

FOTOINTERPRETAÇÃO COMPARATIVA DE  
FOTOGRAFIAS PANCROMÁTICAS, COLORIDAS E  
INFRAVERMELHAS COLORIDAS (FALSA COR)

GILBERTO JOSÉ GARCIA

Engenheiro Agrônomo

Prof. Dr. DELMAR A. B. MARCHETTI

Orientador

Tese apresentada à Escola Superior de  
Agricultura «Luiz de Queiroz» da Uni-  
versidade de São Paulo, para obtenção  
do título de Doutor

PIRACICABA  
Estado de São Paulo - Brasil  
1975

A meus pais

GRATIDÃO

A minha espôsa e filhos

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Ao Professor DELMAR ANTONIO BANDIERA MARCHETTI, pelo apoio irrestrito e orientação geral deste trabalho.

Aos Professores GERALDO VICTORINO DE FRANÇA, RAUL AUDI e CARLOS ROBERTO ESPINDOLA pelas sugestões apresentadas.

Ao INPE - Instituto de Pesquisas Espaciais que colocou a minha disposição as fotografias utilizadas no presente trabalho.

Aos Engenheiros MOSTAFA K. NOSSEIR e MARCIO N. BARBOSA do INPE, pela colaboração oferecida.

A Professora ROXY A.D. CARVALHO, pelo auxílio na versão do texto para o inglês.

Aos colegas do Departamento de Engenharia Rural da Faculdade de Ciências Médicas e Biológicas de Botucatu pelo constante apoio.

Aos funcionários do Departamento de Engenharia Rural da Faculdade de Ciências Médicas e Biológicas de Botucatu, em particular a ENEIZA DALANEZI, ALCIDES A. CORVINO, EVERALDO CONCEIÇÃO e PEDRO CORDEIRO, que de um modo ou de outro, prestaram a sua colaboração.

CONTEÚDO

ITEM	PÁGINA
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DA LITERATURA.....	3
2.1. Conceitos gerais de fotointerpretação.....	3
2.2. Os filmes pancromático, colorido e infraver melho colorido (falsa cor).....	4
2.3. Estudo da rede de drenagem.....	7
2.4. Estudo da vegetação.....	11
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	15
3.1. Material.....	15
3.1.1. Descrição da região estudada.....	15
3.1.2. Solos.....	16
3.1.3. Vegetação.....	18
3.1.4. Estereoscópios.....	20
3.1.5. Instrumentos de medição e de desenho..	20
3.1.6. Filmes e fotografias aéreas.....	20
3.2. Métodos.....	24
3.2.1. Obtenção dos mapas básicos de drena gem e vegetação.....	24
3.2.2. Amostragem.....	24
3.2.3. Análise da rede de drenagem.....	25
3.2.3.1. Composição da rede de dre nagem.....	25
3.2.3.2. Características do padrão de drenagem.....	26
3.2.4. Análise da vegetação.....	26
3.2.5. Delineamento experimental e análise estatística dos resultados.....	30
4. RESULTADOS.....	31
4.1. Análise da drenagem.....	31
4.1.1. Número de segmentos de rios.....	31
4.1.2. Comprimento de rios.....	58
4.1.3. Frequência de rios.....	60

ITEM	PÁGINA
4.1.4. Densidade de drenagem.....	62
4.2. Análise da vegetação.....	64
4.3. Quadros gerais.....	65
5. DISCUSSÃO.....	88
5.1. Drenagem.....	88
5.1.1. Número de segmentos de rios.....	88
5.1.2. Comprimento de rios.....	91
5.1.3. Frequência de rios.....	93
5.1.4. Densidade de drenagem.....	94
5.2. Vegetação.....	95
6. CONCLUSÕES.....	98
7. RESUMO.....	100
8. SUMMARY.....	103
9. LITERATURA CITADA.....	106

## 1. INTRODUÇÃO.

A fotografia aérea desempenha papel relevante no estudo dos recursos naturais de uma área.

