O ROMPIMENTO DO ECOSSISTEMA NA REGIÃO DE AVARÉ - S.P. DAS ORIGENS À REFORMULAÇÃO

NILZA APARECIDA FRERES STIPP

Professora Assistente do Departamento de Geociências
da Fundação Universidade Estadual de Londrina

Orientador: Dr. Geraldo Victorino de França

Tese apresentada à Escola Superior de
Agricultura «Luiz de Queiroz», da
Universidade de São Paulo, para ob-
tenção do título de Doutor em Solos
e Nutrição de Plantas.

P I R A C I C A B A

Estado de São Paulo — Brasil

Outubro, 1978

A meus pais,

pela dedicação com que me
acompanharam durante a execu
ção deste trabalho.

A G R A D E C I M E N T O S

- ao Prof. Dr. *Geraldo Victorino de França*, da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", de Piracicaba, pelo inestimável apoio e pela valiosa orientação na execução do presente trabalho;
- à *Fundação Regional de Avaré* e ao Prof. *Álvaro José de Souza*, pelo incentivo dado no início desta pesquisa;
- à *Casa da Agricultura de Avaré* pelo fácil acesso às fotografias aéreas da região, tão utilizadas neste trabalho;
- à *Fundação Universidade Estadual de Londrina* e ao *Departamento de Geociências*, agradecimentos especiais, pelo apoio dado no final desta pesquisa, indispensáveis ao desenvolvimento da mesma;
- ao *Departamento de Ciências do Solo*, da *Faculdade de Ciências Agrônômicas*, da *Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho"*, agradecimentos pelo valioso estágio proporcionado, indispensável aos resultados desta pesquisa;
- à *Coordenadoria de Pesquisa e Pós-graduação* e ao *Laboratório de Estudos Geo-Econômicos da FUEL*, pelo reforço concedido para o término desta pesquisa;

- ao Prof. Dr. *Newton Dezoti*, do Instituto Básico de Biologia Médica e Agrícola do "Campus" de Botucatu, da Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", agradecimentos pelo apoio dado no final deste trabalho;
- à meu esposo, pela compreensão e dedicação constantes indispensáveis para a realização deste trabalho;
- à todos os que, de um modo ou de outro, colaboraram para a realização deste trabalho.

A autora.

Í N D I C E

1 - RESUMO	1
2 - INTRODUÇÃO	3
2.1 - OBJETIVOS GERAIS	3
2.2 - OBJETIVOS ESPECÍFICOS	4
3 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	5
4 - MATERIAL E MÉTODOS	14
4.1 - LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	14
4.2 - MATERIAL	16
4.3 - MÉTODOS	16
4.3.1 - FOTOINTERPRETAÇÃO	16
4.3.2 - OBSERVAÇÕES DE CAMPO	17
4.3.3 - ANÁLISE MACROSCÓPICA DE ROCHAS	18
4.3.4 - ANÁLISE GRANULOMÉTRICA	18
4.3.5 - DISPERSÃO E FRACIONA- MENTO DAS AMOSTRAS	19
4.3.6 - MORFOMETRIA E TEXTURA SUPERFICIAL DAS PARTÍ- CULAS SEDIMENTARES	22
5 - RESULTADOS	25
5.1 - FATORES LITOLÓGICOS E ESTRUTURAIS	25
5.1.1 - GEOLOGIA	25
5.1.2 - RELEVO	32

5.2 - FATORES HIDROGRÁFICOS, CLIMÁTICOS E EDÁFICOS	38
5.2.1 - CLIMA	40
5.2.2 - HIDROGRAFIA	48
5.2.3 - SOLOS	48
5.2.4 - CAPACIDADE DE USO DAS TERRAS	56
5.3 - FATORES BIOGEOGRÁFICOS E A AÇÃO ANTRÓPICA	56
5.3.1 - A VEGETAÇÃO	56
5.3.2 - O POVOAMENTO DA REGIÃO	57
5.3.3 - AÇÃO ANTRÓPICA	58
6 - DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	59
6.1 - FATORES LITOLÓGICOS E ESTRUTURAIS	59
6.2 - FATORES HIDROGRÁFICOS, CLIMÁTICOS E EDÁFICOS	60
6.3 - FATORES BIOGEOGRÁFICOS E A AÇÃO ANTRÓPICA	63
6.4 - APLICAÇÕES PRÁTICAS	64
7 - CONCLUSÕES	69
8 - SUMMARY	72
9 - LITERATURA CITADA	74

Í N D I C E D E F I G U R A S

FIGURA 1 - Localização e limites do município de Avaré	15
FIGURA 2 - Mapa Geológico de Avaré	26
FIGURA 3 - Foto da Voçoroca designada nº 1, mostrando detalhe do sedimento bem estratificado	28
FIGURA 4 - Foto da Voçoroca designada nº 1, mostrando o estabelecimento de vegetação nos trechos menos inclinados dos taludes	29
FIGURA 5 - Foto da Voçoroca designada nº 2, mostrando as diversas colorações dos arenitos, de vermelho a esbranquiçado	30
FIGURA 6 - Foto da Voçoroca designada nº 3, mostrando a forma de estabilização que nela está sendo usada	31
FIGURA 7 - Divisão Fisiográfica do Estado de São Paulo	33
FIGURA 8 - Perfil transversal das Voçorocas da região de Avaré	35

FIGURA 9 - Classificação de Encostas com binando-se a curvatura de Per fil e curvatura de Linhas de Nível	37
FIGURA 10 - Localização das Voçorocas em relação às áreas urbanas e ru ral e às bacias hidrográficas dos rios Lajeado e Novo	39
FIGURA 11 - Representação gráfica do ba - lanço hídrico de Avaré	43
FIGURA 12 - Classificação climática de Avaré	47
FIGURA 13 - Mapa de Solos de Avaré	52

Í N D I C E D E T A B E L A S

TABELA 1 - Graus de arredondamento para caracterização descritiva do arredondamento	24
TABELA 2 - Classificação das voçorocas estudadas	38
TABELA 3 - Precipitação Pluviométrica de Avaré	41
TABELA 4 - Balanço hídrico de Avaré (S. P.) segundo THORNTWAITE e MATHER (1955)	42
TABELA 5 - Resultados da análise granu- lométrica	53
TABELA 6 - Resultados do fracionamento da areia total	54
TABELA 7 - Valores dos graus de arredon- damento e de esfericidade da fração modal (areia fina)	55

1 - R E S U M O

Este trabalho se propôs a descobrir as causas do rápido processo de envorocamento da região de Avaré (S.P.), através dos dados disponíveis relativos aos agentes bioclimáticos.

Pesquisou-se também por meio de análise aerofotográfica, observações de campo, análise granulométrica, grau de arredondamento e esfericidade da fração modal (areia fina), e estudos correlatos, de áreas estrategicamente escolhidas.

Demonstrou-se o rompimento do Ecossistema na região através do estudo de suas causas, processos e consequências.

O estudo procurou ainda, indicar procedimentos, tipos de estruturas hidráulicas e outros tipos de proteção, bem como sugestões para o controle da erosão, tanto na zona rural como na urbana.

Como principal conclusão do trabalho, consta - tou-se que a natureza do solo, aliada às condições climáti- cas, à topografia local e ao mau uso da terra, são os fato- res que contribuíram efetivamente para o rompimento do Ecos- sistema na região de Avaré, conduzindo a um processo acelerado de erosão do tipo voçoroca.

2 - I N T R O D U Ç Ã O

Nos últimos anos, têm-se observado, no município de Avaré e adjacências, um rápido processo de envoçorocamento, que ocorre em solos arenosos e profundos, de relevo suavemente ondulado e originalmente coberto com vegetação do tipo cerrado.

2.1 - OBJETIVOS GERAIS

Este trabalho objetiva estudar os vários elementos constituintes do meio físico que, no conjunto, formam uma cadeia onde cada elemento deverá estar em equilíbrio com os demais. Quando se introduzem alterações em qualquer um dos elementos do meio físico, ocorrerá um desequilíbrio afe-

tando todo o conjunto.

Como na área de estudo as voçorocas são formas de erosão próprias de áreas de desequilíbrios, estudando-se cada elemento, pretende-se avaliar qual deles poderá ter se alterado mais profundamente e rompido o equilíbrio ecológico.

2.2 - OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Os solos do município de Avaré apresentam sinais de degradação facilmente perceptíveis, principalmente - por se manifestarem através de um rápido processo de envorocamento.

Este trabalho se propôs a descobrir as suas causas, através dos dados disponíveis relativos aos agentes bioclimáticos e através da pesquisa, por meio da análise aerofotográfica, análises de laboratório e estudos correlatos, de locais estrategicamente escolhidos.

Sobretudo se propôs a demonstrar o rompimento do Ecossistema na região, mediante o estudo de suas causas, processos, consequências, bem como fornecer subsídios para a reformulação da ação humana.

3 - R E V I S Ã O B I B L I O G R Á F I C A

Tomando como base as referências sobre a geomorfologia da região, feitas principalmente por AB'SABER (1954), complementada com um mapa geológico (IGG-1974), observa-se que a área em estudo é constituída predominantemente por terrenos da Era Mesozóica.

Repousando em discordância sobre a formação Serra Geral (Eocretácea) está a formação Bauru (Neocretácea), formada por arenitos de diversas cores e textura variando de arenosa e areno-siltosa.

Os depósitos de cobertura Neoceno-zóicos são terrenos de pequena espessura que cobrem em grandes proporções as rochas pré-existentes, acompanhando as ondulações do relevo regional.

Para AB'SABER (1969), esses mantos detríticos aperfeiçoaram o caráter convexo das topografias tropicais úmi das paulistas, em áreas de vertentes e interflúvios.

O que se tem observado é que geralmente os perfis de solo ficam contidos dentro dos depósitos de cobertura, ou melhor, se desenvolveram sobre eles; e que são pouco extensas as áreas onde os horizontes pedogênicos se encontram diretamente assentados sobre as camadas de arenito Bauru situadas abaixo da "stone line".

FREITAS (1955) e AB'SABER (1969) afirmaram que o arenito Bauru é o maior contribuinte para a formação dos paleopavimentos da região de Franca.

VIEIRA (1974) observou, ao estudar as camadas arenosas das voçorocas, que elas possuem as mais variadas espessuras e que raramente se apresentam descontínuas.

GUERRA (1966) afirmou que as voçorocas surgem devido à erosão pelo escoamento superficial e, quando aparecem em grande número e paralelas, fazem surgir áreas de "badland", isto é, áreas erodidas pela erosão pluvial, cheias de sulcos ou valetas de profundidades variadas.

Segundo SCHWAB et alii (1960), ainda que a formação de voçorocas seja um processo geológico natural, a destruição ou redução da cobertura vegetal pela atividade humana pode acelerar o processo, em proporções alarmantes.

MAGNANINI (1970) frisa que os solos não podem fornecer produtos agrícolas se faltar água às plantas cultivadas. A erosão superficial não pode ser controlada nem a água armazenada nos solos, em quantidade suficiente, sem a presença de vegetação protetora. Esta fornece uma proteção

barata e eficaz contra a erosão pelas águas e pelos ventos. A ruptura de um elo que seja, na cadeia que suporta a vida na Terra, pode trazer grande perigo para alguns organismos e apenas pequenos distúrbios em outros, mas traz grandes riscos para o desequilíbrio ecológico.

MENDES (1968) observou que, muitas vezes em terrenos pouco inclinados, a erosão superficial e a subterrânea se conjugam, dando origem a grandes sulcos ramificantes, profundos e de largura variável, conhecidos como voçorocas. É um fenômeno comum às regiões tropicais e na sua progressão põe em risco terras de cultura, benfeitorias, cidades, rodovias, etc...

