000,0			250,0	1000,0	
Cruz Alta	CIII	Grânulos	533,0	0,5014	q <	0,5646	100,0	400,0
		Plasma	289,0	0,2603	q <	0,3177	90,0	350,0
		Vazios	178,0	0,1538	q <	0,2022	60,0	250,0
			1000,0			250,0	1000,0	
Paredão Vermelho	Ap	Grânulos	579,5	0,5483	q <	0,6107	100,0	400,0
		Plasma	264,5	0,2365	q <	0,2925	90,0	350,0
		Vazios	156,0	0,1330	q <	0,1790	60,0	250,0
			1000,0			250,0	1000,0	
Paredão Vermelho	C	Grânulos	498,5	0,4669	q <	0,5301	100,0	400,0
		Plasma	290,0	0,2613	q <	0,3187	90,0	350,0
		Vazios	211,5	0,1857	q <	0,2373	60,0	250,0
			1000,0			250,0	1000,0	
Saltinho	Ap	Grânulos	511,6	0,4799	q <	0,5431	100,0	400,0
		Plasma	347,0	0,3169	q <	0,3771	90,0	350,0
		Vazios	141,0	0,1195	q <	0,1635	60,0	250,0
			1000,0			250,0	1000,0	
Saltinho	C	Grânulos	480,0	0,4484	q <	0,5116	100,0	400,0
		Plasma	394,0	0,3631	q <	0,4249	90,0	350,0
		Vazios	126,0	0,1050	q <	0,1470	60,0	250,0
			1000,0			250,0	1000,0	

## CONTRÔLE DOS RESULTADOS

É necessário, para o controle dos resultados obtidos da utilização da ocular de integração, aplicação de teste de normalidade, a fim de se verificar se os dados seguem a distribuição das possibilidades segundo Gauss. A aplicação desse teste é indispensável, porque os dados estatísticos obtidos da ocular de integração somente são válidos para a distribuição normal.

O quadro IV apresenta os resultados da aplicação de teste  $\chi^2$  aos dados obtidos de seis seções delgadas.

Quadro IV — Controle dos resultados

Solos	Horizonte	Constituinte	$\chi^2$	G. L.	Probabilidade	
					5 %	1 %
	Ap	Grânulos	13,72	7	14,07	18,48
		Plasma	6,42	5	11,07	15,09
		Vazios	5,16	4	9,49	13,28
Cruz Alta	CIII	Grânulos	14,98	8	15,51	20,09
		Plasma	6,33	6	12,59	16,81
		Vazios	6,45	5	11,07	15,09
Paredão Vermelho	Ap	Grânulos	4,00	6	12,59	16,81
		Plasma	2,48	7	14,07	18,48
		Vazios	9,72	4	9,49	13,28
	C	Grânulos	12,75	9	16,92	21,67
		Plasma	12,17	7	14,07	18,48
		Vazios	13,59	5	11,07	15,09
	Ap	Grânulos	5,12	9	16,92	21,67
		Plasma	4,53	7	14,07	18,48
		Vazios	11,43	7	14,07	18,48
Saltinho	C	Grânulos	14,29	7	14,07	18,48
		Plasma	12,73	7	14,07	18,48
		Vazios	4,37	5	11,07	15,09

## RESULTADOS OBTIDOS

Os resultados obtidos da aplicação da ocular de integração sobre 30 seções delgadas são apresentados no quadro V. As três primeiras colunas desse quadro, referentes aos nomes das séries de solo, nomes e limites dos horizontes, foram organizadas segundo dados encontrados no trabalho de RANZANI, FREIRE e KINJO (1966). A quarta coluna indica a cota de cada seção delgada, isto é, a profundidade de que foi retirada do perfil. As três colunas seguintes mostram as percentagens encontradas para os constituintes: grânulos, plasma e vazios. As três últimas colunas mostram as percentagens de quartzo, minerais pesados e outros minerais, relativas ao total de grânulos.

## CONCLUSÕES

Nenhuma vantagem foi observada com relação ao emprêgo da platina integradora de Shand. Além de se tratar de processo mais demorado, não apresenta precisão maior do que a ocular de integração, o que confirma os resultados dos trabalhos de CHAYES (1956) e de MANDARINO (1956) em petrografia.

Para efeito de tamanho de amostra, a análise dos resultados obtidos da aplicação da ocular de integração a seis seções delgadas permitiu que se recomende, para precisão ao nível de  $d = 0,1$ , os números de pontos seguintes: 100 para grânulos, 90 para plasma e 60 para vazios. Para maior precisão, ao nível de  $d = 0,05$ , é necessário maior número de pontos: 400 para grânulos, 350 para plasma e 250 para vazios.

A ocular de integração, aplicada a seis seções delgadas, permitiu a obtenção de dados cuja distribuição normal, verificada através de teste X<sup>2</sup>, autoriza o seu emprêgo na determinação do volume percentual de constituintes do solo.

A aplicação sistemática da ocular de integração a 30 seções delgadas de solos, com base nos resultados dos testes anteriormente aplicados, permitiu a determinação do volume percentual dos constituintes considerados: grânulos, plasma e vazios.

O volume percentual de grânulos, determinado para cada seção delgada, não apresenta grande variação. Com efeito, os limites extremos de 43,15% (horizonte B2 do Saltinho) e de 63,70% (horizonte Ap de Cruz Alta) não diferem muito da média calculada 53,23%. Esses resultados mostram que, quanto ao volume percentual de grânulos, os solos estudados são muito semelhantes.



