

PARÂMETROS DA REDE DE DRENAGEM DE SOLOS DA
REGIÃO DE IRACEMÁPOLIS (SP)

G.V. França*

J.A.M. Demattê**

RESUMO: Com o objetivo de utilizar parâmetros da drenagem determinados em fotografias aéreas em áreas de latossolos argilosos e solos podzólicos de textura arenosa/média ou média/argilosa, assim como dos solos rasos associados, estudou-se quantitativamente a composição das redes de drenagem de unidades de mapeamento desses solos. A área de estudo, com tamanho aproximado de 600km², está localizada na Depressão Periférica Paulista, na região de Iracemápolis-SP. Foi feito o estudo das bacias hidrográficas de terceira ordem de ramificação, selecionadas pelo princípio da semelhança geométrica. Analisaram-se o número, comprimento total e comprimento médio de segmentos de rios, em amostras constituídas por bacias e por amostras circulares. Os valores da densidade de drenagem, tanto das bacias como das áreas circulares, mostraram diferenças entre os grupos de latossolos argilosos e os grupos de solos podzólicos. Além disso, esse parâmetro distinguiu também as unidades de mapeamento compostas, principalmente para solos podzólicos.

* Departamento de Solos, Geologia e Fertilizantes da E.S.A. "Luiz de Queiroz" da Universidade de São Paulo - 13.400 - Piracicaba, SP.

** Acadêmico da ESAL - Lavras.

Termos para indexação: densidade de drenagem, fotografia aérea, solos com B textural, solos com B latossólico.

DRAINAGE PATTERNS OF SOILS IN THE IRACEMÁPOLIS REGION, STATE OF SÃO PAULO

ABSTRACT: A study of drainage network accomplished with the help of aerial photographs in areas of oxisols and ultisols occurrence is presented. The study area with approximately 600km², is located in the Peripheral Depression in the Iracemápolis region, state of São Paulo. The composition of natural drainage networks of the third order of ramification of the studied areas was determined through watersheds which were selected by the principles of geometrical similarity and same order of ramification. The oxisols region is formed by clayey soils developed from basic rocks and the ultisols area is formed by soils developed from sandstone or shale. The analysis of parameters: number, total length and mean length of stream segments was done with each area unit. The drainage density appeared to be the best parameter to differentiate between soil mapping units.

Index terms: drainage density, aerial photography, textural B soils, latossolic B soils

INTRODUÇÃO

As fotografias aéreas são um importante instrumento de apoio aos trabalhos de levantamento de solos, que são fundamentais para o planejamento do uso da terra. Além de servirem como simples mapa-base de campo elas são muito mais utilizadas através das interpretações para fins pedológicos. A técnica da interpretação

fotográfica para fins pedológicos, ou fotopedologia, reduz sensivelmente o custo e o tempo de execução do levantamento de solos, com a vantagem de oferecer informações adicionais. Dentre os padrões fotográficos utilizados na fotopedologia destaca-se a rede de drenagem, por ser ela um componente da paisagem de fácil observação nas fotos aéreas, além de refletir as características intrínsecas do solo ou de seu substrato rochoso.

LUEDER (1959) já salientava que a drenagem superficial fornece indicações sobre a relação infiltração/deflúvio, capacidade de infiltração, permeabilidade e textura dos materiais presentes em uma área. FRANÇA (1968), FADEL (1972), LEÃO (1972), CARVALHO (1977), trabalharam com padrões de rede de drenagem e sua relação com unidades de mapeamento de solos. A relação entre unidades de solos e rede de drenagem confirma a estreita relação desta com unidades de solos geneticamente diferentes.

Juntamente com a forma fisiográfica, a drenagem superficial é um dos elementos mais seguros para identificar um solo em fotografias aéreas (LUEDER, 1959). Sendo assim, pretende-se neste trabalho, verificar se os parâmetros levantados para os estudos da rede de drenagem são suficientemente sensíveis na separação de unidades de mapeamento simples das associações dentro das áreas de latossolos, assim como dentro das áreas dos solos podzólicos e litólicos. Para isso escolheu-se uma área aproximada de 600km² localizada na região de Iracemápolis - Santa Bárbara d'Oeste - Limeira, dentro da Depressão Periférica Paulista.

