

LES SOLS DE VERSANT ET L'EVOLUTION DU MODELE DANS LA SERRA DA MANTIQUEIRA OCCIDENTALE (BRESIL)

J.P. de QUEIROZ NETO*

ABSTRACT

The soils in the N.W. Mantiqueira occupy a definite position in the landscape :

- 1) B textural soils and weakly developed soils are found on the slopes of mountainous areas where the summits are the remains of pre-Pliocene erosion surfaces. They were developed on shallow surficial deposits, with discontinuities between A and B horizons and B and C horizons (stone-lines, texture, %TiO₂, %Fe₂O₃ versus %clay ratio, etc.). They represent a less weathered profile, with polygenetic evolution;
- 2) Latosols are found on the gently undulating surfaces along the main streams, developed on surficial deposits much thicker, homogeneous and with discontinuities only at the basis of the B horizon (stone-lines, gravel beds, sedimentary deposits, texture, %TiO₂, %Fe₂O₃/%clay ratio, etc.). They are highly weathered soils and represent evolution by processes of addition;
- 3) Finally, alluvial and hydromorphic soils are found in the narrow river-plains and low terraces along the main streams, but they are not discussed here.

The gently undulating surfaces are remains of Pliocene pediments, with thick correlative deposits, which are evidences of the last episodes of elaborating large surfaces by pediplanation in a semi-arid climate. The latosols here, represent a very highly weathered material, with a pedogenetic evolution from the end of Pliocene.

Later on, the erosive events were responsible for the fluvial dissection of the Pliocene aggradation surface, with a climatic change toward a more humid phase. Also, in the Pleistocene, the alternating change from a more humid to a drier climate, originated conditions for partial erosion of the slopes of the mountainous areas, and also for the deposition of gravels and sands along the rivers. Those deposits are found, at present, in the narrow alluvial plains

* Departamento de Geografia, Universidade de São Paulo, C.P. 8105, 01000, São Paulo, SP, Brasil. Recherche financée par la FAPESP (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo).

and in the low terraces.

The B textural horizons on the slopes of mountainous areas, are residual palaeosols, corresponding to the last humid phase, that preceded the semi-arid one, at the end of Pleistocene. During this phase, the A horizon was eroded. The present A horizon represents a recent surficial deposit, correlative of a colluvial episode that occurred at the Pleistocene-Holocene boundary, or even in the Holocene.

RESUME

Les sols de la partie nord-occidentale de la Mantiqueira occupent une position définie dans le paysage :

- 1) Les sols à horizon B textural ainsi que les sols peu évolués (lithosols) se trouvent sur les reliefs les plus mouvementés des "Serras", dont les parties sommitales représentent les témoins des surfaces d'érosion pré-pliocènes. Ces sols se sont développés sur des formations superficielles de remaniement peu épaisses, et présentent des discontinuités entre les horizons A et B et entre les B et C ("stone-lines", texture, %TiO₂, %Fe₂O₃/%argile, SiO₂/Al₂O₃, etc.). Ils montrent un profil polycyclique peu altéré;
- 2) Les latosols se trouvent sur les collines qui bordent les plus importants cours d'eau, collines qui représentent les témoins des glacis et des surfaces d'érosion plio-pléistocènes. Ils se sont développés sur des formations superficielles remaniées beaucoup plus épaisses, avec des discontinuités à la base des horizons B ("stone-lines", nappes caillouteuses, formations sédimentaires, texture, %TiO₂, %Fe₂O₃/%argile, SiO₂/Al₂O₃, etc.). Ils montrent un degré d'altération plus important et un profil polycyclique par addition;
- 3) Les sols alluviaux et hydromorphes se trouvent sur les étroites plaines fluviales et les basses terrasses. Ils ne seront pas pris en considération dans ce travail.

Les collines ondulées, témoins des surfaces d'érosion et des glacis plio-pléistocènes sont recouvertes par des dépôts corrélatifs correspondants aux derniers épisodes d'élaboration des surfaces, sous un climat sec. Les profils à horizon B latosolique, très altérés, représentent une évolution pédogénétique à partir de la fin Pliocène ou du début du Pléistocène.

Pendant le Pléistocène, l'érosion fluviale a disséqué les surfaces tertiaires. Le climat plus humide à alternances sèches, a permis une érosion partielle des versants des reliefs résiduels des "Serras", et la formation de nappes sableuses et caillouteuses le long des plaines.

Les horizons B texturaux des profils de sol des versants des parties montagneuses représentent des paléosols, vraisemblablement témoins d'une dernière phase humide pré-holocène. Un climat plus sec postérieur a permis le décapage partiel des profils, avec élimination des horizons A et formation, par endroits, d'un pavage caillouteux. Les ho-

rizons A actuels représentent un dernier épisode de colluvionnement, placé à la limite de l'Holocène ou même pendant celui-ci.

1. LA MANTIQUEIRA NORD-OCCIDENTALE

La Mantiqueira nord-occidentale correspond à la façade tournée vers l'Ouest de la grande chaîne de la Serra da Mantiqueira, dont les sommets des contreforts, au sud, peuvent atteindre 2000 m d'altitude. Elle correspond, grosso modo, à la région comprise entre le bassin de l'Atibaia, au sud, et du rio Pardo, au nord; à l'ouest, son altitude décroît jusqu'à la limite du bassin sédimentaire du Paraná et de la dépression périphérique; à l'est, toujours sur les roches du Pré-cambrien, elle atteint le système du haut Rio Grande (Fig. 1).

Cette partie du socle présente des roches gneissiques, avec des importants pointements granitiques et des alignements de quartzite et de roches calco-silicatées. D'après WERNICK et ARTUR (1974), cette région se situe entre le bloc granitique de Jundiai, au sud, et le bloc granitique de Pinhal, au nord. Les principales directions structurales N.N.E.-S.S.W. correspondent aux contacts lithologiques entre les corps intrusifs de Bragança Paulista et Morungaba, la longue bande de migmatites située entre Pedrera et Lindoia, les alignements de quartzites de Serra Negra et d'Arcadas et les roches calco-silicatées à l'ouest de Santo Antonio da Posse. Cette direction est aussi visible dans les affluents des principaux cours d'eau, surtout du rio do Peixe, au nord.