LEINZ e AMARAL (1975) concluíram que a formação de voçorocas está ligada a fenômenos de escorregamento, que se caracterizam por rasgões profundos e abruptos num terreno não muito inclinado, onde é considerável a massa de terra removida pela erosão. Afirmam também que sua formação pode ser atribuída à ação conjunta da erosão superficial e da erosão pela água subterrânea. Se a erosão superficial atingir o nível hidrostático em sedimentos arenosos, ou se cortar o contato inferior destes com sedimentos impermeáveis que represem as águas, estas vão escoar-se rapidamente, arrastando consigo as areias soltas de baixo, desmoronando-se a parte superior como consequência do escorregamento.

Em pouco tempo a ação conjugada da erosão superficial e do escorregamento das camadas inferiores provoca uma erosão intensiva e nefasta. As voçorocas, segundo esses autores, são de formação recente, provavelmente não tendo mais de um século, sendo que a devastação das matas e o abandono de solos cultivados, são as principais causas de aspectos tão desoladores.

Segundo CASE e BERGSMARK (1965), o fator mais importante na erosão do solo é a água corrente. À medida que as rochas se desintegram, a água da chuva arrasta partículas do produto residual e as transporta em direção aos oceanos. Sempre haverá erosão, mas existem terrenos em declive por onde as águas se escoam rapidamente, acelerando o processo erosivo. Mas "a efetividade do processo em cada lugar é conditionada por certo número de variáveis naturais e artificiais. O homem contribui muito para acentuar o processo e com um grau de eficácia que já tem produzido notáveis exemplos de esgotamento de terreno e tem determinado a deterioração de grandes extensões de terras cultiváveis e de pastos" *

Inúmeras pesquisas sobre os mecanismos da erosão pela chuva, relatadas por SMITH e WISCHMEIER (1962) e por HUDSON (1971), mostram que existe correlação entre as perdas de terra e fatores como a intensidade de chuva, quantidade de energia cinética aplicada ao solo, erodibilidade do solo, etc., bem como entre tipos de erosão e a forma sob a qual ocorre o deflúvio ou escoamento superficial, isto é, se laminar ou difuso, se concentrado em canais.

Em geral, os autores reconhecem que, dependendo da natureza do solo, qualquer concentração de deflúvio é uma causa potencial de formação de voçoroca.

BLOOM (1970), em suas considerações sobre a evolução das paisagens em sequências de formas previsíveis, através de análises experimentais ou de observações mostra-nos - paisagens reais evoluindo em condições aceleradas. Por exem

* (Repr. com autorização de Mimeographed Material in Soil Erosion and Flood Control, por H.H. BENNETT, Graduate School, Departamento de Agricultura dos E.U.A. 1928, pág. 1).

plo, gargantas erodidas em aterro artificial, em sítios de construção, podem ser facilmente observadas. Gargantas maiores, até 30 m de profundidade e alguns km de comprimento, desenvolveram-se em áreas desbravadas para a agricultura, em períodos de tempo menores do que um século.

Segundo PETRI (1970), as voçorocas constituem verdadeiros rasgões profundos e abruptos em terreno não muito inclinado, onde é considerável a massa de terra levada pela erosão. São formas recentes de erosão que tem como ponto de partida estradas abandonadas, culturas mal manejadas, etc.

Em estudos feitos por PAIVA NETO e PACCOLA (1972), SEIGNEMARTIM e ROCHA CAMPOS (1976), no município de Botucatu, constatou-se a presença de camadas argilosas a profundidades variáveis, pertencentes ao Cenozóico; e em estudos posteriores, feitos por PIEDADE, CARVALHO e FRANÇA (1977), chegou-se a concluir que nos locais das maiores voçorocas, essas camadas argilosas estão mais próximas da superfície, propiciando fusão de ramos e, conseqüentemente, aumento em área, estimado em cerca de 30% num intervalo de 10 anos.

Segundo PIEDADE, CARVALHO e FRANÇA (1977), as maiores voçorocas do município de Botucatu concentram-se na parte leste, sobre solos enquadrados pela COMISSÃO DE SOLOS DO C.N.E.P.A. (1960) na unidade de mapeamento Regossol "intergrade" para Podzólico Vermelho-Amarelo e para Latossol Vermelho-Amarelo (RPV - RLV), enquanto que as menores e as médias localizam-se no centro e no oeste do município, sobre solos classificados como Latossol Vermelho-Amarelo fase arenosa (LVa).

Segundo VIEIRA (1974), a vegetação somente tem possibilidade de se fixar no interior das voçorocas quando os terrenos constituídos de materiais móveis atingem uma re-

lativa estabilidade do ponto de vista da ação da gravidade.

Essa estabilidade das partículas de solo é possível somente quando as vertentes internas das voçorocas não ultrapassam 45° de declividade, sendo que, além desse limite, principalmente as águas de chuva não propiciam ambiente para os vegetais se fixarem.

Ainda segundo VIEIRA (1974), os animais também condicionam a dinâmica dos processos morfogenéticos através das trilhas que abrem em direção aos cursos d'água, facilitando o escoamento das águas por essas trilhas por ocasião das chuvas, indo provocar o aparecimento de pequenos sulcos que, com o tempo, vão aumentando, chegando a dar origem às voçorocas.

Os animais menores, como as formigas, principalmente as saúvas, também contribuem, pois impedem o crescimento da vegetação que protege os solos, contribuição indireta, mas que ativa os processos erosivos. Outros animais que escavam a terra, como roedores, também contribuem ativando a erosão.

De acordo com SMITH e WISCHMEIER (1962), o deflúvio ou escoamento superficial pode ocorrer sob duas formas: (1) deflúvio laminar ou difuso, o qual, juntamente com a ação do impacto direto da chuva sobre o solo, é responsável pela erosão laminar ou em lençol; (2) deflúvio concentrado, representado pelas enxurradas, o qual é responsável pela erosão em sulcos e, dependendo da natureza do solo, também pela formação de voçorocas.

Segundo MONDARDO et alii (1976), a erosão laminar se caracteriza pela perda de solo das camadas superficiais. A camada de solo fértil é gradativamente carregada,

às vezes sem que se perceba momentaneamente, pelas águas que escoam sobre a superfície dos terrenos. Com a destruição da camada superficial, a progressão do ençoçorocamento é rápida e sempre em direção oposta ao fluxo de água.

Aparecendo esse tipo de processo erosivo, verifica-se em suas laterais, taludes às vezes quase verticais, bastante instáveis; pois frequentemente ocorre o deslizamento dos mesmos, provocando um soterramento do fundo anterior da voçoroca, desviando ou acumulando o fluxo de água. Posteriormente, com volume e velocidade maiores que anteriormente, o escoamento de água irá erodindo o material deslizado.

É durante essa fase que a construção de barreiras para controlar a erosão torna-se algo difícil de instalar e de manter, devido à instabilidade do próprio fundo da voçoroca e de seus taludes.

Quando o ençoçorocamento atinge as proximidades do lençol freático, a voçoroca começa a se alargar, tornando mais estáveis tanto o seu fundo como seus taludes, favorecendo inclusive o crescimento da vegetação, pois devido à presença do próprio lençol freático existe bastante umidade para o desenvolvimento de plantas. Portanto, nos períodos secos a vegetação terá condições de resistir, em decorrência de tais circunstâncias.

De acordo com HUDSON (1971), a causa básica do ençoçorocamento é a quebra de um estado de equilíbrio meta-estável. Em Física, diz-se que um corpo está em equilíbrio meta-estável quando ele somente volta à posição original se não for demasiadamente deslocado. Por exemplo, uma caixa de fósforo apoiada sobre uma de suas extremidades pode ser ligeiramente inclinada e retornará à sua posição inicial; mas

se for deslocada um pouco mais, perde o equilíbrio e cairá. Outro aspecto do equilíbrio meta-estável é que, para recuperar a posição original, é necessário aplicar ao corpo uma força maior do aquela aplicada no seu deslocamento.

Assim, a formação de voçorocas ocorre quando um escoadouro natural tem seu estado de equilíbrio meta-estável sensivelmente alterado. Normalmente, um escoadouro resulta de um balanço, isto é, o tamanho do canal e a sua forma e gradiente são ajustados ao fluxo que ele tem que escoar.

Se o balanço é ligeiramente alterado por uma força externa, o fluxo tenderá a voltar à sua posição de equilíbrio. Em outras palavras, se aumenta o fluxo máximo o canal pode alargar-se, ou o gradiente pode aumentar, até que um novo balanço seja estabelecido. Mas o escoadouro, tal como a caixa de fósforos apoiada sobre uma de suas extremidades, somente pode voltar à posição de equilíbrio se os distúrbios forem pequenos. Se houver uma grande mudança, tem início o envorocamento e, uma vez perdido o equilíbrio inicial, então será necessário um esforço muito maior para retornar a ele.

A influência perturbadora que transtorna o balanço de um escoadouro, segundo HUDSON (1971), pode ter origem em: (1) um aumento da quantidade de deflúvio que o canal tem que escoar; (2) uma diminuição na capacidade do canal, se o fluxo de água permanece o mesmo.

As causas mais comuns de aumento do deflúvio são as mudanças no uso da terra. O aumento na proporção de terras aráveis em uma bacia de captação normalmente aumenta o deflúvio, assim como a queima da vegetação ou o superpastoreio, de modo que o escoadouro pode não se reajustar e, portanto perde seu equilíbrio meta-estável.

Isto também ocorre quando o padrão de drenagem natural é alterado pela construção de estradas: muitas voço rocas têm início junto a drenos de estradas, porque algumas vias naturais de drenagem são bloqueadas e o fluxo de água é concentrado em determinados locais.

Por outro lado, ainda segundo HUDSON (1971), a diminuição da capacidade do escoadouro resulta de mudanças - nas características físicas do canal, tais como área de secção transversal, forma, gradiente e rugosidade. Por exemplo, o aumento de densidade ou de porte da vegetação que cresce no canal, a deposição de areia, os desmoronamentos de taludes, etc.. tem uma grande influência na velocidade do fluxo e, conseqüentemente, na sua força erosiva.

VEIGA (1971), discutindo as possibilidades de exploração dos cerrados através da pecuária, chama a atenção para o precário equilíbrio existente entre vegetação e solo: à precariedade dos solos de cerrado, em estrutura e em composição química, alia-se a fragilidade de sua vestimenta vegetal, com enormes espaços vazios, na maior parte do ano expostos à ação do sol, dos ventos e das chuvas, situação que se agrava pelo fogo que lhe é periodicamente ateado. O rompi-mento desse equilíbrio pode ser causado por um pastoreio indiscriminado, mediante a eliminação das plantas consumidas - pelos animais; e poderá, com maior razão, ser acelerado por uma exploração agrícola desordenada, através do desnudamento dos solos, sem a imprescindível substituição por cobertura de vegetação protetora, seja pelo reflorestamento, seja pelo estabelecimento de pastagens.

4 - MATERIAL E MÉTODOS

4.1 - LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Avaré se situa na zona geográfica do Estado de São Paulo, denominada Sudoeste, na área correspondente ao Reverso da Cuesta de Botucatu, "marcadamente tradicional" segundo AB'SABER (1968), tanto sob o ponto de vista geomorfológico como sob as condições ecológicas de solo, vegetação e da própria história do povoamento.

Conforme ilustra a FIGURA 1, Avaré limita-se com os seguintes municípios: Santa Bárbara do Rio Pardo, Lençóis Paulista, São Manoel, Botucatu, Itatinga, Paranapanema, Itaí, Arandu e Cerqueira César.

FIGURA - I

LOCALIZAÇÃO E LIMITES DO
MUNICÍPIO DE AVARE' - SP.

A sede municipal, com uma altitude de 752 m, tem as seguintes coordenadas geográficas:

23° 05' 48" de latitude Sul
48° 55' de longitude W Greenwich

4.2 - MATERIAL

Foram utilizadas as fotografias aéreas do município de Avaré, pertencentes às coberturas aerofotográficas de 1962 e 1972, com escala nominal aproximada de 1:25.000.