MATERIAL E MÉTODOS

Descrição geral da área estudada

A área estudada encontra-se a sudoeste do Estado de São Paulo, entre as cidades de Iracemápolis, Santa Bárbara d'Oeste e Limeira sendo cortada pelo rio

Piracicaba e perfazendo uma superfície aproximada de 600km².

A geologia da área, segundo o mapa geológico do Estado de São Paulo está representada por rochas relacionadas com o Grupo Tubarão, Grupo Estrada Nova e as intrusivas básicas da Formação Serra Geral. As rochas sedimentares relacionadas com o Grupo Tubarão são as que ocupam maior extensão, representadas principalmente por arenitos de granulação muito fina. Sobre este material desenvolveram-se os Podzólicos Vermelho-Amarelos, Cambissolos e Litossolos. A partir das rochas básicas, desenvolveram-se o Latossolo Roxo e solos associados. Separando as rochas sedimentares, geralmente acima da cota de 600km², ocorrem espessos e extensos depósitos sedimentares referidos ao Neoceno zóico (ALMEIDA, 1964), aos quais estão relacionados estes solos profundos, muito porosos, de baixa fertilidade e de textura variada.

A distribuição pluvial segue o regime típico das zonas tropicais de baixa altitude, ou seja, verão chuvoso e inverno seco, com um total de chuvas na faixa de 1300 a 1400mm e uma temperatura média de 20,6°C. Segundo OLIVEIRA *et alii* (1979), os regimes hídrico e térmico do solo dessa região são, respectivamente, o údico e o hipertérmico.

A região estudada é constituída por solos que foram mapeados por OLIVEIRA *et alii* (1979) e OLIVEIRA & PRADO (1989). Um resumo das unidades de mapeamento está na Tabela 1.

Seleção das áreas de estudo e métodos utilizados para obtenção de dados

As fotografias aéreas na escala de 1:25.000 foram estudadas tomando como referência as cartas de solos disponíveis. Assim, foram separados grupos de fotografias representativas das unidades de mapeamento escolhidas nos mapas de solos referidos e que, portanto, deveriam conter a informação desejada. Tomou-se o

Tabela 1. Unidades de mapeamento e principais características dos solos da área de estudo

Unidade (sigla)	Classificação	Textura A/B	Saturação por bases		Material de origem	Relevo
			A	B		
Alva (PV1)	Podzólico Vermelho Amarelo	areia/média	baixa	baixa	arenito	ondulado a forte ondulado
Usina (PV2)	Podzólico Vermelho Amarelo	areia/média	baixa	muito baixa	arenito	suave ondulado
Olaria (PV4)	Podzólico Vermelho Amarelo	argila/argila	baixa	extremamente baixa	argilito	suave ondulado
Palmeiras (PV5)	Podzólico Vermelho Amarelo	média/argila	baixa	muito baixa	sedimentos do Grupo Tubarão	suave ondulado
Camarquinho (L4)	Latossolo Vermelho Amarelo	média/média	média	baixa	sedimentos re-trabalhados do Grupo Tubarão	suave ondulado
Ribeirão Preto (LR2)	Latossolo Roxo	argila/argila	muito elevada	elevada	diabásio	plano a suave ondulado
Barão Geraldo (LR3)	Latossolo Roxo	argila/argila	elevada	baixa	diabásio	plano a suave ondulado
Limeira (LE1)	Latossolo Vermelho Escuro	argila/argila	média	baixa	sedimentos argilosos retrabalhados	plano a suave ondulado
Hortolândia (LE2)	Latossolo Vermelho Escuro	média/média	média	baixa	sedimentos argilosos retrabalhados	plano a suave ondulado
Mato Dentro (LE2)	Latossolo Vermelho Escuro	média/média	baixa	muito baixa	sedimentos arenosos retrabalhados	plano a suave ondulado
Bela Aliança (LA4)	Latossolo Vermelho Amarelo álico	média/média	média	baixa	sedimentos arenosos retrabalhados	suave ondulado
Li 1	Solos Litólicos distróficos	arenosa a média	média	média	arenito e/ou siltito	forte ondulado
PE 9	Podzólico Vermelho eutrófico	arenosa/argilosa	areia	argila	siltitos/folhelho	ondulado
Li 2	Solos Litólicos distrófico/eutrófico	média/argila	média	média	folhelho	forte ondulado