Quadro V — Resultados obtidos

Série de Solo	HORIZONTE	Limites do Horizonte (cm)	Profundidade da seção da gada (cm)	Grânulos V %	Plasma V %	Vazios V %	GRANULOS		
							Quartzito %	Opacos %	Outros %
Anhumas	Ap	0 — 50	20	57,90	27,10	15,00	94,30	0,95	3,02
	B/C	50 — 70	51	52,70	27,70	19,50	96,86	1,23	2,08
	C/R	70 — 85	75	49,40	33,30	16,90	94,93	1,62	4,74
	R	85 +	117	47,25	41,90	10,85	95,68	0,97	3,80
Cruz Alta	Ap	0 — 30	9	63,70	19,50	16,15	98,11	0,20	0,86
	A/B	30 — 60	43	61,40	23,60	14,70	97,77	0,81	1,87
	Cl	60 — 80	72	55,85	29,45	14,70	94,93	1,43	2,41
	CII	80 — 110	95	56,20	26,70	17,10	96,33	0,98	0,89
	CIII	110 +	159	53,30	28,90	17,80	97,65	0,84	1,50
Ibitiruna	Ap	0 — 15	7	51,50	21,70	26,30	98,83	0,58	0,58
	A2	15 — 30	20	57,75	16,15	25,15	97,66	0,39	1,30
	B21	30 — 60	42	51,20	34,85	12,05	93,93	0,98	3,41
	B22	60 — 105	83	52,00	34,75	13,25	97,21	0,77	2,02
	B3	105 — 150	121	51,15	32,30	16,55	96,87	0,39	2,74
	C	150 +	197	48,90	38,20	12,90	96,52	0,72	2,97
Paredão Vermelho	Ap	0 — 20	9	57,95	26,45	15,60	96,63	1,90	1,46
	A3	20 — 34	28	54,65	30,20	14,95	99,08	0,55	0,36
	B1	34 — 54	37	55,70	25,90	18,40	99,10	0,36	0,53
	B2	54 — 94	81	53,80	32,40	13,80	98,23	0,74	1,02
	B3	94 — 170	146	54,00	27,90	18,10	98,03	1,34	0,55
	C	170 +	220	49,85	29,00	21,15	97,39	0,97	1,80
Ribeirão Claro	A1	0 — 40	28	60,15	21,10	18,75	99,00	0,33	0,65
	C1	40 — 100	75	56,70	24,45	18,75	99,38	0,17	0,52
	C2	100 +	144	62,10	26,10	11,80	96,77	—	3,22
Saltinho	Ap	0 — 25	16	51,15	33,15	14,15	97,06	1,37	1,56
	A12	25 — 50	32	47,75	39,15	12,90	98,95	0,21	0,84
	A3/B1	50 — 90	70	46,30	41,20	12,40	97,73	0,75	1,51
	B2	90 — 140	118	43,15	41,70	15,05	98,84	0,23	0,92
	B3	140 — 180	151	45,90	40,20	13,90	94,22	1,20	4,57
C	180 +	222	48,00	39,40	12,60	95,72	0,21	4,06	

A análise mineralógica dos grânulos mostrou que, em média, 97,12% do seu volume é representado por quartzo, com variações extremas de 93,93% (horizonte B21 do Ibitiruna) e de 99,38% (horizonte C1 do Ribeirão Claro). Esses resultados estão de acordo com o caráter arenoso desses solos, cuja contribuição de material do arenito Botucatu, rico em quartzo, foi sem dúvida altamente predominante.

A análise mineralógica mostrou ainda que, com raras exceções, os horizontes dos solos estudados apresentam quantidades variáveis de minerais opacos e de turmalinas. Por sua vez, constatou-se a presença de zirconita, granadas, feldspatos, estaurolita etc., os quais foram designados, em consequência da sua pequena ocorrência, na classe outros minerais.

Os valores obtidos para plasma e vazios devem ser interpretados com especial cuidado, porque muitos vazios, particularmente a microporosidade do próprio plasma, não podem ser determinados por via ótica, pois estão além do poder de resolução do microscópio. Sem dúvida, é uma limitação do método e, consequentemente, os dados obtidos só são válidos quando comparados com dados resultantes da aplicação de métodos equivalentes.

#### BIBLIOGRAFIA

- CAMPOS, D. A. F., 1968 — **Micropedologia: contribuição ao estudo de solos de Piracicaba** (mimeografado), Piracicaba, ESALQ-USP, 77 pp.
- CAMPOS, D. A. F., 1971 — **Micropedologia** (mimeografado), Piracicaba, ESALQ-USP, 39 pp.
- CHAYÈS, F., 1956 — **Petrographic modal analysis**, New York, John Wiley and Sons, 113 pp.
- DALRYMPLE, J. B., 1957 — Preparation of thin sections of soils. **J. Soil Sci.** 8 (1): 161-165.
- KRUMBEIN, W. C. & J. F. PETTIJOHN, 1938 — **Manual of sedimentary petrography**, New York, Appleton — Century — Crofts, Inc., 549 pp.
- MANDARINO, J. A., 1956 — A new technique for micrometric analysis of thin sections. **Am. Mineralogist** 41 (9-10): 786-789.
- RANZANI, G., O. FREIRE & T. KINJO, 1966 — **Carta de solos do município de Piracicaba** (mimeografado), Piracicaba, ESALQ-USP, 85 pp.
- ROGERS, A. F. & P. F. KERR, 1933 — **Thin section mineralogy**, New York, McGraw — Hill Book Company, 311 pp.
- TWENHOFEL, W. H. & S. A. TYLER, 1941 — **Methods of study of sediments**, New York, McGraw — Hill Book Company, 183 pp.