Inicialmente, foram utilizadas a carta altimétrica e a carta geológica da região (IGG-1974), para melhor identificação dos pontos a serem estudados.

Cada voçoroca delimitada nas aerofotos foi fotografada no local, com filme Kodak color (100 ASA) máquina fotográfica Olympus-Pen, cuja revelação foi feita em tamanho postal e em papel sêda.

Foram coletadas amostras de rochas e de solo na área de cada voçoroca, para análise macroscópica das rochas, análise granulométrica, dispersão e fracionamento das amostras de solo, montagem de lâminas e avaliação dos graus de arredondamento e de esfericidade da fração modal (areia fina).

4.3 - MÉTODOS

4.3.1 - FOTOINTERPRETAÇÃO

Inicialmente, procurou-se identificar manosco-

picamente as voçorocas do município de Avaré, visíveis nas fotografias aéreas de 1962 e suas correspondentes nas fotografias aéreas de 1972.

Primeiramente, procurou-se localizar nas fotografias aéreas de 1962, as voçorocas vistas anteriormente no campo. Não se conseguiu percebê-las na montagem de fotomosaico.

Já no fotomosaico confeccionado com as fotografias aéreas de 1972, as voçorocas apareciam nitidamente. Portanto, elas se desenvolveram nesse período de dez anos. Apesar de serem imperceptíveis na cobertura aerofotográfica de 1962, supõe-se que já existiam algumas ramificações erosivas, incipientes.

A seguir, procedeu-se ao exame estereoscópico das áreas com voçorocas, nas fotografias aéreas de 1972.

4.3.2 - OBSERVAÇÕES DE CAMPO

Preliminarmente, foi feita uma excursão nas áreas urbana e rural do município de Avaré, a fim de se escolherem as melhores áreas de envorocamento, isto é, que exemplificassem melhor esse tipo de erosão.

Foram escolhidas três áreas que foram chamadas de V1, V2 e V3, isto é, Voçoroca nº 1, Voçoroca nº 2 e Voçoroca nº 3.

Em cada uma delas procurou-se verificar a progressão e ramificações, fotografando-se ambos os taludes, inclusive o fundo.

A seguir confeccionou-se um mapa do município e nele demarcou-se as três voçorocas, através de pequenos - círculos, proporcionais às respectivas áreas.

Construiu-se também um perfil demonstrando a situação dos declives das vertentes, onde aparece a convexidade (num perfil longitudinal e transversal).

4.3.3 - ANÁLISE MACROSCÓPICA DAS ROCHAS

Verificou-se na área em estudo a presença de rochas sedimentares, representadas pela presença de arenitos, argilitos, folhelhos, conglomerados, pertencentes à formação Bauru, com predominância dos primeiros.

Nas proximidades do Trevo Rodoviário, verificou-se a ocorrência de algumas manchas de Latossol Roxo (LR), onde se destacava a presença da "stone line".

4.3.4 - ANÁLISE GRANULOMÉTRICA

Coletou-se aproximadamente 1 kg de terra de cada seção das voçorocas, partindo-se do fundo das mesmas até o horizonte A, cujas profundidades observam-se na TABELA 5, onde 2.^a (VI-4) corresponde ao início da voçoroca.

As amostras foram levadas ao laboratório, secas ao ar, passadas em peneiras de 2 mm de malha e acondicionadas em recipientes numerados.

A análise granulométrica dos solos foi feita usando-se o método da pipeta, recomendado por KILMER & ALEXANU

DER (1949). A classe textural das amostras foi obtida com o auxílio do diagrama triangular do U.S.D.A. (SOIL SURVEY STAFF, 1951).

Usou-se esse método pela sua simplicidade e precisão, pois determina até as pequenas frações de argila e permite fracionar em mais classes os separados do solo. É baseado nas mudanças de concentração de partículas em uma susensão uniforme, pela tomada de várias amostras com uma pipeta (em intervalos de tempo definidos), em profundidades que correspondem à do material que acabara de sedimentar naquele momento.

As quantidades de material em cada uma das classes granulométricas são obtidas a partir das mudanças na concentração de material em suspensão. A determinação é feita mediante pesagem do resíduo seco da pipetagem. A aplicação da lei de STOKES para o cálculo da velocidade de sedimenta-ção das partículas introduz, no método da pipeta, erros que são devidos às limitações da lei.

Determinou-se a porcentagem dos separados de 12 amostras de terra coletadas inicialmente e às quais assim se designou:

Voçoroca V1 = VI-1;VI-2;VI-3;VI-4

Voçoroca V2 = VII-1;VII-2;VII-3;VII-4;VII-5

Voçoroca V3 = VIII-1;VIII-2;VIII-3

4.3.5 - DISPERSÃO E FRACIONAMENTO DAS AMOSTRAS

Para uma completa dispersão dos colóides minerais do solo seguiram-se as recomendações de MENDES (1970),

que incluem a remoção dos sais solúveis, cátions divalentes trocáveis e dos agentes cimentantes como matéria orgânica e os óxidos de ferro livres.

4.3.5.1 - Remoção dos sais solúveis e cátions divalentes trocáveis

O método utilizado foi tratamento a quente de cada amostra de solo com uma solução NaOAc, ajustado o pH para 5,0. Portanto, inicialmente tratou-se cada amostra com 50 ml de NaOAc 1N-pH 5,0. Esperou-se uma hora e adicionou-se mais 100 ml de NaOAc, aquecendo-se em banho-maria por 30 minutos a 45°C. Terminada a reação (pequenos borbulhos), sifonou-se o líquido sobrenadante, após o material ter ficado bem depositado.

4.3.5.2 - Destruição da matéria orgânica

Esta destruição foi feita tratando-se cada amostra de solo, em meio ligeiramente ácido, com peróxido de hidrogênio. Esse tratamento foi feito a quente (60°C), com a finalidade de se obter uma melhor oxidação. Portanto, adicionou-se 5 ml de H₂O₂ 130 vol. e manteve-se a temperatura a 60°C até terminar a formação de espuma. Repetiu-se o tratamento até não haver mais formação de espuma, adicionando-se mais 5 ml de H₂O₂ 130 vol.; manteve-se em banho-maria por mais três horas, adicionando-se água destilada cada vez que estivesse prestes a secar.

Decorridas as três horas, deixou-se evaporar - até formar uma pasta grossa.

Lavou-se a amostra com NaCl 5%, três ou quatro vezes, até eliminar-se o excesso de H₂O₂.

4.3.5.3 - Remoção de Óxido de Ferro

O método usado para a remoção dos óxidos de ferro livres foi o de ditionito-citrato-bicarbonato de sódio. Consiste no adição de 40 ml de solução de citrato de sódio 0,3M; 5 ml de solução de bicarbonato de sódio 1M e 1 a 2 g de ditionito de sódio às amostras que já passaram pelos tratamentos anteriores, com aquecimento em banho-maria (75°C). O sobrenadante ficou verde escuro e o material com uma cor tendendo para cinza claro (após 1 hora nessa temperatura).

Daí, lavou-se as amostras com NaCl três ou quatro vezes para clarear o sobrenadante. Foram feitos tantos tratamentos quantos necessários para eliminação dos óxidos de ferro livres, o que fica evidenciado pela cor acinzentada adquirida pelas amostras. Sifonou-se o sobrenadante e o material foi recolhido para cápsulas identificadas e levado à estufa para secar a 105°C, sendo depois colocado no dessecador.

4.3.5.4 - Separação e fracionamento da areia total

Após os tratamentos descritos nos itens anteriores, procedeu-se à separação e ao fracionamento da areia total segundo as recomendações de JACKSON (1941).

A fração areia foi separada das frações silte e argila por tamisação, utilizando-se uma peneira nº 270 (0,53 mm de malha). A fração de tamanho superior a 53 μ , foi posteriormente dividida em cinco subfrações de areia: muito grossa, grossa, média, fina e muito fina, através de peneiramento por via seca.

Após o fracionamento das areias, tomou-se a

fração que pesou mais (areia fina), que é a Modal, colocando-a em frascos numerados (conforme a TABELA 6).

4.3.5.5 - Preparo e montagem das lâminas

De cada fração Modal efetuou-se a separação dos minerais leves e pesados usando-se Bromofórmio (densidade - 2,81), em funis separadores, conforme o método proposto por KRUMBEIN e PETTIJOHN (1938).

Os minerais leves foram colocados a secar em cápsulas previamente identificadas. Após o completo secamento procedeu-se à confecção das lâminas.

Essas lâminas, confeccionadas com material da fração Modal (areia fina), foram estudadas com auxílio de microscópio de luz polarizada, visando-se a avaliação do grau de esfericidade e do grau de arredondamento.

4.3.6 - MORFOMETRIA E TEXTURA SUPERFICIAL DAS PARTÍCULAS SEDIMENTARES

Sabe-se que a forma e o grau de arredondamento dos grãos de areia vem auxiliando a decifrar, desde há muito, a história de seus depósitos sedimentares. Questões relacionadas a esse assunto, das mais diversas, ainda não tem respostas definitivas. Há muita generalização em muitas considerações que são somente baseadas em dados qualitativos. GREGORY (1915) afirma que a forma das partículas, entre outros fatores, é o de menor importância.

Segundo SUGUIO (1972), a forma ou as relações de comprimentos dos eixos controlam parcialmente os comporta

mentos dos seixos durante o transporte e deposição, enquanto que o arredondamento ou angularidade refletem a distância e o rigor do transporte.

4.3.6.1 - Grau de arredondamento

Um processo simples que permite expressar o grau de arredondamento são as tabelas de comparação de RUSSEL e TAYLOR (1937).

4.3.6.2 - Grau de esfericidade

Usou-se as mesmas lâminas utilizadas anteriormente para a análise de arredondamento e estabeleceu-se a comparação visual com as tabelas padrões de esfericidade segundo RITTENHOUSE (1943).

PETTIJOHN (1957) desenvolveu tabelas de comparação com cinco diferentes graus de arredondamento. As distinções entre as classes são caracterizadas por certos valores numéricos de graus de arredondamento de WADELL (1932).

A TABELA 1 demonstra que as classes individuais são de diferentes intervalos.

TABELA 1 - Graus de arredondamento para caracterização des -
critiva do arredondamento (segundo PETTIJOHN,
1957)

Limites de classes de arredondamento	Graus de arredon damento (WADELL)	Ponto Médio Geométrico
Angular	0 a 0,15	0,125
Subangular	0,15 a 0,25	0,200
Subarredondado	0,25 a 0,40	0,315
Arredondado	0,40 a 0,60	0,500
Bem Arredondado	0,60 a 1,00	0,800

FONTE: SUGUIO, 1972.

Foram confeccionadas 12 lâminas com a fração areia fina e estabeleceu-se a comparação visual com a tabela padrão de PETTIJOHN (1957).

5 - R E S U L T A D O S

5.1 - FATORES LITOLÓGICOS E ESTRUTURAIS

5.1.1 - GEOLOGIA

Como se observa na FIGURA 2, em sua maior parte os terrenos onde se localiza o município de Avaré são constituídos por rochas sedimentares, destacando-se os arenitos e argilitos ou folhelhos, siltitos, calcários, conglomerados, pertencentes à Formação Bauru.

Dentro da escala da história física da Terra, a Formação Bauru se formou no início do Cretáceo da Era Mesozóica.

Os arenitos são encontrados nas regiões fisio-

LEGENDA

Cretáceo Superior

Cretáceo

Jurássico

Obs:

Cretáceo Superior - Form. Bourú

Cretáceo - Form. Botucatu
Pirambóia

Jurássico - Form. Serra Geral

FIGURA 2 - Mapa Geológico de Avaré
(I.G.G. - 1974).

gráficas do Estado de São Paulo denominadas Depressão Paleozóica e Planalto Ocidental.