Les principaux cours d'eau, Atibaia, Jaguari, Camanducaia et Peixe, présentent une direction générale W.N.W.-E.S.E., perpendiculaire aux précédentes. Leurs profils longitudinaux sont analogues à celui du Peixe, à trois paliers (Fig. 2 B); à l'est de la ville de Socorro, la vallée du Peixe est à 750 m d'altitude, environ; entre cette ville et Lindoia à 700 m d'altitude et, en aval de celle-ci, entre 600 et 640 m. Seul le Camanducaia présente des altitudes différentes, à partir de 1000 m à l'est et autour de 800-850 m dans le tronçon intermédiaire. Ces paliers sont marqués, dans les cours d'eau, par des chutes ou des rapides qui, dans l'ensemble, correspondent à la direction structurale principale, N.N.E.-S.S.W., et semblent représenter une *fall-line*.

Par ailleurs, ces cours d'eau offrent une succession de plaines plus larges, établies en amont des secteurs à pente forte, où le relief devient plus adouci, avec un aspect ondulé ou vallonné, et qui sont en-

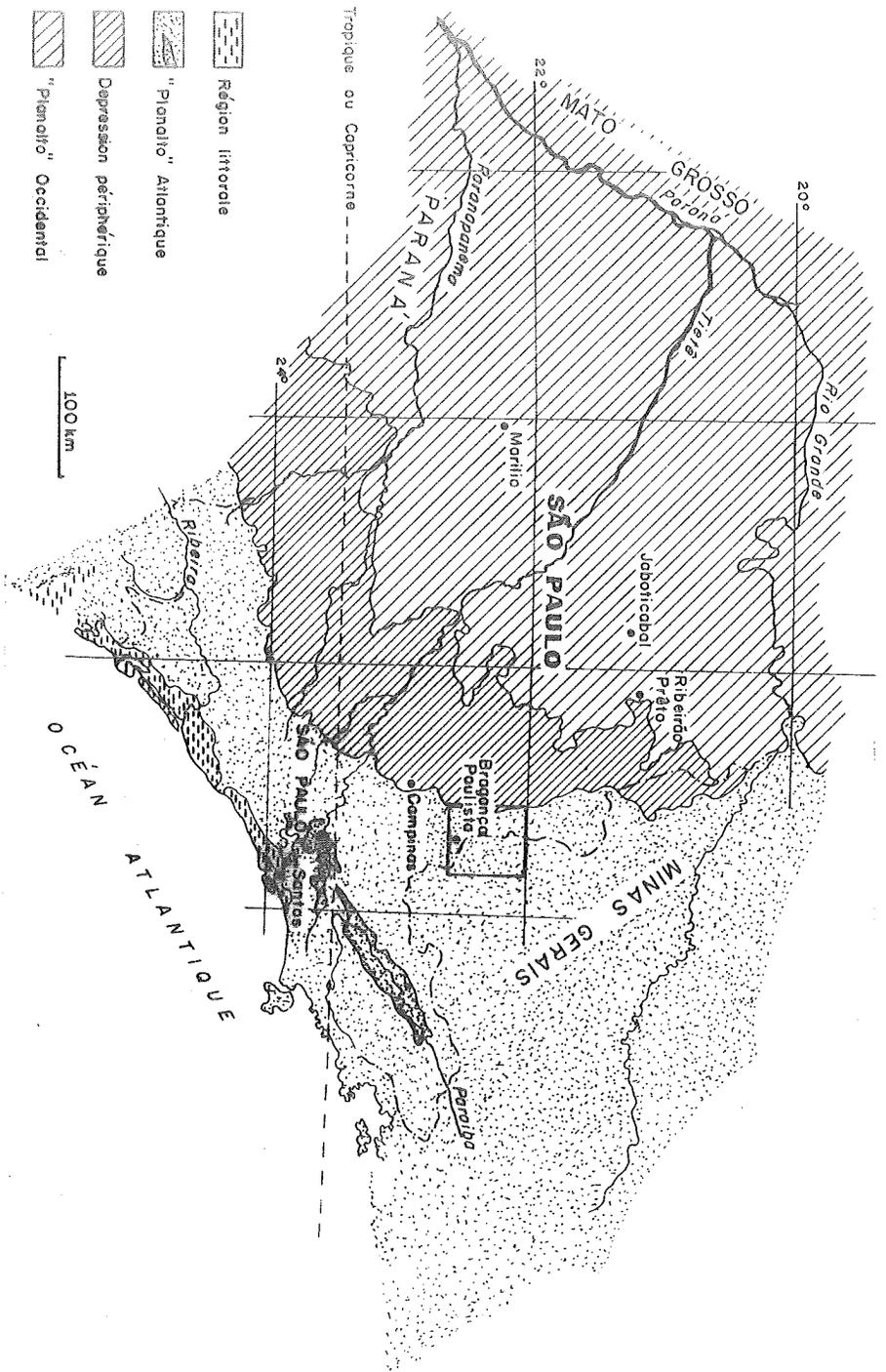


Fig. 1 : Croquis de localisation de la région étudiée.

caissées entre les *Serras* plus élevées. Par contre, aux ruptures du profil longitudinal correspondent des régions à relief beaucoup plus mouvementé que les fleuves traversent, parfois, en véritables gorges. Sur le profil de la figure 2 B, il est possible d'apercevoir que le rio do Peixe traverse une zone à relief moins mouvementé entre Socorro et Lindoia. Ces aspects avaient déjà été remarqués par CARVALHO et ROTTA (1974) et CARVALHO et alii (1975) dans la vallée de l'Atibaia et par QUEIROZ NETO et CASTRO (1974) dans la vallée du Jaguari.

Ces zones à collines sont entourées par un relief montagneux dont les versants sont assez raides, présentant des directions concordantes avec les directions structurales principales.

Le relief est étagé de l'ouest à l'est, comme on peut le voir dans la figure 2 A. Les collines à l'ouest, au contact de la dépression périphérique, atteignent 650 m d'altitude, environ. Une partie intermédiaire se situe entre 800 et 900 m d'altitude tandis qu'à l'est, les montagnes présentent des sommets à 1200-1400 m et même 2000 m plus au sud (Fig. 2).