Fonte: Composto dos trabalhos de OLIVEIRA et alii (1979) e OLIVEIRA & PRADO (1989)

cuidado de selecionar amostras que contivessem as variações de solos. No caso dos latossolos selecionaram-se três áreas, a saber:

- Área 1, com 100% de latossolos argilosos, representados pelas unidades LR2 e LR3;

- Área 2, com dominância da unidade LE2 e grande contribuição do LR3;

- Área 3, constituída pelo LR3 e com contribuição de solos com B textural (unidades PV e Terra Roxa Estruturada) e da associação PE + Li, num total aproximado de 30% da amostra circular. No caso dos solos podzólicos selecionaram-se também 3 áreas a saber:

- Área 4, com dominância da unidade PV1;

- Área 5, com dominância das unidades PV5 e PV2, associados com 10% de litossolos;

- Área 6, com dominância dos solos podzólicos associados com 30% de litossolos e cambissolos originados de arenito fino e/ou folhelho.

A rede de drenagem foi traçada com o auxílio de estereoscópio e transferida em papel transparente fixado nas fotografias aéreas, a seguir fez-se a montagem completa desse traçado, obtendo assim um mapa geral da drenagem. Traçaram-se então os limites das unidades de solo utilizando-se as cartas pedológicas da região como referência. Sobre este mapa foram delimitadas seis bacias hidrográficas de tamanhos variáveis, com seus respectivos divisores de água, porém da mesma ordem de rios, no caso de 3^a ordem, e seis amostras circulares de 10 km² nas áreas correspondentes a cada bacia, para posterior comparação entre os dois métodos de obtenção da densidade de drenagem.

Nos mapas de drenagem procedeu-se inicialmente à análise das bacias hidrográficas (áreas drenadas por um curso de água e seus afluentes), nos seguintes aspectos:

- Representatividade: expressa em termos de porcentagem da área total da bacia, ocupada pelo solo predominante.

- Desenvolvimento longitudinal, ou comprimento do curso principal, medido com curvímeter, acompanhando as sinuosidades do rio principal, da foz até a nascente.

- Perímetro: expresso pelo comprimento da linha do divisor de água que circunda a bacia, medindo por curvímeter.

Após estes estudos procedeu-se à análise das respectivas redes de drenagem de acordo com as especificações de STRAHLER (1957), a saber:

- Ordem de ramificação: os segmentos de rios foram classificados com base na ordem de ramificação;

- Número de segmentos de rios: foram computados os segmentos de rios em cada ordem e o total da bacia. O símbolo w foi utilizado para uma dada ordem de ramificação, o N_w para o número de segmentos de cada ordem e o N_t para o número total de segmentos da bacia.

- Comprimento dos rios: por meio de um curvímeter foram determinados os seguintes valores:

L_w = soma dos comprimentos de segmentos de rios em cada ordem

L_t = comprimento total de todos os rios de uma bacia

l_m = comprimento médio de segmentos de rios, obtidos da divisão do L_w pelo N_w .

O padrão de drenagem individual de cada unidade representativa de solos inclui a frequência de rios e a densidade de drenagem. Entretanto, para representar o padrão de drenagem como um todo, foram determinadas as seguintes características quantitativas:

- A textura de drenagem T , expressa pela razão entre o número de segmentos de 1^{a} ordem, e o perímetro

P da bacia.

$$T = \frac{Nwl}{P}$$

- Razão de textura média (T_m), obtida pela expressão

$$T_m = \frac{(A \cdot T)}{A}$$

onde:

A representa a área e

T a razão de textura de cada bacia.

- Amostras circulares: foi utilizado o método de amostragem proposto por RAY & FISCHER (1960), o qual consiste na tomada de amostras circulares homogêneas com área de 10km^2 .

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para obtenção dos dados foram utilizadas bacias hidrográficas de terceira ordem pois, de acordo com PARVIS (1950), bacias de ordem mais elevada permitem inferências fotointerpretativas mais relacionadas com o substrato do que com o solo propriamente dito.