Os arenitos que compõem a formação Bauru apresentam dois tipos de agregação:

- a. arenitos com cimento calcário;
- b. arenitos sem cimento calcário (argiloso).

Segundo FREITAS (1955), os minerais constituintes da formação Bauru apresentam a seguinte composição química proporcional:

quartzo	- menos de 85%
Feldspatos	- menos de 5%
pesados	- menos de 1%
opacos	- menos de 1%
CaCO ₃	- menos de 58%
argila	- menos de 70%

A formação Bauru (Neocretácea) está constituída por arenitos de cores diversas (branco, avermelhado, amarelo e cinza) vindo a constituir um pacote sedimentar homogêneo, com textura variando de arenosa a areno-siltosa.

No interior da Voçoroca nº 1 encontra-se uma secção desse pacote homogêneo, ou seja, de um sedimento bem estratificado, conforme ilustra a FIGURA 3.

FIGURA 3 - Foto da Voçoroca nº 1, mostrando detalhe do sedimento bem estratificado.

O exame dos taludes laterais das voçorocas indica que o povoamento vegetal é mais intenso nos trechos de menos inclinação, demonstrando claramente que a fixação de vegetação depende primeiramente da declividade ou da estabilidade dos materiais móveis. Tal fato é ilustrado nas FIGURAS 4 e 6.

FIGURA 4 - Foto da Voçoroca nº 1, mostrando o estabelecimento de vegetação nos trechos menos inclinados dos taludes.

Observações feitas "in loco", na área de estudo, mostram que os arenitos constituem a feição mais geral da região, com granulometria variando de fina a média, ocorrendo comumente conglomerados, inclusive na camada subsuperficial.

FIGURA 5 - Foto da Voçoroca nº 2 mostrando as diversas colorações dos arenitos, de vermelho a esbranquiçado.

Nota-se também que a coloração desses arenitos é predominantemente avermelhada, devido ao cimento ferruginoso, comum nessas áreas. Entretanto, aparecem cores amarelas e esbranquiçadas como as que se observam nas fotos anteriores. As cores amarelas sugerem um certo grau de hidratação e as esbranquiçadas, a remoção do cimento ferruginoso.

FIGURA 6 - Foto da Voçoroca n° 3 mostrando a forma de estabilização que nela está sendo usada.

Outra observação feita "in loco", refere-se ao fato das camadas arenosas das paredes das voçorocas possuírem variadas espessuras, mas muito raramente apresentarem descontinuidade.

Numa visão geral da paisagem, verificou-se que a área em estudo aloja um grande número de pequenas e médias voçorocas, sendo que somente as três já ilustradas, serão estudadas e analisadas mais detalhadamente neste trabalho.

5.1.2 - RELEVO

Como se pode observar na FIGURA 7, dentro da divisão do território Paulista proposta por MONBEIG (Comissão Solos, 1960), Avaré se localiza na região fisiográfica - chamada Planalto Ocidental, subregião Alto Planalto.

DIVISÃO REGIONAL
— SÃO PAULO —

ELABORADOS pela SECÇÃO REGIONAL de SÃO PAULO da ASSOCIAÇÃO dos GEOGRAFOS BRASILEIROS

LEGENDA

- Litoral
- Planalto Atlântico
- Depressão
- Planalto Ocidental
- Regiões
- Sub-Regiões

FIGURA 7 - Divisão fisiográfica do Estado de São Paulo.

Na carta hipsométrica do Estado de São Paulo (Secretaria de Agricultura - Instituto Geográfico e Geológico - Ano 1963), percebe-se o caráter de transição entre o relevo acidentado das regiões cristalinas e as zonas de relevo mais suave das estruturas peculiares ao Brasil Meridional.

A faixa dos primeiros vai se estreitando do Norte para o Sul, enquanto para o interior estendem-se os terraços paleozóicos e mesozóicos da face Norte-Oriental da Bacia do Paraná.

Após as escarpas dos alinhamentos de "cuestas", que delimitam a Depressão Paleozóica, para oeste estende-se o Planalto Ocidental.

As eruptivas básicas subordinaram a escultura da Topografia no Planalto Ocidental. O "trapp do Paraná" funcionou como nível de base, regulando a progressão da erosão normal.

Retirado o capeamento terciário, os arenitos - que lhe ficavam subjacentes, pouco resistiram; e sobre as eruptivas básicas modelou-se uma topografia com aspecto senil, como se pode constatar próximo à Ribeirão Preto.

A partir do topo das "cuestas" (800 - 1200 m) até o rio Paraná (250 - 300 m), o Planalto Ocidental apresenta declives muito suaves e vai se rebaixando gradativamente, tendo sido dividido em três sub-regiões:

- a - Alto Planalto
- b - Médio Planalto
- c - Matas do Rio Paraná

A área em estudo se localiza dentro da sub-região Alto Planalto.

O fator topográfico de maior importância no estudo de origem e evolução de voçorocas é sem dúvida a declividade, pois quanto maior for a inclinação da vertente, maiores serão a velocidade e a quantidade de água de escoamento superficial, indo contribuir para o aceleração dos processos erosivos.

Assim sendo, deve-se levar em conta três características principais de um declive: o gradiente, a forma e a extensão do mesmo.

A variação de gradiente de um declive está intimamente relacionada à forma côncava, convexa ou reta, tanto que CLINE (1961) usou essa terminologia para descrever o gradiente do declive. Considerando um declive convexo moderado, o seu gradiente aumenta à medida que se caminha para jusante; e nas formas côncavas, o gradiente aumenta em direção da montante.

De um modo geral, a forma dos declives das vertentes das voçorocas, na região de Avaré, apresenta convexidade no perfil transversal, conforme ilustra a FIGURA 8.

FIGURA-8

- PERFIL TRANSVERSAL -

- VOÇOROCAS DA REGIÃO DE AVARÉ. -

Segundo VIEIRA (1974), o melhor modo de descrever as formas topográficas é a aplicação das quatro combinações de concavidade e convexidade sugeridas por TROEH (1965).

Os quatro quadrantes da FIGURA 9 são relacionados com os signos algébricos de dois parâmetros obtidos das equações de revolução das parabolóides, onde G representa o grau de declividade (equação 3, TROEH, 1965: 618) e o coeficiente L (declive negativo ou convexo) e $+L$ (declive positivo ou côncavo).

De um modo geral, os declives das vertentes da área em estudo enquadram-se nos quadrantes I e IV, com perfil de encosta côncavo; sendo que a maior incidência de voçorocas da área ocorre onde aparecem vertentes do tipo quadrante I, com linhas de nível côncavas, ou seja, encostas coletoras.

FIGURA 9 - Classificação de Encostas combinando-se a curvatura de Perfil e Curvatura de Linhas de Nível TROEH (1965) com modificações de VIEIRA (1974).

5.2 - FATORES HIDROGRÁFICOS, CLIMÁTICOS E EDÁFICOS

Convém destacar que o esquema deste estudo é basicamente descritivo e interpretativo, baseando-se numa série de dados levantados através da pesquisa bibliográfica, observações de campo, análises de laboratório, bem como através de fotointerpretação e interpretações efetuadas em escritório.

As voçorocas estudadas foram numeradas conforme indica a FIGURA 10, sendo que duas se localizam dentro do perímetro urbano e a outra fora, ou seja, a terceira situa-se na área rural.

As voçorocas V2 e V3 situam-se na bacia hidrográfica do rio Lajeado e a voçoroca V1 na bacia do rio Novo.

Segundo os critério propostos por SCHWAB et alii (1960), as voçorocas V2 e V3 classificam-se como médias, enquanto a voçoroca V1 classifica-se como grande, conforme - está indicado na TABELA 2.

TABELA 2 - Classificação das voçorocas estudadas segundo os critérios mencionados por SCHWAB et alii (1960).

Voçorocas	Classificação	Profundidade (em m)	Área de drenagem (em ha)
-	pequena	menos de 1	menos de 2
V2 e V3	média	1 a 5	2 a 20
V1	grande	mais de 5	mais de 20

FIGURA - 10

LOCALIZAÇÃO DAS VOÇOROCAS ESTUDADAS, EM RELAÇÃO ÀS ÁREAS URBANAS E RURAL E ÀS BACIAS HIDROGRÁFICAS DOS RIOS LAJEADO E NOVO

5.2.1 - CLIMA

Sabe-se que o clima é o principal condicionante dos processos erosivos e que a esculturação morfológica - das voçorocas se realiza devido à ação da água da chuva, agente mais importante de desnudação, que é o trabalho gliptogenético de debastamento das diversas rochas da superfície da Terra e só é percebida quando se examina a disposição relativa das camadas.

Assim, procurou-se estudar os dados pluviométricos e estabelecer um diagrama climático, condicionado à distribuição cronológica ao longo do ano.

Analisando-se as precipitações apresentadas na TABELA 3, que representam as médias de onze anos, entre 1965 e 1975, observa-se que Avaré possui um total pluviométrico - médio anual de 1373 mm.

Na TABELA 4 são apresentados os valores numéricos do balanço hídrico de Avaré segundo THORNTHWAITE e MATHER (1955), para 125 mm de retenção de água no solo.

A FIGURA 11 mostra a representação gráfica do balanço hídrico de Avaré. Os resultados do balanço hídrico evidenciam a ausência de estiagem, pois a deficiência hídrica anual é praticamente nula (1 mm). Por outro lado, o excedente hídrico anual atinge 445 mm.

TABELA 3 - Precipitação pluviométrica de Avaré (mm) - Período de 1965 a 1975.

ANO	JAN.	FEV.	MAR.	ABR.	MAIO	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OUT.	NOV.	DEZ.
65	338,1	207,0	155,5	102,0	158,3	129,0	75,5	17,2	128,5	92,7	56,0	306,0
66	124,3	-	171,5	42,0	48,0	17,0	22,4	28,0	86,9	215,9	72,6	149,8
67	265,5	154,5	149,0	1,0	0,0	168,0	35,0	0,0	118,0	145,0	168,5	164,5
68	254,0	45,0	120,5	44,5	23,0	34,0	10,0	69,0	18,0	89,0	66,0	122,0
69	171,7	191,8	127,6	94,4	46,8	75,8	31,0	35,0	58,0	170,8	160,6	-
70	214,3	229,5	79,1	78,1	39,4	76,3	42,7	114,6	87,8	52,1	91,4	68,9
71	145,9	173,4	151,2	83,9	85,0	131,0	101,9	27,2	62,7	155,1	32,4	176,2
72	260,4	311,4	186,0	105,7	47,3	11,6	188,9	67,9	175,9	321,2	161,3	126,5
73	157,1	282,8	152,2	160,3	124,5	-	-	-	116,1	233,9	87,5	400,5
74	192,9	121,3	246,4	23,5	29,8	104,2	0,0	18,6	56,2	-	51,5	206,1
75	56,9	94,7	83,0	45,0	32,6	-	89,0	1,0	58,4	190,2	248,9	224,2

FONTE: Instituto Agrônômico - Seção de Climatologia Agrícola - Campinas.

TABELA 4 - Balanço hídrico de Avaré (SP), segundo THORNTHWAITE (1955) para 125 mm de retenção de água no solo

Latitude: 23°06' Longitude: 48°55' Altitude: 760 m

Fonte e Período: IAC, Prec. Normais 1944-59.