Les montagnes plus élevées à l'est représentent les témoins des surfaces des *Campos* et des *Cristas Medias* que de MARTONNE (1943) situe respectivement au dessus de 1300 m et à 1000-1200 m. Ces vieilles surfaces tertiaires et pré-tertiaires ont subi des déformations tectoniques, qui les ont soulevés davantage à l'est qu'à l'ouest (ALMEIDA, 1964).

La zone des collines plus basses, à l'ouest, correspond aux témoins de la surface néogène, beaucoup plus développée à l'intérieur de la dépression périphérique.

Entre les surfaces plus élevées et la surface néogène, AB'SABER (1957) avait défini une surface intermédiaire dans la région de São Paulo (surface Itapecirica-Cotia) et AB'SABER et BERNARDES (1958) l'avaient située entre 900-950 m dans la région de São Roque. Il est probable que la zone intermédiaire, qui présente des altitudes de 800-850 m à l'ouest et 900 m et même 1000 m à l'est (Fig. 2), puisse correspondre à des témoins de ces surfaces, que l'on peut corréliser avec la pédiplaine Pd₂ de BIGARELLA et alii (1956), placée par les auteurs dans le Paléogène.

Les zones à relief de collines, emboîtées dans les *Serras* (marquées zones préférentielles des sols à horizon B latosolique sur la carte de la figure 3), représentent des restes de la surface néogène, dont les altitudes sont en rapport avec celles des profils longitudinaux des grands fleuves. Dans la dépression périphérique cette surface se trou-

ve à 650-700 m d'altitude environ; le long du Peixe, entre Lindoia et Socorro, à 750-800 m; sur le Camanducaia, à Pedreira, elle se situe en-

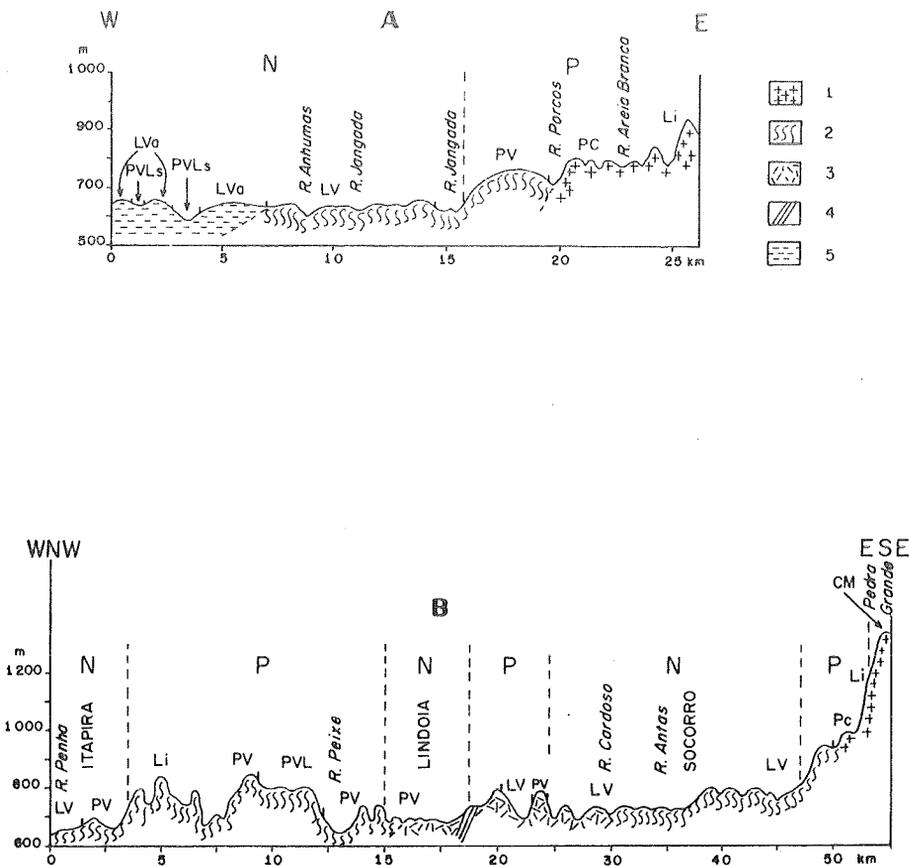


Fig. 2 : Coupes dans la région de la Serra da Mantiqueira nord-occidentale. A : Coupe E-W et l'étagement des surfaces d'érosion. B : Coupe le long du Peixe montrant la position des surfaces néogènes emboîtées. 1 : Granite; 2 : Migmatite; 3 : Gneiss; 4 : Quartzite; 5 : Grès, siltite. Lva : Latosol rouge-jaune sablonneux; LV : Latosol rouge-jaune ortho; PVL : Latosol intergrade podzologique rouge-jaune; PV : Sol podzologique rouge-jaune ortho; PC : Sol podzologique à graviers; Li : Lithosol. N : Surface néogène; P : Surface paleogène; CM : Surface Cristas Médias ou Japi.

core à 650 m, tandis qu'en amont de Monte Alegre do Sul elle est déjà à 800-850 m pour atteindre, à Toledo, à peu près 1000 m; le long du Jaguari, au sud, elle se trouve entre 800 et 850 m, atteignant 900 m sur les vallées affluentes et près de 1000 m à Joanópolis.

Tout le long des grandes vallées, il est possible de rencontrer des dépôts sédimentaires, définis par plusieurs auteurs comme étant antérieures au Pléistocène et analogues à la formation de São Paulo (ALMEIDA et WOHLERS, 1964). Plus récemment, PENALVA (1971), QUEIROZ NETO et CASTRO (1974), CARVALHO et ROTTA (1974) et CARVALHO et alii (1975) ont enregistré la présence de différents types de dépôts sédimentaires. Ils correspondent à des épisodes de l'évolution des vallées, les plus anciens remontant au Pliocène et occupant le sommet des collines, les plus récents datant du Pléistocène et correspondant à des terrasses fluviales (QUEIROZ NETO, 1975).

Une formation superficielle épaisse de plusieurs mètres, atteignant et dépassant parfois 10 m, argileuse ou argilo-sableuse, friable et sans stratification visible, appelée *sédiments modernes* par CARVALHO et ROTTA (1974) et CARVALHO et alii (1975), recouvre les sommets et versants à pentes douces des collines témoins des surfaces néogènes. Ces matériaux apparaissent dans tous les compartiments à reliefs de collines, signalés sur la carte (Fig. 3) comme les zones préférentielles des latosols. Ils sont analogues à ceux étudiés dans d'autres régions de l'Etat de São Paulo et qui ont été interprétés comme de véritables dépôts corrélatifs des surfaces néogènes, datant de la fin Pliocène et du début Pléistocène (QUEIROZ NETO, 1975).