No caso específico de solos o seu emprego é de extrema importância, tanto no que diz respeito à sua identificação e classificação, como na representação cartográfica das diferentes unidades pedológicas, simples ou associadas. Pela soma de informações que oferece, a rede de drenagem apresenta-se como um dos elementos de reconhecimento mais importantes.

A partir do estabelecimento de correlações entre terreno e fotografias aéreas, a análise dos elementos estudados possibilita, efetuar-se conclusões as mais corretas possíveis, através de uma convergência de evidências.

A fotografia aérea tem sido usada eficientemente na avaliação da distribuição territorial da vegetação natural e de culturas. Em determinados países estimativas de safra, prevenção e controle de pragas e doenças e identificação de espécies florestais, tem recebido um impulso constante pela técnica da fotointerpretação.

Neste caso também, o estabelecimento de correlações é fundamental, além da necessidade de elaborar-se chaves de classificação.

Para estudos de solos e vegetação vários trabalhos tem sido realizados com o auxílio das fotografias pancromática, colorida e infravermelha colorida, tendo-se obtido bons resultados. Para as nossas condições a fotografia colorida não recebeu ainda uma maior atenção, embora já se saiba que apresenta vantagens sobre a fotografia pancromática.

O presente trabalho visa estudar comparativamente, as fotografias pancromática, colorida e infravermelha colorida (falsa cor), utilizando-se como elemento de reconhecimento a rede de drenagem e a vegetação, objetivando encontrar o sistema que forneça com precisão o maior número de informações.

No estudo da rede de drenagem os parâmetros analisados foram o número de segmentos de rios, comprimentos de rios, frequência de rios e densidade de drenagem, enquanto que a vegetação foi dividida em dois grupos principais: vegetação natural e de culturas.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.

Considerando-se os diferentes aspectos abordados na revisão bibliográfica, subdividiu-se a mesma em itens, a seguir desenvolvidos.

### 2.1. Conceitos gerais de fotointerpretação.

Informações relativas à superfície do terreno podem ser obtidas a partir de imagens fotográficas, com o emprego de técnicas variadas.

Conforme cita LUEDER (24), os exames realizados nas fotografias empregam técnicas diversas, que, da mais simples para as mais complexas, tem sido denominadas: fotoidentificação, fotoanálise e fotointerpretação.

COLWELL (9) define a fotointerpretação como "o ato de examinar imagens fotográficas com o propósito de identificar objetos e julgar seu significado".

Esta definição pode ser completada pela de SUMMERSON (47) como "a previsão do que realmente não pode ser visto".



Os exames realizados nas fotografias são, portanto, o resultado da combinação de raciocínios dedutivos e indutivos apoiados no princípio de causa e efeito.

A fotointerpretação apresenta-se como uma técnica de grande amplitude e importância para as ciências da terra, além de outras áreas ligadas à superfície do terreno, como a agricultura e a engenharia.

Conforme comentam LUEDER (24) e SPURR (45), o prévio conhecimento do material fotográfico empregado, no que diz respeito às técnicas de tomada e processamento das fotografias, época do ano, características dos filmes e das câmaras utilizadas, são requisitos indispensáveis para a prática da fotointerpretação.

## 2.2. Os filmes pancromático, colorido e infravermelho colorido (falsa cor).

O filme pancromático é sensível a todos os comprimentos de onda visíveis e, por ter uma faixa de sensibilidade semelhante à do olho humano, é considerado o melhor para usos gerais.

Conforme cita DUTTON (12), tal tipo de filme apresenta como principais vantagens: a) grande latitude de exposição; b) facilidade de manuseio e processamento; c) custo relativamente baixo; d) velocidades mais elevadas; e) menor susceptibilidade a fungos. Como desvantagens apresenta: a) as imagens são registradas somente em tons cinzas, fazendo com que objetos de mesma refletividade produzam imagens com mesma tonalidade; b) ausência de limite de cores, diminuindo a percepção.