MESES	TEMP. °C	NOMOGR	COR.	EP mm	P mm	P-EP mm	NEG acum.	ARM mm	ALT mm	ER mm	DEF mm	EXC mm
JAN	22,3	3,2	34,8	111	230	+119	0	125	0	111	0	119
FEV	22,1	3,1	30,3	94	232	+138	0	125	0	94	0	138
MAR	21,1	2,9	31,5	91	120	+ 29	0	125	0	91	0	29
ABR	18,9	2,9	28,8	69	60	- 9	- 9	116	- 9	69	0	0
MAI	16,9	1,9	28,5	54	75	+ 21	0	125	+ 9	54	0	12
JUN	15,7	1,7	26,7	45	65	+ 20	0	125	0	45	0	20
JUL	15,3	1,6	27,9	45	59	+ 14	0	125	0	45	0	14
AGO	17,2	1,9	29,4	56	35	- 21	-21	105	-20	55	1	0
SET	18,5	2,2	30,0	66	66	- 0	-21	105	0	66	0	0
OUT	19,4	2,5	32,7	82	131	+ 49	0	125	+20	82	0	29
NOV	20,3	2,8	33,0	92	119	+ 27	0	125	0	92	0	27
DEZ	21,3	3,0	35,1	105	162	+ 57	0	125	0	105	0	57
ANO	19,1	-	-	910	1352	+444			0	909	1	445

AVARÉ - SP

FIGURA - II - BALANÇO HÍDRICO

Os meses mais chuvosos são janeiro e fevereiro e os meses mais secos, julho e agosto. Portanto a máxima pluviosidade ocorre no verão e a mínima no inverno, embora o inverno ainda seja relativamente úmido.

Na explicação dos processos morfogenéticos deve-se considerar a intensidade das chuvas como a categoria de dados climáticos mais importantes; porém, em Avaré não existe pluviôgrafo em funcionamento e, por essa razão, não foi realizado o estudo da distribuição horária das chuvas cotadas em minutos, conforme recomendação de CHRISTOFOLETTI (1974).

Entretanto, as observações meteorológicas efetuadas na Estação Climatológica de Avaré; fornecidas pelo 7º Distrito de Meteorologia do Ministério da Agricultura e relativas ao período 1968/1974, acusam precipitações máximas em 24 horas, superiores a 100 mm (115,8 mm na data de 04/10/1972).

Outro elemento climático relevante é a temperatura, onde foram observadas as máximas e as mínimas térmicas durante o período de 1965 a 1975, percebendo-se a influência da altitude (760 m), das massas de ar e do represamento das águas do rio Paranapanema (Represa de Jurumirim).

As temperaturas médias observadas em Avaré foram:

mínima	0,3°C	média
média	18,9°C	compensada
máxima	33,4°C	média

e a umidade relativa é 73% (HR % médio).

O estudo do clima de uma região se complementa através da interpretação dos índices de evapotranspiração, -

que representam a perda da umidade do solo, possibilitando caracterizar térmica e hidricamente a área em estudo.

A análise de dados meteorológicos é necessária e importante, no estudo e formação das voçorocas, considerando-se que grande parte do excedente hídrico vai alimentar o deflúvio ou escoamento superficial; e que a vegetação, um elemento associado ao clima, é um agente de retenção da erosão dos solos, pois constitui obstáculo ao escoamento superficial, facilitando a infiltração.

Como se sabe, a concepção de clima é bastante complexa. É formada por uma série de elementos chamados elementos climáticos e que são mensuráveis, entre os quais se incluem: temperatura, precipitação, umidade e evaporação. É a combinação desses elementos que permite a classificação de tipos climáticos, os quais dependem das diferentes combinações entre eles, através das estações do ano.

Existem muitas classificações climáticas, sendo que a mais aceita no Brasil é a de KOPPEN. Ele fundamentou sua classificação no curso dos valores médios da temperatura do ar e da precipitação pluviométrica, utilizando-se de nomenclatura especial para designar os diferentes tipos de clima. Esta classificação permite que se identifiquem os climas através de fórmulas construídas facilmente pela agregação de símbolos indicativos de cada caráter climático.

Os símbolos usados por KOPPEN são letras do alfabeto, respeitadas na sua apresentação maiúscula e minúscula. A organização geral é esta:

A - clima quente e úmido com a temperatura do mês mais frio acima de 18°C ;

B - clima seco;

- C - clima mesotérmico em que ao menos alguns meses se conser
vam abaixo de 18°C ;
- D - clima úmido de temperaturas baixas;
- E - clima das regiões polares.

No estado de São Paulo, os mapas climáticos fa
zem menção a dois tipos de climas principais: A e C.

O tipo C apresenta dois subtipos: Cf e Cw, sub
divididos em subgrupos: Cwa, Cwb, Cfa e Cfb.

Pelos dados apresentados, a área estudada se
enquadra no subgrupo Cfa, clima mesotérmico úmido sem estia-
gem, em que a temperatura média do mês mais frio é inferior
a 18°C e a do mês mais quente ultrapassa 22°C . O total de
chuvas do mês mais seco é superior a 30 mm e inferior a 60 mm.

A FIGURA 12 ilustra a classificação climática
da região de Avaré.

O índice pluviométrico deste tipo climático va
ria entre 1100 e 1700 mm, ocorrendo as precipitações mais -
elevadas, no Litoral. O mês mais chuvoso oscila entre janeir
o e fevereiro.

A temperatura média do mês mais quente varia
entre 22 e 24°C .

Este tipo climático é mais característico do
Sul do Brasil, sendo que no Estado de São Paulo ocorre em
duas faixas mais ou menos paralelas, separadas por uma faixa
de tipo climático Cfb.

A faixa que fica ao norte do clima Cfb é a mais
extensa e constituída por terras altas (Alto Planalto), in-

MAPA CLIMÁTICO
— SÃO PAULO —

RETIRADO do MAPA CLIMÁTICO da B-
 CIA PARANÁ-URUGUAI. ASSOCIAÇÃO
 dos GEÓGRAFOS BRASILEIROS.

Organizado por RUTH MAGNANINI.

LEGENDA

FIGURA 12 - Mapa esquemático da divisão climática do Estado de São Paulo.

cluindo a região de Avaré.

5.2.2 - HIDROGRAFIA

O rio Paranapanema é que comanda a drenagem da região.

Os dados hidrológicos do rio Paranapanema (dados do posto pluviométrico de Salto Grande) mostram que as descargas médias se elevam a partir de outubro, alcançando - seu máximo em fevereiro e março (649 e $630 \text{ m}^3/\text{seg}$, respectivamente), para começarem a baixar a partir de abril e alcançar as médias mais baixas (217 e $223 \text{ m}^3/\text{seg}$) em agosto e setembro, já no fim do período menos chuvoso.

Assim, o rio Paranapanema, que possui uma descarga média de $348 \text{ m}^3/\text{seg}$, refletindo as características do regime pluviométrico regional, apresenta um regime com um máximo, que ocorre durante o verão, quando a região está sob a influência das massas de ar EC e TA (a primeira: massa Equatorial Continental e a segunda: Tropical Atlântica), responsáveis pelas chuvas que caem nesse período.

Na parte central do município de Avaré se situam as bacias hidrográficas dos ribeirões do Lajeado, das Lajes, córrego da Onça, das Três Cruzes e das Antas, que alojam um grande número de pequenas e grandes voçorocas.

5.2.3 - SOLOS

Conforme estudos geológicos anteriores (COMISSÃO DE SOLOS - 1960), entre os minerais componentes da forma

ção Bauru, os grãos de quartzo apresentam-se com contorno subangular, com diâmetros menores do que 0,2 mm, dando, portanto, origem a solos com teores elevados de areia fina em relação às demais frações do solo.

A argila, segundo PAIVA NETO (1951), não pertence ao grupo da caulinita e é o segundo componente em importância. O terceiro componente em importância é o carbonato de cálcio.

Segundo a natureza do cimento, a formação Bauru dá origem a diferentes solos. Quando o arenito apresenta cimento calcário, os solos são mais férteis, correspondendo às unidades de mapeamento designadas Solos Podzolizados de Lins e de Marília, além de Litossol-fase substrato arenito calcário (COMISSÃO DE SOLOS DO CNEPA, 1960).

Quando o cimento que consolida os grãos de quartzo não é calcário, os solos são mais ácidos, menos férteis e com saturação de bases baixa, correspondendo à unidade de mapeamento Latossol Vermelho Escuro-fase arenosa.

A área ocupada pelo arenito Botucatu caracteriza-se pela presença de grãos de quartzo maiores que 0,2 mm.

A formação Botucatu apresenta dois andares mais importantes: o inferior, denominado Pirambóia, caracterizando-se por apresentar camadas de argilitos intercalados com camadas de arenitos; e o andar superior denominado Botucatu propriamente dito, de origem eólica, evidenciado pela estratificação cruzada.

O arenito Botucatu é bastante friável, com grânulos de quartzo mal cimentados com pouca argila. Quando em contato com as lavas básicas este arenito sofre metamorfiza-

ção e mostra-se bastante consolidado, sendo mais um quartzito do que um arenito (metamorfismo optálico).

O arenito Botucatu dá origem a solos quimicamente pobres e com pequena capacidade de retenção de água. Nestes solos a fração areia grossa é superior às demais frações granulométricas do solo.

Sobre este arenito são encontradas as seguintes unidades de mapeamento: Latossol Vermelho-Amarelo fase arenosa, Regossol, Regossol "intergrade" para Podzólico Vermelho-Amarelo e para Latossol Vermelho-Amarelo.

O Latossol Vermelho-Amarelo fase arenosa (LVa) ocorre na Depressão Paleozóica e no Planalto Ocidental, abrangendo boa parte dos municípios de São Manoel, Botucatu, Itatinga e Avaré. Originário do arenito Botucatu, compreende solos que se prestam mais para pastagens, sendo também compatíveis com culturas perenes ou mesmo anuais, desde que se empregue alto nível de tecnologia.

Derivado do Arenito Botucatu e Pirambóia, o Regossol "intergrade" para Podzólico Vermelho-Amarelo e para Latossol Vermelho-Amarelo (RPV-RLV), constitui um grupo de solos que, pela sua baixa fertilidade e baixa capacidade de retenção de água, são pouco utilizados para culturas e mais aproveitados para pastagens. Sua área de maior ocorrência encontra-se na passagem da Depressão para as Cuestas Basálticas, abrangendo boa parte dos municípios de Botucatu, Anhembi, Bofete, Angatuba, Itatinga, Avaré, Paranapanema, Itaí e Cerqueira César.

As voçorocas estudadas desenvolveram-se sobre solos enquadrados na unidade de mapeamento RPV-RLV, podendo ocorrer também na unidade LVa.

Segundo o Mapa de Solos apresentado na FIGURA 13, na área em estudo predominam Solos com Horizonte B Latos s_ólido, seguindo-se Solos Pouco Desenvolvidos. De acordo com o trabalho da COMISSÃO DE SOLOS DO C.N.E.P.A. (1960), as voçorocas estudadas desenvolveram-se sobre solos das unidades de mapeamento LVa e RPV-RLV, os quais teriam se originado a partir de arenitos da formação Botucatu.

Contudo os resultados obtidos através da análise granulométrica das amostras coletadas nas voçorocas, apresentados na TABELA 5, sugerem que, no presente caso, os solos se desenvolveram a partir de material proveniente de arenitos da formação Bauru, face aos maiores teores de areia fina em relação às demais frações do solo.

Na TABELA 6 constam os resultados do fracionamento da areia total, os quais vêm reforçar, face ao maior teor de areia fina nas amostras, que se trata de material proveniente do arenito Bauru, provavelmente retrabalhado.

Na TABELA 7 estão representados os valores dos graus de arredondamento e de esfericidade, obtidos pelo exame minucioso das lâminas confeccionadas com material da fração areia fina, que confirmam o arenito Bauru retrabalhado como sendo o material de origem dos solos arenosos e profundos sobre os quais se desenvolveram as voçorocas.