Les dépôts sédimentaires situés en contrebas des versants et en bas de pente, correspondraient à des nappes fluviales, témoins des périodes de rhexistasie et d'encaissement du réseau hydrographique pendant le quaternaire (QUEIROZ NETO, 1975). Ils présentent une texture assez fine, sablo-argileuse; ils sont généralement stratifiés, et reposent souvent sur une couche caillouteuse, au contact avec les roches du substrat.

Dans les plaines alluviales, les sédiments récents présentent une texture fine, sableuse à sablo-argileuse; ils sont parfois assez finement stratifiés.

Dans cette région il est possible, donc, de définir trois éléments très contrastés du paysage, qui témoignent de certains épisodes bien caractéristiques de son évolution :

et même dépassant 10 m d'épaisseur.

3. Les vallées quaternaires et les plaines alluviales récentes, qu'il est possible de mettre en rapport avec certaines formations superficielles à *stone-lines* des versants des *Serras*.

2. LES SOLS

Les sols à horizon B textural et à horizon B latosolique, tels que la *Comissão de Solos* (1960) les a définis, sont dominants dans le Sud-est du Brésil et apparaissent associés dans le paysage (QUEIROZ NETO, 1970). Toutefois, dans la région de la Mantiqueira Nord-occidentale, les premiers sont plus nombreux tandis que les latosols ne se trouvent que dans des compartiments bien délimités, au contraire du Bassin Sédimentaire du Paraná.

La carte des sols au 1/500.000 de l'Etat de São Paulo (*Comissão de Solos*, 1960), ainsi qu'un certain nombre de recherches sur les sols, les formations superficielles et le relief (ROTTA et alii, 1971; CARVALHO et ROTTA, 1974; QUEIROZ NETO et CASTRO, 1974; CARVALHO et alii, 1975 et QUEIROZ NETO, 1975), permettent à l'heure actuelle, une vue d'ensemble sur les problèmes des rapports entre ces éléments du paysage.

Les horizons B de ces deux types de sol présentent des caractéristiques morphologiques et analytiques nettement différentes (Tabl. I), qui semblent en rapport avec leur matériau originel (mise en place, âge, etc.) et avec les processus pédogénétiques (QUEIROZ NETO, 1975).

A côté de ces deux sols, il existe aussi d'autres profils peu développés, les lithosols. Leur épaisseur est inférieure à 60 cm, voire 40 cm, et les plus épais peuvent présenter un début d'horizon B textural. Les caractéristiques analytiques sont généralement semblables à celles des horizons A des profils à B textural : capacité d'échange de bases entre 4 et 15 meq/100 g, saturation en bases entre 8 et 52 % et rapport silice/alumine entre 0,9 et 2,5, plus fréquemment supérieur à 1,6.

La proximité des sols à B textural et à B latosolique entraîne l'existence d'un certain nombre de profils de transition, désignés comme intergrades par la *Comissão de Solos* (1960). Les caractéristiques de leurs horizons de diagnostic sont intermédiaires entre celles des B texturaux et des B latosoliques, mais jamais très nettes, et certains auteurs les ont désignés comme profils à B cambique et classés dans les Inceptisols (CARVALHO et alii, 1975 et ROTTA, 1975). En réalité, il s'agit de profils polycycliques dans lesquels des caractères récents se sont

Tabl. I : Caractéristiques principales des horizons B des profils de sols de la Mantiqueira Nord-occidentale (Comissão de Solos, 1960; ROTTA et alii, 1971; QUEIROZ NETO et CASTRO, 1974; CARVALHO et alii, 1975 et QUEIROZ NETO, 1975).

B textural	B latosolique
Transitions distinctes ou abruptes entre les horizons A et B.	Transitions diffuses.
Epaisseur entre 0,60 et 1,30 m.	Epaisseur plus grande que 3 m.
Rapport textural A/B supérieur à 1,4.	Rapport textural A/B inférieur à 1,3.
Pourcentage d'argile naturelle relativement élevé.	Pourcentage d'argile naturelle relativement bas.
Structure à agrégats polyédrique angulaire ou subangulaire.	Structure à agrégats granulaire, fine ou massive.
<i>Cutans</i> continus, toujours visibles.	<i>Cutans</i> rarement présents.
Porosité plus faible.	Porosité plus élevée.
Capacité d'échange des bases entre 3 et 13 meq/100 g de sol.	Capacité d'échange des bases entre 2 et 10 meq/100 g de sol.
Saturation en bases entre 10 et 80 %.	Saturation en bases inférieure à 15 %.
Rapport SiO_2/Al_2O_3 supérieur à 1,5.	Rapport SiO_2/Al_2O_3 inférieur à 1,6.
Rapport SiO_2 /sesquioxydes supérieur à 1,5.	Rapport SiO_2 /sesquioxydes inférieur à 1,3.