Uma vantagem adicional, (SCHULTE, 42), seria com respeito à iluminação, visto ser sensível à luz refletida pela atmosfera, o que não ocorre com outros tipos de filmes. Como limitações tem-se a névoa, que torna-se mais pronunciada à medida que aumenta a altitude e a presença de nuvens de tal modo que o que não pode ser visto não pode ser fotografado.

Segundo a COMPANHIA KODAK (14), a maioria dos filmes pancromáticos tem sua sensibilidade, em relação ao espectro eletromagnético

tico, entre 350 e 720  $m\mu$ . Ainda de acordo com o referido manual existem vários tipos de filmes, cada um apresentando vantagens específicas para um determinado fim. Esta diferenciação é conseguida pela variação de três características: resolução (linhas por mm), velocidade e granulação.

Sob condições de laboratório, para um objeto teste de contraste 1,6:1, o poder de resolução do filme pãncromático é de 50 linhas por mm, o filme colorido de 40 linhas por mm e o infravermelho colorido de 32 linhas por mm. O contraste de um objeto teste significa a reflexão que este objeto exhibe quando iluminado, em relação a um padrão. A granulação de uma emulsão fotográfica é inversamente proporcional à velocidade, isto é, filmes de alta velocidade apresentam-se mais granulosos que filmes de baixa velocidade e, conforme admite SCHULTE (42), isto tem importância quanto à nitidez das ampliações. Ampliações de fotografias na escala 1:20.000, por exemplo, apresentam uso limitado, porque o padrão de textura não pode ser melhorado, ocultando detalhes vegetativos de importância.

Quanto ao filme colorido, o tipo mais utilizado é o reversível, e apresenta-se sensível a todas as cores do espectro, reproduzindo quase fielmente as cores vistas pelo olho humano.

O filme reversível, dependendo do processamento, pode produzir transparências ou cópias.

DUTTON (12) comenta que as vantagens do filme colorido são: a) o uso de filmes reversíveis evita a necessidade de cópias, podendo as observações serem feitas diretamente nas transparências; b) grande contraste de cor e brilho, aumentando a interpretabilidade das fotografias aéreas; c) a cor aumenta a velocidade, confiança e precisão do processo fotointerpretativo; d) maior possibilidade de diferenciação de objetos, visto que o olho humano é capaz de distinguir 20.000 combinações diferentes entre cores, contra 200 tons diferentes de cinza do filme pãncromático. Como desvantagens tem-se: a) custos elevados quando comparados com o pãncromático; b) latitude de exposição mais restrita; c) perda de saturação da cor durante processamento e d) a qualidade da foto

grafia aérea diminui com o aumento da altitude.

Uma desvantagem adicional, (SCHULTE, 42), é que a influência da névoa neste caso é muito maior, embora possa ser parcialmente corrigida com o uso de filtros específicos que ajudam a absorver o excesso de luz, mantendo ao mesmo tempo o balanço próprio da cor. Segundo o mesmo autor, uma vantagem seria a ausência de sais de prata, permitindo grandes ampliações, sem interferência da granulação.

Conforme a COMPANHIA KODAK (14), a sensibilidade do filme colorido em relação ao espectro eletromagnético está entre 400 e 680  $m\mu$ . Neste caso não existem filmes com diferentes características como para o filme pancromático. A única alternativa refere-se ao uso de filmes negativos, que ao serem processados produzem necessariamente cópias em papel.

O filme infravermelho colorido, também denominado de "falsa cor", foi originalmente desenvolvido para detectar objetos pintados com tinta verde, imitando a cor da folhagem circunvizinha.

Recentemente tem-se dado ênfase ao uso desse filme no estudo dos recursos naturais, tendo em vista as diferenças de tonalidade da cor vermelha exibidas pelas diferentes espécies vegetais.