FIGURA - 13

- MAPA DE SOLOS DO MUNICÍPIO DE
 - AVARE - CASA DA AGRICULTURA DE AVARÉ -

TABELA 5 - Resultado da análise granulométrica pelo método de pipeta (KILMER e ALEXANDER, 1949)

AMOSTRA	PROFUN- DIDADE (M)	RESULTADOS EM PORCENTAGEM										CLASSE
		Amg 2-1 mm	Ag 1-0,5 mm	An 0,5-0,25 mm	Af 0,25-0,10 mm	Amf 0,10-0,05 mm	AREIA TOTAL mm	SILTE 0,05-0,002 mm	ARGILA 0,002 mm	ARGILA NATURAL mm		
VI-1	2	0,02	5,0	37,0	44,9	2,6	89,5	2,5	8,0	0,2	AREIA	
VI-2	4	0,02	2,5	26,8	53,0	9,2	91,5	5,1	5,4	0,2	AREIA	
VI-3	5	0,01	3,0	29,3	46,2	6,5	85,1	5,7	9,2	0,4	AREIA BARRENTA	
VI-4	2*	0,05	2,9	23,7	54,4	11,1	92,15	4,6	3,2	0,2	AREIA	
VII-1	2	0,08	5,3	24,2	36,2	7,9	73,8	9,6	16,6	0,6	BARRO ARENOSO	
VII-2	6	0,04	3,3	28,0	45,5	5,3	82,3	3,1	14,6	0,4	AREIA BARRENTA	
VII-3	8	0,1	3,7	25,8	47,8	4,9	82,5	2,5	15,0	0,6	BARRO ARENOSO	
VII-4	12	-	2,9	24,6	46,4	5,8	79,9	6,3	13,8	0,4	BARRO ARENOSO	
VII-5	14	0,2	10,0	47,0	35,6	1,9	94,73	2,9	2,4	0,2	AREIA	
VIII-1	4	0,1	2,2	19,5	51,0	7,71	80,6	4,2	15,2	0,6	BARRO ARENOSO	
VIII-2	2	0,07	2,1	21,5	50,3	7,7	81,7	1,9	16,4	0,6	BARRO ARENOSO	
VIII-3	5	0,1	2,4	22,4	50,5	6,6	82,1	1,5	16,4	0,6	BARRO ARENOSO	

2* HORIZONTE A DA VI, logo no seu início.

TABELA 6 - Resultados do fracionamento da areia total segundo o método de JACKSON
(1941)

FRACIO- NAMENTO	A M O S T R A S											
	VI-1	VI-2	VI-3	VI-4	VII-1	VII-2	VII-3	VII-4	VII-5	VIII-1	VIII-2	VIII-3
Areia muito grossa	0,0169	0,0452	0,0411	0,0123	0,0544	0,0466	0,0291	0,0407	0,1798	0,0722	0,0245	0,0601
Areia grossa	2,0554	1,4771	0,8242	1,0681	1,3466	1,3220	1,0694	0,9230	4,5158	0,5088	0,8320	0,8684
Areia média	15,8805	15,0602	8,2980	13,2840	7,3886	11,1272	9,7392	8,6230	22,9076	6,2697	8,3832	9,7569
Areia fina	24,1895	26,7555	24,7816	27,5710	15,7314	26,9032	21,3028	21,3863	22,9914	19,5197	23,7799	24,3318
Areia muito fina	2,9905	5,1195	6,8473	4,3871	4,7561	3,8181	3,2735	3,7163	1,4714	3,8266	3,5683	4,4973

TABELA 7 - Valores dos graus de arredondamento e de esfericidade da fração modal (areia fina).

Lâminas	Graus de arredondamento (RUSSEL, TAYLOR e PETTI JOHN, in MULLER, 1967)	Graus de esfericidade Esc. RITTENHOUSE, 1943
VI-1	subarredondada	0,83
VI-2	subarredondada	0,83
VI-3	subarredondada	0,83
VI-4	subarredondada	0,81
VII-1	subarredondada	0,81
VII-2	subarredondada	0,85
VII-3	subarredondada	0,85
VII-4	subarredondada	0,85
VII-5	subarredondada	0,85
VIII-1	subarredondada	0,85
VIII-2	subarredondada	0,69
VIII-3	subarredondada	0,83

5.2.4 - CAPACIDADE DE USO DAS TERRAS

Segundo os estudos de CHIARINI, DONZELI e BARBIERI (1974), como contribuição ao zoneamento agrícola do Estado de São Paulo, os solos das unidades LVa e RLV, normalmente com declives inferiores a 12% estão incluídos na classe VI, subclasse VI f de capacidade de uso.

São terras impróprias para culturas, mas potencialmente aptas para pastagens e silvicultura com restrições moderadas ao uso. Estas terras apresentam topografia plana ou suavemente ondulada, textura arenosa, fertilidade muito baixa, pequena capacidade de retenção de água e grande susceptibilidade à erosão e à lixiviação. As indicações para sua utilização são a formação de pastagens ou a silvicultura, mediante o emprego de bom nível tecnológico. Requerem principalmente práticas intensivas de manejo para elevar a sua produtividade, de forma econômica, bem como práticas especiais de controle de erosão.

5.3 - FATORES BIOGEOGRÁFICOS E A AÇÃO ANTRÓPICA

5.3.1 - A VEGETAÇÃO

As áreas constituídas por solos pertencentes às unidades de mapeamento LVa e RLV apresentam-se originalmente cobertas por cerrados.

Nas observações de campo verificou-se que a barba-de-bode, por não cobrir bem o solo, indiretamente auxilia, durante as chuvas, a concentração de água, que vai abrindo canais que se apresentam endurecidos, onde a vegetação não

tem a possibilidade de se fixar.

No Estado de São Paulo, os cerrados apresentam diferenças fisionômicas de uma região para outra, porém na região em estudo podem ser caracterizados pela presença de árvores e arbustos disseminados em meio a uma cobertura de gramíneas (30 a 50 cm de altura). São árvores pequenas, com troncos retorcidos e copas irregulares. O que mais chama a atenção nos cerrados é a semelhança entre suas árvores, embora pertençam as famílias bem diferenciadas.

De um modo geral, a cobertura de gramíneas é caracterizada pela presença de barba-de-bode (*Aristida pal-lens*).

Observa-se que a ocorrência do cerrado está intimamente ligada ao fator edáfico que, pela oligotrofia mineral devida à lixiviação, propicia o aparecimento de um ambiente que, se é "favorável às plantas do cerrado, é desfavorável às espécies vegetais mais exigentes" (RANZANI, 1971).

5.3.2 - O POVOAMENTO DA REGIÃO

Os primeiros habitantes da região do Rio Novo (atual Avaré) foram os indígenas; depois vieram os jesuitas e os colonizadores, que foram alterando gradativamente a vegetação original, queimando e destruindo, através dos mais rudimentares tipos de utilização da terra.

As queimadas do passado se refletem na agricultura de hoje, face aos inúmeros problemas por elas trazidos, tais como: perda de matéria orgânica, acidificação do solo com posterior desenvolvimento de uma microflora nociva, per-

da de nutrientes transformados em óxidos voláteis.

Ainda hoje a ignorância de muitos agricultores, vem contribuindo para que até mesmo as plantas que recobrem os taludes das voçorocas sejam queimadas, facilitando a progressão das erosões.

A pecuária extensiva desde a colonização foi, sem dúvida, outro fator que veio contribuir para a devastação do cerrado.

O pisoteio constante do gado originou o aparecimento de trilhas nas encostas, que com as chuvas vieram a se constituir verdadeiros canais de escoamento. Assim, o mau manejo das pastagens também contribuiu para a formação das voçorocas.

5.3.3 - AÇÃO ANTRÓPICA

Ao analisar a região verifica-se que o aparecimento das voçorocas se deve principalmente a fatores de ordem humana:

- a - Na zona rural, houve um abandono pelo homem, de terras que chegaram a ser utilizadas para cultivo; e o desmatamento, aliado ao mau uso e a esse abandono de terras, estimulou o envoçorocamento;
- b - Na área urbana, o aumento da área impermeabilizada pela construção de casas e edifícios e pela pavimentação de ruas, contribuiu para aumentar o volume de águas pluviais, e a descarga destas águas pluviais, sem os cuidados necessários, em terras arenosas facilmente erodíveis, criou condições favoráveis para o aparecimento de voçorocas - dentro do perímetro urbano.

6 - D I S C U S S Ã O D O S R E S U L T A D O S

6.1 - FATORES LITOLÓGICOS E ESTRUTURAIS

De acordo com os resultados obtidos, principalmente os dados de análise granulométrica, de fracionamento - da areia total e avaliação dos graus de arredondamento e de esfericidade da fração modal (areia fina), a geologia da área onde ocorreram os envorocamentos corresponde a material retrabalhado, proveniente da formação Bauru e caracterizado como depósitos Neocenozóicos. Portanto, estão de acordo com as observações de AB'SABER (1969) e discordam das afirmações da COMISSÃO DE SOLOS DO C.N.E.P.A. (1960), que considerou os solos da área originados de arenitos da Formação Botucatu.

Observações feitas no campo evidenciam o fato das camadas arenosas das paredes das voçorocas possuírem variadas espessuras, mas muito raramente apresentaram descontinuidade, o que concorda com as afirmações feitas por VIEIRA (1974).

Detectou-se que um fator que favoreceu a formação de voçorocas na região foi a presença de camadas com diferenças de permeabilidade e de resistência à erosão: na superfície geralmente está exposta uma camada de areia solta, favorecendo a penetração da água que, ao encontrar uma camada menos permeável e mais resistente, vai provocar a erosão subterrânea ocasionando solapamentos e fazendo com que a camada superficial desmorone, dando origem a rasgões profundos e abruptos no relevo local. Estas observações concordam com as de MENDES (1968), PETRI (1970), LEINZ e AMARAL (1975).

Com relação aos declives, notou-se que as vertentes da área em estudo, de acordo com os critérios de TROEH (1965) enquadram-se nos quadrantes I e IV, ou seja, com perfil de encosta côncava (encostas de lavagem); sendo que a maior incidência de voçorocas ocorre em vertentes do tipo quadrante I, isto é, com linhas de nível côncavas (encostas coletoras). Estas observações concordam com as de VIEIRA (1974).

6.2 - FATORES HIDROGRÁFICOS, CLIMÁTICOS E EDÁFICOS

Segundo os critérios de SCHWAB et alii (1960), as voçorocas estudadas classificam-se como médias (V2 e V3) e grandes (V1), estando a maior delas situada na zona rural.

Com base nas afirmações de HUDSON (1971), tudo indica o aumento da quantidade de deflúvio como o fator que desencadeou o processo de ençoçorocamento na região de Avaré. Por sua vez, o aumento da quantidade de deflúvio deve ser atribuído a várias causas: (1) na zona urbana, a causa básica foi o aumento progressivo da área impermeabilizada (área construída ou pavimentada) que, reduzindo a infiltração, aumentou a proporção de deflúvio; (2) na zona rural, provavelmente as causas principais foram as mudanças ocorridas no uso da terra, destruição ou redução da cobertura vegetal, - através do aumento da área de terras cultivadas, queima periódica da vegetação e pastoreio não controlado. Estas considerações estão de acordo com as observações feitas por SCHWAB et alii (1960), CASE e BERGSMARK (1965), HUDSON (1971) e VEIGA (1971).

Constatou-se que, na zona rural, a erosão acelerada, principalmente a do tipo laminar ou em lençol, provocada pela ação combinada do impacto da chuva e deflúvio laminar ou difuso, é a de ocorrência mais generalizada e constitui o principal problema da área em estudo, seguida pela erosão em sulcos, causada pelo escoamento concentrado em canais. Estas observações concordam com SMITH e WISCHMEIER (1962). Todavia, não se pode esquecer que, qualquer concentração de deflúvio em áreas constituídas por solos altamente erodíveis, como no presente caso, representa uma fonte potencial de formação de voçorocas, como advertem SCHWAB et alii (1960), PETRI (1970), HUDSON (1971).

As condições climáticas da região de Avaré são muito propícias à aceleração dos processos erosivos, uma vez que a análise dos dados meteorológicos revelou que: (1) há ausência de estação seca, o balanço hídrico segundo o método de THORNTHWAITE e MATHER (1955) indica deficiência hídrica -

anual praticamente nula (1 mm); (2) por outro lado, o excedente hídrico anual é relativamente elevado (445 mm); (3) no período mais chuvoso, ocorrem precipitações elevadas, superiores a 100 mm em 24 horas, o que pressupõe altas intensidades.