De acordo com as hipóteses levantadas, solos profundos, bem drenados e com boa drenagem interna tendem a apresentar menos deflúvio superficial e, consequentemente, menor número de rios e/ou canais por unidade de área; enquanto que solos de drenagem interna mais lenta e com elevado gradiente textural, tendem a apresentar maior deflúvio superficial e, consequentemente, maior número de rios e/ou canais por unidade de área. Em áreas onde houvesse associação destes solos é de se esperar resultados intermediários.

De acordo com os dados apresentados na Tabela 2, a densidade de drenagem das bacias reflete perfeitamente as hipóteses de trabalho. Examinando-se principalmente,

Tabela 2. Principais características das redes de drenagem para as seis áreas estudadas

Amostra*	Lt km	Área km ²	Densidade de drenagem bacias	Lt km	Densidade de drenagem área circular	Nt	Frequência rios	Perímetro km	Textura de drenagem
<u>Latossolos</u>									
1	11,45	13,04	0,87	9,96	1,00	13	1,00	16,3	0,79
2	6,69	7,14	0,93	13,00	1,13	7	0,98	11,6	0,60
3	14,8	13,09	1,13	11,53	1,15	11	0,84	15,1	0,72
<u>Solos Podzólicos</u>									
4	11,19	4,07	2,75	36,30	3,63	29	7,13	29,0	3,44
5	6,89	1,80	3,83	40,80	4,08	14	7,80	5,6	2,5
6	7,9	1,86	4,25	45,30	4,53	22	11,83	22,0	4,53

*Amostra: 1. 100% de Latossolos argilosos;

2. LR3 + LE2;

3. 70% do LR3 + 30% (PE + TE + Li);

4. 100% PV;

5. Dominância das unidades PV5 e PV2 + 10% Li;

6. 70% solos podzolicizados + 30% Li.

as bacias dos latossolos (amostras 1 a 3 na Tabela 2) pode-se observar que a densidade tende a aumentar da área 1 para a área 3, ou seja, passa de 0,87 da área 1 para 1,13 da área 3. A área 1 é representada por 100% de Latossolo Roxo, todos de textura argilosa e de boa drenagem interna; enquanto que a área 3, representada também por latossolo argiloso, porém contém 30% de solos com B textural e, conseqüentemente, de drenagem mais lenta. Sendo assim, o valor de 0,87 da densidade de drenagem da bacia da área 1, reflete a dominância de solos argilosos de boa drenagem. Qualquer alteração na drenagem interna dos solos reflete alteração na densidade de drenagem.

Por outro lado, a densidade de drenagem para amostras circulares, onde se mantém constante a área, no caso 10km², também apresenta uma tendência de aumento vindo da área 1 para a área 3, com valores de 1,0 e 1,15 respectivamente, acompanhando assim os valores das bacias. A Figura 1 ilustra dois mapas de rede de drenagem de duas bacias estudadas, representadas pelas áreas 1 e 4. Os números indicam as ordens dos canais. Analogamente, a Figura 2 ilustra a rede de drenagem em amostras circulares das áreas 1 e 6. Tais figuras refletem as variações nas densidades de drenagem, tanto das amostras de bacias como das amostras circulares.

Para o caso dos solos podzólicos a tendência parece ser a mesma no que se refere às densidades de drenagem, tanto para amostras de bacias como amostras circulares. O valor de 2,75 para a densidade de drenagem da bacia da área 4 reflete o solo aí presente, que no caso é representado exclusivamente pelo Podzólico Vermelho-Amarelo de textura arenosa sobre média, originado de arenito fino do Grupo Tubarão. À medida que se caminha para a área 6, a densidade de drenagem tende a aumentar, passando de 2,75 para 4,25 nas áreas 4 e 6, respectivamente. Observando-se a distribuição de solos nestas áreas nota-se que a porcentagem de solos rasos tende a aumentar neste mesmo sentido. Os solos rasos neste caso estão representados por Litossolos e Cambisolos originados de arenitos finos e/ou folhelhos, do Grupo