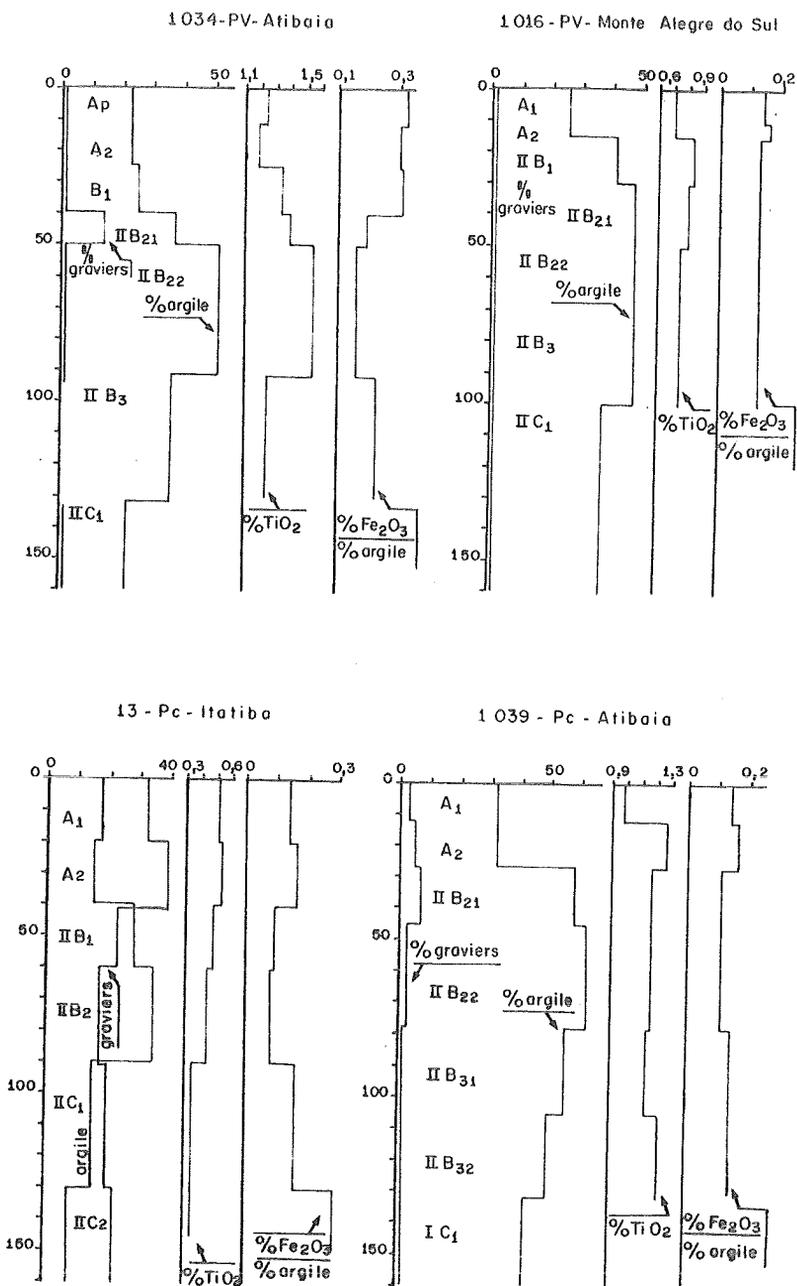


Fig. 4 : Variations de certaines données analytiques en fonction de la profondeur du sol; profils à B textural, PV : Sols podzoliques rouge jaune ortho (1016 - ROTTA et alii, 1971; 1034 - CARVALHO et alii, 1975); Pc : Sols podzoliques à graviers (13 - Comissão de Solos; 1039 - CARVALHO et alii, 1975).

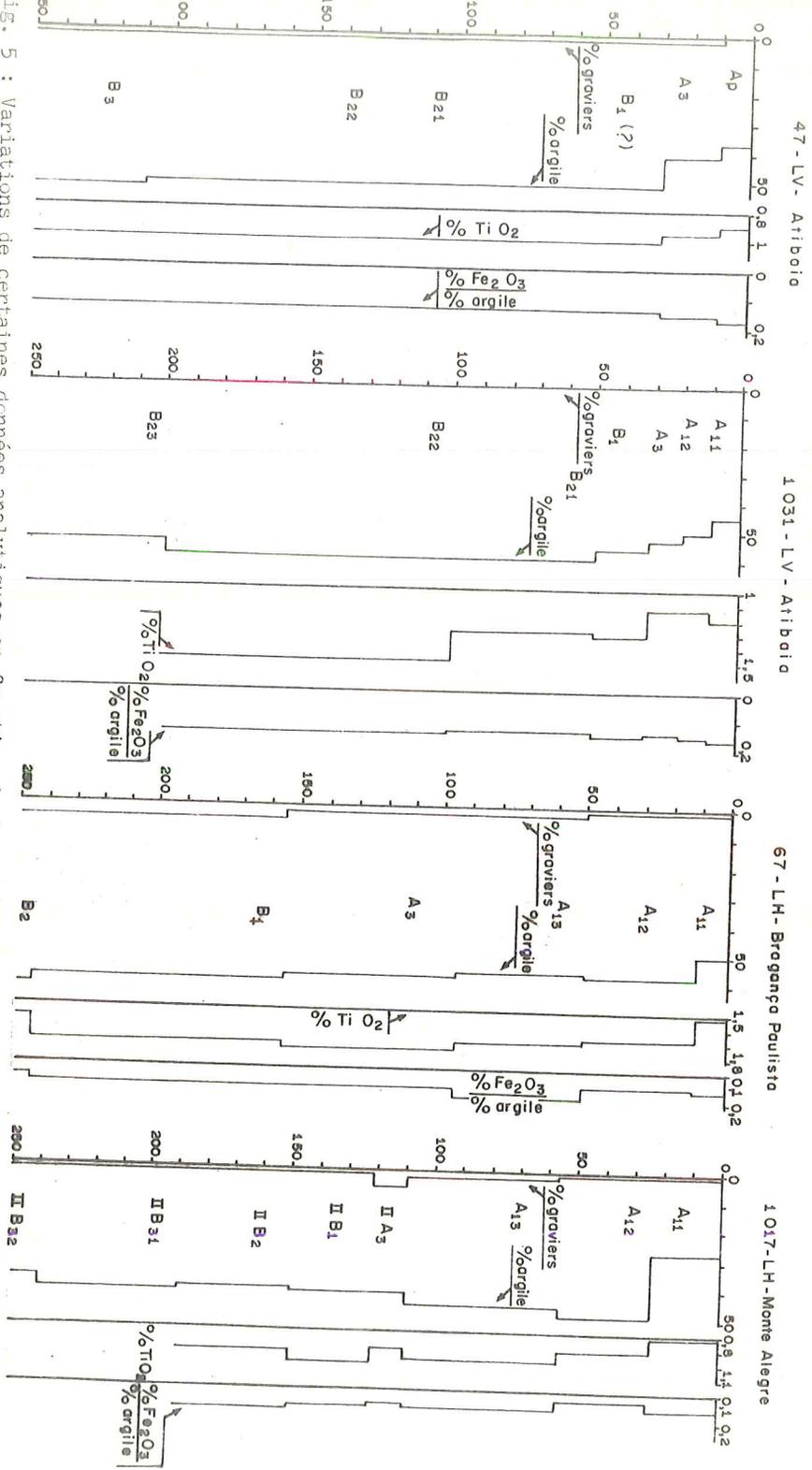


Fig. 5 : Variations de certaines données analytiques en fonction de la profondeur du sol; profils à B latosolique.
 LV : Latosol rouge ortho (47 - Comissão de Solos, 1960; 1031 - CARVALHO et alii, 1975); LH : Latosol
 rouge jaune humique (67 - Comissão de Solos, 1960; 1018 - ROTTI et alii, 1971).

ajoutés à des traits plus anciens(QUEIROZ NETO, 1975).