Grande parte do município de Avaré possui solos arenosos e profundos, sob vegetação de cerrado, pertencentes às unidades de mapeamento RPV-RLV e LVa, muito semelhantes aos que ocorrem no município de Botucatu. Estes solos são muito susceptíveis à erosão do tipo voçoroca, conforme os resultados obtidos neste trabalho, os quais estão de acordo com aqueles obtidos por PIEDADE, CARVALHO e FRANÇA (1977).

Contudo, enquanto no município de Botucatu os solos em apreço foram considerados como desenvolvidos sobre material retrabalhado proveniente de arenitos da formação Botucatu, segundo SEIGNEMARTIM e ROCHA CAMPOS (1976), no presente estudo os resultados sugerem que, no município de Avaré, tais solos se originaram a partir de material retrabalhado proveniente de arenitos da formação Bauru. Esta hipótese concorda com o mapa Geológico publicado pelo Instituto Geográfico e Geológico (1974) e também com as observações de AB'SABER (1969); e está apoiada nos dados de análise granulométrica, de fracionamento da areia total e avaliação dos graus de arredondamento e de esfericidade da fração modal (areia fina), obtidos de amostras de solo coletadas na área onde ocorrem os voçorocamentos.

6.3 - FATORES BIOGEOGRÁFICOS E A AÇÃO ANTRÓPICA

Sem dúvida, a destruição ou redução da cobertura vegetal através da ação antrópica foi uma das principais - causas responsáveis pelo rompimento do equilíbrio do ecossistema na região de Avaré, concordando com as afirmações feitas por SCHWAB et alii(1970), HUDSON (1971), VEIGA (1971). Toda via, cabe lembrar que o processo de aceleração da erosão se deve também a outros fatores, tais como:

- a - Abertura de valos que serviam para a separação das antigas propriedades agrícolas, nos séculos XVIII e XIX.
- b - Falta de um adequado planejamento na construção de terraços ou de cordões em contorno, verdadeiras valetas perpendiculares ao declive das vertentes, que tem o objetivo de barrar as enxurradas. Embora se saiba que se tratam de técnicas recentes, sabe-se também que elas apresentam certas falhas, pois devido a eventuais rompimentos e consequente concentração de água, podem acarretar ravinamentos que, gradativamente, poderão transformar-se em voçorocas.

Notou-se que, após a formação das voçorocas, - uma vegetação complexa vai se estabelecendo em suas vertentes menos íngremes e às vezes até em seu fundo, geralmente úmido, através de um processo de adaptação às novas condições ecológicas criadas. Estas observações concordam com as de VIEIRA (1974).

É sabido que os fatores umidade e tipo de solo têm grande influencia na compartimentação vegetal no interior das voçorocas.

Das voçorocas estudadas, a que mais se destaca sob o aspecto de estabilização é aquela localizada no bairro

de Vera Cruz, isto pela presença de um trabalho de recuperação das superfícies erodidas através do plantio de "Pinus" em uma de suas vertentes e um entulhamento de terra em sua cabeceira de erosão. Em seu fundo aparece uma vegetação natural que aos poucos vai torná-la uma voçoroca estabilizada, com possíveis aproveitamentos para o futuro.

Um fator que favoreceu o desenvolvimento das voçorocas nessa região foi o abandono pelos proprietários de terras, das técnicas de combate à erosão, pois sabe-se que ela poderia ter sido controlada pela diminuição do ângulo das rampas e seu revestimento com vegetação de raízes profundas, as quais iriam reter o solo, absorver a água de infiltração, tornando mais secas as camadas mais profundas. Isto conforme as afirmações de VIEIRA (1974).

Portanto, na região houve também uma aceleração no processo de envorocamento, devida ao abandono das técnicas de recuperação dessas áreas.

Através das análises aerofotográficas verificou-se que em 1962 não haviam sinais evidentes de erosão tipo voçoroca na região de Avaré, enquanto que na cobertura aerofotográfica de 1972 elas já se evidenciavam notavelmente.

Portanto, são de formação recente, corroborando as afirmações feitas por BLOOM (1970), por LEINZ e AMARAL (1975) e por PIEDADE, CARVALHO e FRANÇA (1977).

6.4 - APLICAÇÕES PRÁTICAS

A maioria dos autores admite que as voçorocas normalmente são um sintoma de mau uso da terra e que o controle

efetivo somente será alcançado quando a causa básica do envoçorocamento for removida.

Tendo em conta que as medidas corretivas são onerosas e frequentemente de eficiência duvidosa, se não forem bem planejadas e bem executadas, o melhor caminho a seguir é a adoção, em áreas susceptíveis ao fenômeno, de medidas preventivas.

Basicamente, a prevenção de voçorocas compreende:

- (1) A reformulação do plano de utilização das terras, buscando melhor ajustamento à capacidade de uso, o que implicará em destinar as áreas susceptíveis ao envoçorocamento, para usos menos intensivos tais como pastoreio moderado e o reflorestamento.
- (2) A adoção de práticas de manejo e conservação do solo em toda a área de captação de águas pluviais, para a redução do escoamento superficial, ou seja, é necessário encarar a conservação do solo como um problema de proteção de vertentes.
- (3) Maiores cuidados na drenagem das águas pluviais que se acumulam nas estradas e nas áreas urbanizadas.

Uma vez iniciado o processo de envoçorocamento, algumas medidas corretivas devem ser aplicadas a fim de controlar o seu avanço, numa tentativa de conseguir a estabilização das voçorocas. Caso, contrário, elas destruirão não só as terras cultiváveis, como também cidades, estradas e outras benfeitorias (aterros, pontes, bueiros, etc...), além de provocarem assoreamento das áreas situadas à jusante, inclusive reservatórios de água (lagos, represas).

O tamanho da voçoroca, sua área de drenagem(ou de captação de águas pluviais) e o declive do seu canal, são os principais fatores a considerar no planejamento de seu controle.

Os procedimentos a serem adotados para o efetivo controle do envoçorocamento variam conforme o problema se situe na zona rural ou na área urbana.

Os procedimentos a serem utilizados na zona rural são os seguintes:

- a - Locação e construção de um canal de divergência, para desviar as águas das cabeceiras da voçoroca, conduzindo o escoamento superficial para um local estável, à jusante - da voçoroca.
- b - Suavizar os flancos da voçoroca, desbastando-lhe os bordos abruptos, de modo a obter uma secção estável. Isto pode ser conseguido com trator de esteiras equipado com lâmina empurradora.
- c - Construção de estruturas que retardem o escoamento das águas que atingem o interior da voçoroca, sem causar danos; ou seja, tais estruturas se destinam a dissipar a energia da água em movimento.
- d - Através de diques em degraus, providos de vertedores, estabilizar o fundo da voçoroca.
- e - Utilizando vegetação ou um material resistente à erosão, revestir o fundo e os taludes da voçoroca, tentando estabilizá-la.

A estabilização do fundo das voçorocas pode ser feita através de um conjunto de medidas tais como: barragens

escalonadas, canais de divergência, diques de terra, vertedores e dissipadores de energia; porém, a estabilização definitiva de uma voçoroca somente será atingida, quando os taludes e o fundo estiverem revestidos com vegetação ou com material resistente à erosão.

Para os solos da área estudada, sugerem-se as seguintes medidas de proteção dos taludes:

a - Proteção com vegetação

É uma medida preventiva, ou seja, deve ser aplicada no início da erosão. As plantas mais utilizadas são: gramíneas ou leguminosas, árvores ou arbustos. As características do solo na área em estudo favorecem este tipo de proteção, que poderá substituir, com vantagens, onerosas obras de engenharia.

b - Proteção com enrocamento de pedras

Consiste no revestimento dos taludes com pedras que tem a função de controlar a erosão.

c - Proteção com gabiões

É uma malha de arame galvanizado, com dimensões apropriadas, que é utilizada quando o tamanho das pedras usadas - no caso da proteção com enrocamento de pedras for insuficiente para resistir à velocidade do fluxo de água.

d - Proteção com sacos de enchimento

Em casos de emergência, como por exemplo no período das chuvas intensas, são usados sacos de juta ou de papel triplo, cheios de areia. Quando se tratar de proteção permanente, deve-se usar sacos de juta cheios de concreto magro. Por exemplo, na proteção de taludes de canais.

Essa proteção também poderá ser feita com sacos cheios de solo-cimento, que é mais econômico que o concreto.

Recomenda-se aparar as pontas desses sacos, - criando assim a possibilidade de plantio de vegetação entre eles, que mais tarde dará proteção natural ao talude, contra a erosão.

Na área urbana, a melhor solução consiste na captação e canalização das águas pluviais, por meio de gale - rias devidamente projetadas, encaminhando o escoamento para locais seguros, como por exemplo córregos e ribeirões. Estas obras deverão ser complementadas por outras de calçamento e pavimentação, sem o que, em pouco tempo, as primeiras tornar-se-ão inúteis.

7 - CONCLUSÕES

Os resultados obtidos e analisados, nas condições em que o presente trabalho foi realizado, permitiram que se chegasse às seguintes conclusões:

- a - A natureza do solo, aliada às condições climáticas, à topografia local e ao mau uso da terra, são os fatores que contribuíram efetivamente para o rompimento do ecossistema na região de Avaré. Anteriormente, a densa cobertura vegetal (cerrados e florestas) da região a protegia da erosão. O rápido desmatamento efetuado para fins de desenvolvimento agrícola e para a própria urbanização transformou sensivelmente o equilíbrio que era assegurado pela vegetação natural.
- b - Na zona rural, o abandono das terras cultivadas, veio agravar

var o problema. A erosão superficial, notadamente a do tipo laminar, constitui o principal problema em toda a área de estudo, sendo mais severa nos solos desenvolvidos sobre depósitos Neo-Cenozóicos, provenientes de retrabalhamento de arenitos da formação Bauru. Algumas voçorocas da zona rural se originaram de trilhas de gado, em pastagens mal manejadas, ao longo de canais naturais de drenagem em associação com erosão superficial severa e alterações sensíveis na cobertura vegetal.

- c - Dentro da zona urbana, o aparecimento das voçorocas se apresenta como resultado do aumento da área impermeabilizada (construção de casas e edifícios, pavimentação de ruas), impedindo a infiltração de água e provocando o escoamento concentrado em áreas de terras arenosas altamente erodíveis, que antigamente estavam protegidas por densa vegetação.
- d - Constatou-se que os ciclos erosivos e a evolução geomorfológica das fases atuais de relevo produzidos pela erosão, sob o ponto de vista hidráulico, aparecem na região, sob dois tipos:
 - 1. Erosão superficial ou laminar, quando provocada pela ação combinada do impacto da chuva e do escoamento laminar ou difuso;
 - 2. Erosão profunda (sulcos e voçorocas), provocada pela ação dinâmica do fluxo de água concentrado, associada à natureza dos solos e má utilização pelo homem.
- e - As características do envorocamento da região se prendem às de solos arenosos profundos e que variam em função das condições locais.

- f - Necessitam, pois, de diferentes tipos de estruturas hidráulicas para sua correção ou melhor estabilização. E às vezes, modificações e reconstruções de estruturas anteriormente abandonadas.
- g - As maiores voçorocas se localizam nos solos da unidade de mapeamento RPV-RLV e isso parece se correlacionar com o baixo teor de argila desses solos.
- h - Como conclusão geral pode-se dizer que a evolução do envorocamento no intervalo de dez anos, entre as coberturas aerofotográficas de 1962 e 1972, foi considerável e que tal fato, parece se prender à natureza do solo, aliada às condições climáticas, à topografia local e ao mau uso da terra, que culminou com o rompimento do Ecossistema local.