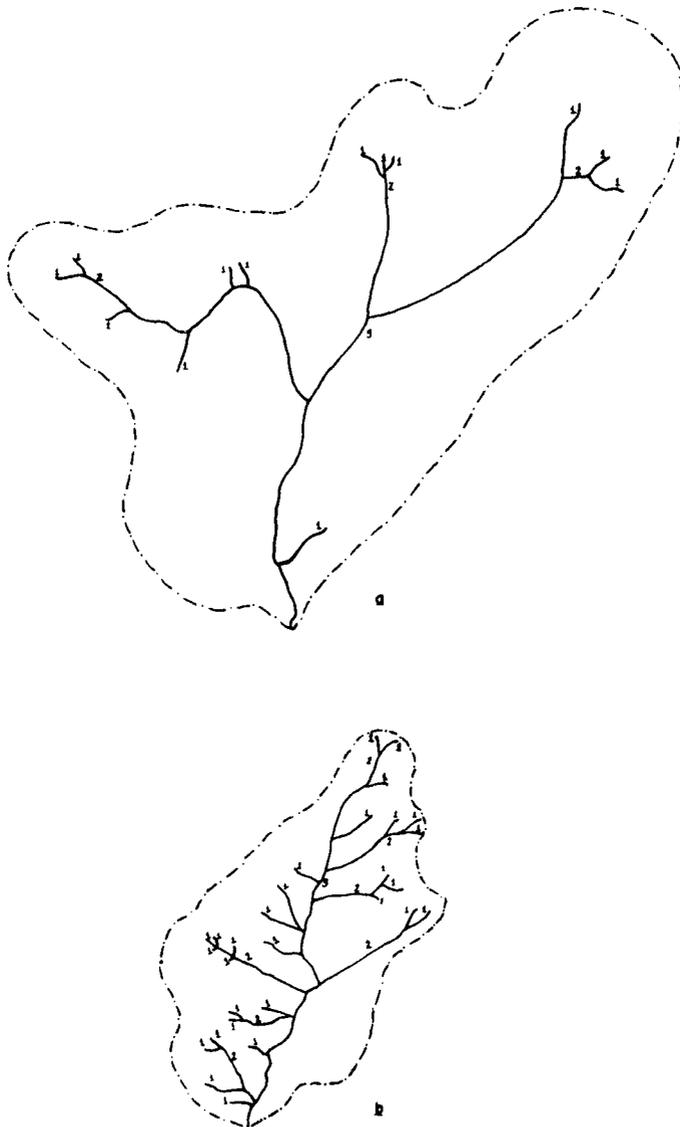


Fig. 1. Rede de drenagem de duas bacias estudadas. a) Área 1, correspondente a 100% de latossolo argiloso e com $Dd = 0,87$; b) Área 4, com 100% de solos podzólicos e com $Dd = 2,75$. (Os números indicam as ordens de rios)

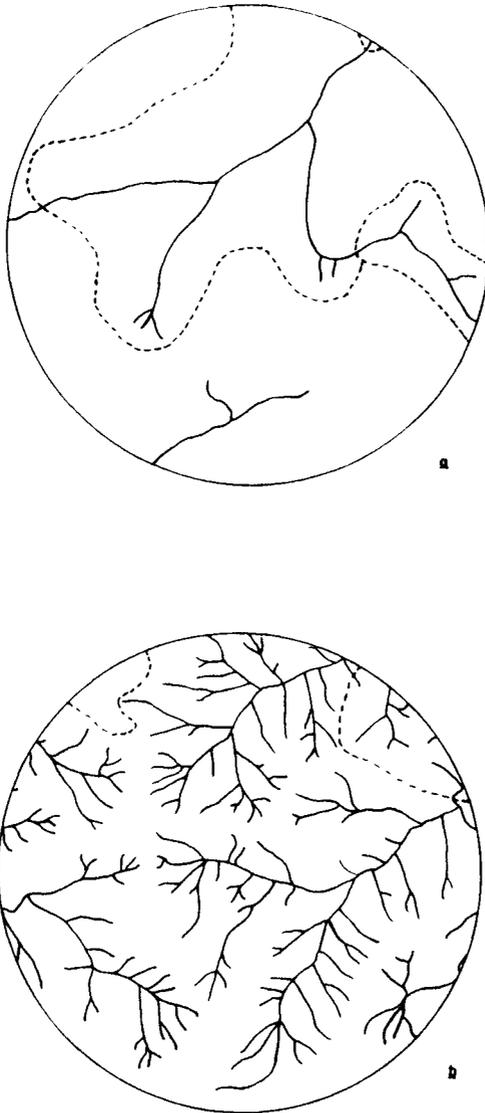


Fig. 2. Densidade de drenagem em área circular. a) Área 1, correspondente a 100% de latossolo argiloso, e com $D_c = 1,0$; b) Área 6, correspondente a 70% de solos podzólicos + 30% de litossolo

Geológico Tubarão. Neste caso, tanto os arenitos como os folhelhos são pouco permeáveis à água, apresentando uma drenagem interna ainda mais restrita que os solos podzólicos. Devido a este fato o número de rios e/ou canais por unidade de área tende a ser maior nos litossolos do que nos solos podzólicos (Figura 1b e 2b).