Tous ces profils se développent sur des matériaux remaniés, présentant des discontinuités lithologiques marquées par la présence de *stone-lines*, par des transitions abruptes entre les horizons, par des nappes caillouteuses, surtout à la base des profils, et par des changements du rapport sables fins/sables grossiers, des teneurs en titane, des rapports fer/argile, silice/alumine, etc.(QUEIROZ NETO, 1975).

Sur les figures 4 et 5 sont représentés quelques-uns des résultats analytiques obtenus pour certains profils à horizon B textural et à horizon B latosolique. Il est possible de voir que certaines différences entre les horizons A et B des sols à B textural sont très marquées, il en est de même entre les B et les C (Fig. 4). Les B latosoliques ont une allure plus régulière (Fig. 5).

Des variations importantes dans la nature des sols à B textural se situent entre 25 et 50 cm de profondeur. Le passage des horizons A aux horizons B est marqué par des *stone-lines* (profils 1034 et 1039) ou par des changements importants du pourcentage de graviers (Fig. 4). A ces changements, il faut ajouter les variations des teneurs en titane de la fraction argileuse, mais qui ne sont pas dans le même sens : tandis que sur le profil 1034, les teneurs en TiO_2 augmentent en profondeur, sur les profils 13 et 1039, elles diminuent.

Le profil 1016 (Fig. 4) ne présente aucune modification du pourcentage de graviers. La teneur en TiO_2 , par contre, montre une augmentation assez nette de l'horizon A vers l'horizon II B₁, qui semble accompagner celle de l'argile. Ceci n'est plus vrai en direction de l'horizon II B₂₁ où, en dépit d'une augmentation importante de l'argile, il y a diminution du titane.

Ces variations sont interprétées comme étant dues à la présence de discontinuités lithologiques et de matériaux originels différents pour les horizons de surface et pour les horizons inférieurs. Au point de vue pédologique, la variation de teneur en TiO_2 des sols à B textural devrait, soit accompagner l'accroissement des teneurs en argile, soit augmenter relativement de bas en haut, en raison de sa faible mobilité. Or, comme les variations des teneurs ne semblent pas obéir à une règle générale, ce phénomène ne peut pas être interprété comme étant de nature purement pédologique.

Les rapports entre %Fe₂O₃ et %argile montrent aussi des variations aux mêmes niveaux, diminuant normalement du A vers le B (profils 13, 1034 et 1039), et augmentant ensuite vers la base des profils. Il avait été possible de montrer, auparavant, que dans les horizons C de ces profils, la libération de fer était plus rapide que la formation des argiles, et que le rapport fer/argile y était toujours plus grand que dans les horizons supérieurs (QUEIROZ NETO, 1975).

Sur l'ensemble des horizons B, le rapport fer/argile est assez constant, ce qui indiquerait une évolution et une dynamique simultanées pour ces deux éléments. Cependant, les valeurs du rapport sont normalement plus élevées sur les horizons A, ce qui semble indiquer ici une évolution et une dynamique différentes et laissant supposer une superposition de matériaux différents.

Par ailleurs, les horizons de surface de ces sols semblent être moins altérés que les horizons B : les rapports silice/alumine sont normalement plus élevés (Fig. 6) et, souvent, il y a davantage de minéraux primaires, au moins dans la fraction argileuse (ROTTA, 1975). Il semblerait que les valeurs plus élevées du rapport fer/argile sur ces horizons seraient dues à un phénomène analogue à celui retrouvé sur les horizons C, à savoir, qu'il y aurait une libération de fer plus rapide que la formation des argiles. Le profil 1016 montre des valeurs %Fe₂O₃ / %argile assez constantes sur toute l'épaisseur du profil, à l'exception d'une augmentation dans l'horizon A₂, où a été signalée une discontinuité lithologique.

Ces discontinuités lithologiques des sols à B textural se présentent à des profondeurs sensiblement analogues aux épaisseurs des horizons A des lithosols (rapport silice/alumine de la Fig. 6). Sous ces horizons il y a aussi des signes de discontinuité (*stone-lines*, etc.); les caractéristiques des horizons A des lithosols et des sols à B textural étant semblables, il est possible de leur attribuer une genèse commune.

Sur la figure 5, sont reportées certaines données analytiques des sols à horizon B latosolique qui montrent des variations plus faibles, à l'intérieur des profils, que celles de la figure 4 relative aux sols à B textural. Il y a toujours une certaine augmentation des teneurs en argile entre les horizons A et B, surtout dans le profil 1017, où le passage est marqué par une ligne de graviers. Les valeurs sont assez constantes dans l'ensemble des horizons B, à l'exception du TiO₂ du pro-

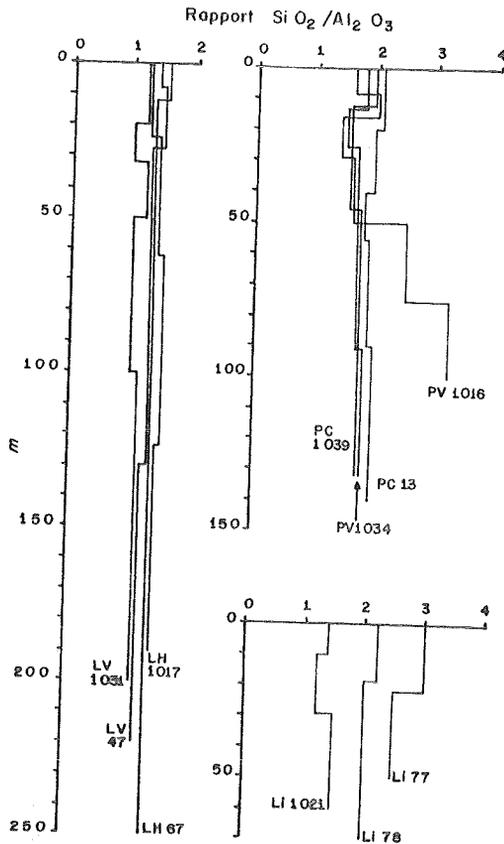


Fig. 6 : Variations du rapport $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ en fonction de la profondeur du sol. PV : Sols podzoliques rouge jaune ortho; Pc : Sols podzoliques à graviers; Lv : Latosol rouge jaune ortho; LH : Latosol rouge jaune humique; Li : Lithosol (77 et 78 - *Comissão de Solos*, 1960; 1021 - *ROTTA et alii*, 1971).

fil 1031.