Tudo indica que a provável causa desse rompimento resida na ação antrópica, incidindo sobre um solo altamente erodível.

8 - S U M M A R Y

The objective of this work is to find out the rapid holey (process) method's etiologies of the São Paulo, Avaré region, through the disponible data related to the bioclimatic's agents.

The strategically chosen areas were subjected to aerofotographs analysis, field observations, granulometric analysis, degree of rounding-off and sphericity of modal fraction (thin sand), and correlated studies.

It was demonstrated the ekosystem's break through in this aerea by means of their causes procedures and consequences.

This study had also suggests some procedens, -

hydraulic structures types and other protection types, as well as some suggestions to control the erosion in rural and urban areas.

The main conclusion in this work is that the soil nature and the climatic conditions, the local topographic and the land's bad use are the factors who contribute for the Avaré ecosystem break through, leading to an accelerated erosion holey like process.

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

AB'SABER, A.N., 1954. A geomorfologia do Estado de São Paulo
In: Aspectos Geográficos da Terra Bandeirante. Rio de Janeiro, Conselho Nacional de Geografia, p. 1-97.

AB'SABER, A.N., 1968. As voçorocas de Franca. Revista da Fa
culdade de Filosofia, Ciências e Letras. Franca, 1, p. 5-
27.

AB'SABER, A.N., 1969. Uma revisão do Quaternário Paulista: do
presente para o passado. Rio de Janeiro, Revista Brasileir
a de Geografia, 31(4):1-51.

ALMEIDA, F.F.M. De, 1949. Relevo de Cuestas na bacia sediment

tar do rio Paran. So Paulo, Boletim Paulista de Geografia, AGB(3):21-23.

ALMEIDA, F.F.M. De, 1954. Botucatu, um deserto trissico da Amrica do Sul. D.N.P.M., Div. Geol. Mineral., Notas Preliminares e Estudos n 86, 21 p.

AMARAL, S.E., 1971. Contribuio ao conhecimento geolgico, petrogrfico e sedimentolgico da Formao Irati no Estado de So Paulo. Boletim I.G.A.U.S.P. n 2:3-81.

AYRES, Q.C., 1960. La erosion del suelo y su control. Barcelona, Ediciones Omega, p. 35-111.

BARBOSA LEITE, F., 1961. Tipos e Aspectos do Brasil - Voorocas, suas causas e seus efeitos. Rio de Janeiro, Revista Brasileira de Geografia, 23(3):573.

BIGARELLA, J.J. & M.R. MOUSINHO, 1965. Significado Paleogeogrfico e Paleoclimtico dos depsitos rudceos. Curitiba, Boletim Paranaense de Geografia (16/17):7-16.

BJORNBERG, A.S.; N. GANDOLFI e A.B. PARAGUASSU, 1971. Bascu-
lamentos tectnicos modernos no Estado de So Paulo. In:
Anais do 25 Congresso, So Paulo, Sociedade Brasileira de Geologia, vol. 2:159-174.

BLOOM, A.L., 1970. Superfcie da Terra. So Paulo, Editora
Edgard Blucher. p. 55-102.

BONI, N.R., 1976. Descontinuidade litolgica em solos do mu-

nicípio de São Pedro - S.P., Piracicaba, Esc. Sup. Agr.
"Luiz de Queiroz" - 52 p. (Dissertação de Mestrado).

CAMARGO, A.P. De, 1960. Balanço hídrico no Estado de São Paulo. Campinas, Boletim do IAC (116). 20 p.

CARVALHO, A.M. De, 1975. Análise difratométrica da fração argila da massa do solo e do material cutânico em perfis de Podzólico Vermelho-Amarelo e Terra Roxa Estruturada. Piracicaba, Esc. Sup. Agric. "Luiz de Queiroz", 52 p. (Dissertação de Mestrado).

CASE, C.E. e D. BERGSMARK, 1957. Geografia General. Barcelona, Ediciones Omega, p. 139.

CATANI, R.A.; J.R. GALLO e H. GARGANTINI, 1955. Amostragem de solos: Métodos de análise, interpretação e indicações gerais para fins de fertilidade. Campinas, Boletim do IAC (69), 28 p.

CHIARINI, J.V., P.L. DONZELI e J.L. BARBIERI, 1974. Aptidão das terras do Estado de São Paulo. In: Zoneamento agrícola do Estado de São Paulo, Secretaria da Agricultura, vol 1, cap. 3, p. 89-105.

CHRISTOFOLETTI, A., 1966. Considerações a propósito da Geografia Física dos Cerrados. Campinas, Notícia Geomorfológica, 6(11):5-32.

CHRISTOFOLETTI, A., 1974. Geomorfologia. São Paulo, Edgard Blucher, Ed. da Universidade de São Paulo, p. 24-26.

CLINE, M.G., 1961. Soils and soil associations of New York, Cornell Univ. Bull, 64 p.

C.N.E.P.A. (COMISSÃO DE SOLOS), 1960. Levantamento de reconhecimento dos Solos do Estado de São Paulo. Rio de Janeiro, Boletim do Serviço Nacional de Pesquisas Agronômicas - (12):634.

ERHART, H., 1962. Biostasia e Resistasia-Esboço de uma teoria que considera a pedogenese como um fenômeno geológico. Campinas, Notícia Geomorfológica, 5:23-25.

FREITAS, R.O. De, 1953. Sedimentação, estratigrafia e tectônica da série Bauru (E.S.P.). São Paulo, Boletim de Geologia, 194-185 p.

FREITAS, R.O. De, 1964. Grupo Bauru. In: Geologia do Estado de São Paulo. São Paulo, Boletim I.G.G. (41):126-147.

GUERRA, A.T., 1966. Dicionário Geológico-Geomorfológico. Conselho Nacional de Geografia-IBGE, 2ª edição. Rio de Janeiro.

HUDSON, N., 1971. Soil conservation. Ithaca, New York, Cornell University Press, 320 p.

KILMER, V.J. & L.T. ALEXANDER, 1949. Method of making mechanical analysis of soils. New Brunswick, Soil Sc. 68(1):15-26.

KRUMBEIN, W.C. e F.J. PETTIJOHN, 1938. Manual of Sedimentary

- Petrography. New York, Appleton Century Crofts, 549 p.
- LANDIM, P.M.B. e M.C. RIBEIRO, 1970. Comparação entre seixos das formações Botucatu (Eo-Cretáceo) e Bauru (Neo-Cretáceo) Campinas, *Notícia Geomorfológica*, 10(19):17-33.
- LEINZ, V. e S.E. AMARAL, 1975. *Geologia Geral*. São Paulo, - Editora Nacional, p. 94-103.
- MAGNANINI, A., 1970. Solos, Sudeste do Brasil e Conservação da Natureza. Rio de Janeiro, Ministério do Planejamento e Coordenação Geral. Fundação IBGE. p. 37-52.
- MENDES, J.C., 1968. *Conheça o Solo Brasileiro*. São Paulo, - Editora Polígono, 202 p.
- MENDES, A.C.T., 1970. Apostila de Dispersão de Amostras de Solos Minerais. Piracicaba, ESALQ/USP, 47 p.
- MONDARDO, A. e M.J. VIEIRA, 1975. 1º Encontro Nacional sobre Pesquisa de Erosão com Simuladores de Chuva. Londrina, EM BRAPA e IAPAR, p. 3, 7, 23.
- MONDARDO, A.; G.S. FARIAS; J.C. HENKLAIN; M.J. VIEIRA; R.L. RUFINO, 1976. *Manual Agropecuário para o Paraná*. Londrina, IAPAR, cap. 3:85-101.
- O.E.A. BACIA DO PRATA, 1973. Estudo para a sua Planificação e Desenvolvimento. República Federativa do Brasil. NO do Estado do Paraná. Vol. 1. Estudo para o controle de erosão. p. 7-11; 56-151.

- PAIVA NETO, J.E. e A.A. PACCOLA, 1972. Voçorocas e camadas - cenozóicas na região de Botucatu, Pardinho, Águas de São Pedro e Avaré. 2ª Jornada Científica FCMBB (resumo). Botucatu, p. 118.
- PENTEADO, M.M., 1966. Contribuição ao estudo do clima do Estado de São Paulo. Caracterização da área de Rio Claro. - Campinas, Notícia Geomorfológica, 6(11):33-39.
- PENTEADO, M.M., 1969. Novas informações a respeito dos pavimentos detríticos (stone line). Campinas, Notícia Geomorfológica, 9(17):15-41.
- PENTEADO, M.M., 1976. Fundamentos de Geomorfologia. Rio de Janeiro, Fundação IBGE, p. 81-95.
- PETTIJOKN, F.J., 1957. Sedimentary Rocks. New York, Harper and Brothers, 2ª edição, p. 525-586.
- PICHLER, E., 1953. Voçorocas. São Paulo, Boletim da Sociedade Brasileira de Geologia, 2(1):3-16.
- PIEDADE, G.C.R.; W.A. CARVALHO e G.V. FRANÇA, 1977. Desenvolvimento de Voçorocamento nos Solos do Município de Botucatu em dez anos. Revista Botucatu Científica (resumo) a ser publicado. Botucatu. Fac. de Ciências Agronômicas.
- QUEIROZ NETO, J.P., 1971. Simpósio sobre o quaternário do Brasil de Sudeste. Anais do 25º Congresso Brasileiro de Geologia, São Paulo, I - p. 33-43.

- RANZANI, G., 1969. Manual de Levantamento de Solos. São Paulo, Editora Edgard Blucher, 167 p.
- RANZANI, G., 1969. Solos de Cerrado. In: Simpósio sobre o Cerrado. São Paulo, Editora Edgard Blucher, p. 41-74.
- RICH, J.L., 1953. Problems in Brazilian Geology and Geomorphology suggested by reconnaissance in summer of 1951. São Paulo, Bol. Fac. Filos. Ciências Letras USP, Geol., 9:13-17.
- RITTENHOUSE, G., 1943. A visual method of estimating two dimensional sphericity. Journal of Sed. Petrol., 13(2): 79-81.
- RUSSEL, R.D. e R.E. TAYLOR, 1937. Roundness and shape of Mississippi River Sands. Journal of Geology, 45:225-267.
- SEIGNEMARTIM, C. e A.C. ROCHA CAMPOS, 1976. Geologia do Município de Botucatu. 6^a Jornada Científica FCMBB (resumo). Botucatu.
- SCHWAB, G.O.; R.K. FREVERT; K.K. BARNES e T.W. EDMISTER, 1960. Elementary Soil and Water Engineering (Second printing). - New York, John Wiley, p. 141-153.
- SMITH, D.D. e W.H. WISCHMEIER, 1962. Rainfall erosion. Advances in Agronomy, 14:109-148.
- SOIL SURVEY STAFF, 1951. Soil Survey Manual. Washington, - USDA Agricultura Hand Book (18):502.

SUGUIO, K., 1972. Introdução à Sedimentologia. São Paulo, Editora Edgard Blucher.

SUGUIO, K., 1972. Formação Bauru-calcários e sedimentos de -
tríticos associados. São Paulo, Univ. de São Paulo, 236
(Tese de Livre-Docência).

THORNTHWAITE, C.W. & J.R. MATHER, 1955. The water balance.
C., N.J., U.S.A. Laboratory of Climatology, 104 p. (Publ.
in Climatology, vol. 8, nº 1).

TROEH, F.R., 1965. Landform equations fitted to contour maps.
New York, American Journal of Science, 263:616-627.

VEIGA, J.S., 1971. Pecuária no cerrado. In: Simpósio sobre
o cerrado. São Paulo, Editora Edgard Blucher, p. 363-376.

VIEIRA, N.M., 1974. O desequilíbrio do quadro natural de
Franca (S.P.) e a formação de voçorocas. Rio de Janeiro,
Revista Brasileira de Geografia, 36(4):37-76.