No tocante às amostras circulares a tendência parece ser a mesma, ou seja, aumenta da área 4 para a área 6, de 3,63 para 4,53 respectivamente. Tais valores refletem, a natureza e espessura dos solos (Figuras 1b e 2b).

A textura de drenagem (Tabela 2) normalmente é utilizada também para determinar a "textura topográfica" (FRANÇA, 1968) o que permite auxiliar na caracterização das unidades de mapeamento de solos aqui estudados.

Assim é que, utilizando-se os valores da textura de drenagem e comparando-os com os valores da textura topográfica a seguir:

<u>Textura de drenagem</u>	<u>Textura topográfica</u>
menor que 2,5	. grosseira (Latossolo)
2,5 - 6,2	. média (Podzólico)
maior que 6,2	. fina (Litossolo e Cambissolo)

CONCLUSÕES

Dentre os parâmetros analisados, a densidade de drenagem mostrou ser o mais eficiente na discriminação dos solos estudados.

A utilização dos valores de densidades de drenagem, tanto de amostras de bacias como amostras circulares, são sensíveis na separação dos grupos de latossolos dos grupos de solos podzólicos. Além disso, esse parâmetro permite também detectar unidades secundárias dentro de uma mesma unidade de mapeamento, principalmente para solos podzólicos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, F.F.M. *Fundamentos geológicos do relevo paulista*. São Paulo, Instituto Geográfico e Geológico, 1964. 110p. (Teses e monografias, 14).
- CARVALHO, W.A. *Fotointerpretação de bacias hidrográficas e amostras circulares de redes de drenagem de solos com horizonte B textural*. Piracicaba, 1977. 132p. (Doutorado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).
- FADEL, H. *Fotointerpretação de bacias e de redes de drenagem de três séries de solos da fazenda Ipanema, município de Araçoiaba da Serra (SP)*. Piracicaba, 1972. 92p. (Mestrado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).
- FRANÇA, G.V.de. *Interpretação fotográfica de bacias e de redes de drenagem aplicada a solos da região de Piracicaba*. Piracicaba, 1968. 151p. (Doutorado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).
- HORTON, R.E. *Erosional development of streams and their drainage basin: hydrophysical approach to quantitative morphology*. *Bulletin of the Geological Society of America*, London, 56:275-370, 1945.
- LEÃO, S.R. *Interpretação fotográfica dos padrões de drenagem desenvolvidos em dois solos do Distrito Federal*. Piracicaba, 1972. 110p. (Mestrado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).
- LUEDER, D.R. *Aerial photographic interpretation: principles and applications*. New York, McGraw-Hill, 1959. 462p.
- OLIVEIRA, J.B.; MENK, J.R.; ROTTA, C.L. *Levantamento pedológico semi-detalhado dos solos do Estado de São Paulo*. *Quadrícula de Campinas*. Rio de Janeiro, IBGE, 1979. 63p.

- OLIVEIRA, J.B. & PRADO, H. *Levantamento pedológico semi-detalhado dos solos do Estado de São Paulo. Quadricula de Piracicaba.* Rio de Janeiro, IBGE, 1989. 70p.
- PARVIS, M. Drainage pattern significance in airphoto identification of soils and bedrocks. *Photogrammetric Engineering*, Washington, 16:387-409, 1950.
- RAY, R.G. & FISCHER, W.A. Quantitative photography: a geologic research. *Photogrammetric Engineering*, Washington, 26:143-50, 1960.
- STRAHLER, A.N. Quantitative analysis of watershed geomorphology. *Transactions of the American Geophysical Union*, New Haven, 38:913-20, 1957.

Entregue para publicação em: 30/07/90

Aprovado para publicação em: 05/11/90