Cette homogénéité des données analytiques avait déjà été signalée dans d'autres régions de l'Etat de São Paulo (QUEIROZ NETO, 1970). Les matériaux originels des latosols sont assez homogènes et ils sont en place depuis un temps assez long pour que les actions pédogénétiques, y compris les actions biologiques, aient joué dans le sens de l'homogénéisation (QUEIROZ NETO, 1975). Ce n'est qu'à la base des horizons B, au contact des C, qu'il est possible de remarquer la présence de discontinuités lithologiques, représentées par des nappes caillouteuses ou des

sédiments (voir plus haut).

La position des *Intregrades* parmi ces sols n'est jamais bien définie. Au point de vue de l'altération, ils sont placés soit entre les B texturaux et les B latosoliques (Comissão de Solos, 1960), soit comme des sols peu développés - Inceptisols (ROTTA, 1975; CARVALHO et alii, 1975). Comme nous l'avons signalé, il s'agit de profils polycycliques où, à une ancienne altération latosolique, viennent se superposer des processus de migration d'argile et un certain rajeunissement des profils.

En résumé, il est possible de distinguer trois types de matériaux dans la région de la Mantiqueira nord-occidentale :

1. Les matériaux les plus épais et les plus altérés, portant des sols à B latosolique, et possédant des discontinuités à la base des horizons B, ce qui indique qu'il s'agit de matériaux remaniés.
2. Les matériaux correspondant aux horizons B des sols à B textural, où les analyses minéralogiques et les valeurs des rapports silice/alumine indiquent une altération moins poussée que sur les précédents. Assez souvent, ils se présentent aussi comme des matériaux remaniés.
3. Les matériaux correspondant aux horizons A des sols à B textural et à l'ensemble des profils des lithosols, dont les analyses minéralogiques et les rapports silice/alumine indiquent une altération encore moins poussée que sur les précédents. Ces matériaux correspondent à des remaniements assez récents sur les versants.

Tous ces matériaux, avec leur profils de sol, se trouvent dans des situations bien caractéristiques dans le paysage. Les sols à B latosolique recouvrent les collines correspondant aux témoins des surfaces néogènes, fin-tertiaire ou plio-pléistocène, qui se trouvent le long des principaux cours d'eau (Fig. 3). Les sols à B textural et les lithosols se développent sur les formations superficielles moins épaisses des versants, des sommets des *Serras* et des régions montagneuses qui entourent les précédentes; ils sont relatifs à des processus de dépôt et de pédogénèse du Pléistocène supérieur et de l'Holocène.

3. LES SOLS ET L'EVOLUTION DU MODELE

La fin du Mésozoïque a été marquée par une intense activité tectonique et volcanique, tandis que le Tertiaire, et surtout le Quaternaire, ont été beaucoup plus stables (ALMEIDA, 1969). Après l'élaboration de la

surface des Cristas Medias ou du Japi, post-crétacée, vient une longue période d'érosion pendant laquelle le réseau hydrographique a pu mettre en relief les structures les plus résistantes (ALMEIDA, 1964). Un climat assez sec, pendant le Tertiaire, a permis l'élaboration d'une pédiplaine assez étendue, correspondant au Pd₂ de BIGARELLA et alii (1965) et aussi aux surfaces São Roque et Itapeçerica-Cotia de AB'SABER et BERNARDES (1958) et de AB'SABER (1957). Une certaine activité tectonique, le soulèvement et le basculement de l'ensemble de la région, a déformé partiellement ces surfaces.

Vers la fin du Tertiaire, après une période d'entaille par le réseau hydrographique, une nouvelle phase climatique sèche a permis l'élaboration de la surface néogène ou Pd₁ de BIGARELLA et alii (1965). Les formations sédimentaires de la vallée de l'Atibaia, par exemple, sont des dépôts corrélatifs de cette surface ainsi que ceux rencontrés sur les sommets des collines tout le long des principaux cours d'eau. L'élaboration de la surface néogène se termine par un phase assez longue de colluvionnement qui, débutant encore à la fin du Pliocène, s'étend au Pléistocène inférieur. Cette phase de colluvionnement est liée à une érosion intense des versants des *Serras* et à l'enlèvement des matériaux altérés qui s'y trouvaient.

Ces phénomènes sont à l'origine des formations superficielles épaisses qui recouvrent les sommets des collines et les versants à pente douce, sur lesquelles se sont développés les sols à horizon B latosolique. Ces sols seraient contemporains des latosols rouge jaune sablonneux, qui ont pris une grande extension à l'intérieur de la Dépression Périphérique sur les sédiments néo-cénozoïques de la formation Rio Claro, des latosols rouge foncé du bassin sédimentaire de São Paulo et des latosols rouge jaune sablonneux du bassin sédimentaire de Taubaté. Ainsi, les sols à horizon B latosolique représentent le résultat d'une longue pédogenèse, pendant une grande partie du Quaternaire, et leurs matériaux originaux sont vraisemblablement corrélatifs de la surface plio-pléistocène.

Après l'élaboration de ces surfaces et la mise en place de leurs dépôts, le Quaternaire présente un climat à tendance humide, permettant l'entaille généralisée du relief par le réseau hydrographique, pendant que le lent soulèvement de l'ensemble se poursuit. Des périodes plus sèches ou des saisons plus contrastées, ont permis une érosion plus accentuée des versants plus raides, surtout autour des niches de source, qui prennent peu à peu la forme de grands entonnoirs. Au pied de ces grands entonnoirs il y a des dépôts de pente et des cônes d'éboulis, qui

témoignent des actions érosives des périodes quaternaires plus sèches. Les hauts versants des *Serras* prennent ainsi leur aspect festonné actuel et les parties saillantes où l'érosion a eu un moindre effet, conservent une altération et des formations superficielles remaniées plus épaisses (QUEIROZ NETO et CASTRO, 1974).

Les sols à horizon B textural se trouvent surtout sur ces versants et sur les sommets des hautes surfaces, avec les sols peu évolués. Ils se sont formés pendant une période de biostasie, où l'altération chimique l'emportait sur l'érosion. Des sols relativement épais à horizon B textural se sont formés, tandis que le front d'altération s'approfondissait. Cette période du Pléistocène supérieur semble pouvoir être mise en rapport avec l'interglaciaire Riss-Würm de l'hémisphère nord.

Une phase de rhexistasie (de courte durée et peu intense) est responsable de l'érosion partielle des profils, avec l'enlèvement des horizons A et même dans certains cas, de la destruction totale des profils. En conséquence, un pavage de graviers et de cailloux s'est formé à la surface des sols érodés. Cette période plus sèche semble correspondre à la limite Pléistocène-Holocène et peut, en certains cas, être mise déjà dans l'Holocène.

Une phase de colluvionnement généralisée a recouvert ce pavage d'une formation superficielle plus récente encore, qui est à l'origine des horizons A aussi bien des sols à B textural que des lithosols.

Les horizons B texturaux seraient, ainsi, les témoins d'une phase humide précédente et constituerait des véritables paléosols dans le paysage.

BIBLIOGRAPHIE

- AB'SABER, A.N., 1957. Geomorfologia do sitio urbano de São Paulo. *Univ. S. Paulo, Bol. Fac. Fil. Ciências e Letras*, 212, *Geografia*, 12, 343 p.
- AB'SABER, A.N. & BERNARDES, N., 1958. Vale do Paraíba, Serra da Mantiqueira e arredores de São Paulo. Rio de Janeiro, *XVIII Congrès International de Géographie, Guide de l'Excursion n° 4*.
- ALMEIDA, F.F.M., 1952. Novas ocorrências de camadas supostamente pliocênicas nos Estados de São Paulo e Paraná. *Bol. Sociedade Brasileira de Geologia*, V (1), 53-58.
- ALMEIDA, F.F.M., 1964. Fundamentos geológicos do relevo paulista. In *Geologia do Estado de São Paulo*, Instituto Geográfico Geológico, Bol., 41, 169-263.
- ALMEIDA, F.F.M., 1969. Diferenciação tectônica da plataforma brasileira. *Sociedade Brasileira de Geologia, XXIII Congresso Brasileiro de Geologia*, 29-46.
- BIGARELLA, J.J., MOUSINHO, M.R. & SILVA, J.X., 1965. Pediplanos, pedimentos e seus depósitos correlativos no Brasil. *Bol. Paranaense de Geografia*, 16/17, 117-152.
- CARVALHO, A., LEPSCH, I., OLIVEIRA, J.B., VALADARES, J. & ROTTA, C.L., 1975. Levantamento pedológico semidetalhado do município de Atibaia, SP. *Bragantia*, 34, 1-58.
- CARVALHO, A. & ROTTA, C.L., 1974. Estudo das formações superficiais do município de Atibaia, SP. *Bol. Paulista de Geografia*, 49, 5-22.
- COMISSAO DE SOLOS, 1960. Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado de São Paulo. Rio de Janeiro. *Ministério da Agricultura, Serv. Nac. Pesquisa Agropecuária, Bol.*, 12, 634 p.
- MARTONNE, E.de, 1943. Problemas morfológicos do Brasil Tropical Atlântico. *Revista Brasileira de Geografia*, V (4), 523-550.
- PENALVA, F., 1971. Sedimentos neocenoicos nos vales dos rios Jundiá, Atibaia e Jaguari (Estado de S. Paulo). *Bol. Paulista de Geografia*, 46, 107-138.
- QUEIROZ NETO, J.P., 1970. Les rapports entre les sols et les formations superficielles de l'Etat de São Paulo, Brésil. Etat actuel des connaissances. *Bull. Association Sénégalaise pour l'Etude du Quaternaire*, 26, 57-75.
- QUEIROZ NETO, J.P., 1970. Etude sur le degré d'altération de quelques profils de sols de l'Etat de São Paulo, Brésil. *Science du sol*, 2, 73-85.

- QUEIROZ NETO, J.P., 1974. Proposição de uma tipologia dos materiais de origem dos solos do Brasil de Sudeste. *Noticia Geomorfológica*, 17 (27/28), 77-94.
- QUEIROZ NETO, J.P., 1975. Pedogênese no Planalto Atlântico. Contribuição à interpretação paleogeográfica dos solos da Mantiqueira Norte Ocidental. *Tese Livre Docencia, Dep. Geografia, Fac. Fil. Letras Ciências Humanas, Univ. S. Paulo*, 270 p.
- QUEIROZ NETO, J.P. & CASTRO, S.S., 1974. Formações superficiais e Latossolo Vermelho Amarelo Húmico na área de Bragança Paulista, Est. S. Paulo, Brasil. *Sociedade Brasileira de Geologia, XXVIII Congresso Brasileiro Geologia*, 3, 65-83.
- ROTTA, C.L., 1975. Mineralogia de solos de uma toposequencia de Atibaia, SP. *Tese Mestrado, USP, Instituto de Geociências*, 88 p.
- ROTTA, C.L., JORGE, J.A., OLIVEIRA, J.B. & KUPPER, A., 1971. Levantamento pedológico detalhado da Estação Experimental de Monte Alegre do Sul. *SP. Bragantia*, 30, 215-276.
- WERNICK, E., 1967. Quadros geomorfológicos da quadricula de Amparo. *Noticia Geomorfológica*, 7 (13/14), 31-41.
- WERNICK, E. & ARTUR, A.C., 1974. Petrofábrica de migmatitos dos arredores de Amparo. *SP. Revista Brasileira de Geociências*, 4, 27-39.
- WOHLERS, A., 1964. Cenozoico. In *Geologia do Estado de São Paulo*. Instituto Geográfico Geológico, Bol., 41, 147-164.