Segundo DUTTON (12), as vantagens deste tipo de filme são: a) pode ser usado em dias em que a névoa e a fumaça impossibilitam o uso dos filmes pancromático e colorido; b) alto poder de resolução para delinear umidade e certos tipos de florestas; c) grande contraste entre objetos. Como desvantagens tem-se: a) custo relativamente alto, em relação a outros tipos de filmes; b) latitude de exposição menor que do filme pancromático; c) sensível a variações de temperatura; d) o filme virgem não mantém a tonalidade das cores com a idade.

O manual da COMPANHIA KODAK (14) estabelece que a sensibilidade desse filme em relação ao espectro eletromagnético situa-se entre 400 e 900  $m\mu$ . Sendo o olho humano sensível a comprimentos de onda de 390 a 780  $m\mu$ , pode-se perceber que a sensibilidade adicional proporcionada pelo filme estende-se para a região do vermelho, na porção refletida do infravermelho.

Conforme afirma DUTTON (12), a faixa do infravermelho extende-se indefinidamente além da região visível, e as ondas mais longas registradas num filme chegaram a 1350 m $\mu$ . Por esta razão é que algumas vezes este tipo tem sido chamado de "infravermelho próximo".

SCHULTE (42) comenta que a técnica para se fotografar com filme infravermelho não difere muito da efetuada com filme comum. No entanto, duas providências são necessárias; a primeira refere-se ao uso de lentes apropriadas, visto que as lentes das câmaras convencionais são corrigidas de modo que os comprimentos de onda violeta e amarelo estejam ambos em foco, no mesmo plano. Se a câmara não for equipada com um dispositivo corretivo, próprio para filmes infravermelhos, uma correção aproximada pode ser feita, variando a distância focal em 0,25%. A segunda providência é o uso de filtros, e conforme recomenda a COMPANHIA KODAK (13) o amarelo (Wratten nº 12) deve ser necessariamente usado. Tal filtro bloqueia a luz azul, de tal modo que somente o verde, o vermelho e o infravermelho atingem a emulsão.

Além do filme infravermelho colorido, existe no mercado o infravermelho preto e branco, mais antigo e de custo final inferior.

### 2.3. Estudo da rede de drenagem.

Conforme assinala LUEDER (24), o padrão de drenagem desenvolvido em uma área é em grande parte função da relação infiltração/deflúvio. Esta razão está, por sua vez, intimamente relacionada com as características do solo, embora o clima, o relevo e a cobertura vegetal da região exerçam sua influência. Solos relativamente arenosos, devido à textura grosseira, favorecem a infiltração em detrimento do deflúvio, mostrando um padrão de drenagem pouco denso. Solos relativamente argilosos, oferecem maior resistência à infiltração, favorecendo o deflúvio e criando um padrão de drenagem mais denso.

Coube a HORTON (20) a expressão "composição da rede de drenagem" para indicar o número e o comprimento de rios nas diferentes ordens, ressaltando o elevado grau de significação hidrológica

ca da composição. Na notação da rede de drenagem em ordens ele considerou os tributários menores e não ramificados como sendo de 1ª ordem, atribuindo ao rio principal a ordem mais elevada, o que trouxe vantagens e facilidades na análise e comparação das redes de drenagem, considerando-se que somente são comparáveis os elementos de mesma ordem de ramificação.

Conforme afirma PARVIS (35), o reconhecimento dos padrões de drenagem e o estudo quantitativo de seus elementos é facilitado pelo uso das fotografias aéreas. Muitos rios originam-se em substratos rochosos cobertos com solos, e os padrões de cursos de água de ordens inferiores fornecem informações pelas quais estes solos ou substratos rochosos podem ser identificados e caracterizados por fotointerpretação. Neste caso os rios de ordens mais elevadas mostram a influência do controle estrutural.

De acordo com RAY (39), nos locais onde o controle estrutural atinge seu mínimo é que as características da rede de drenagem podem ser influenciadas pela espessura e pela natureza do material exposto. Desse modo, a drenagem refletiria diferenças do perfil do solo, através das quais seria possível identificá-lo.

Assim, pelo fato da rede de drenagem estar intimamente relacionada ao meio, numerosos pesquisadores preocuparam-se em definir correlações as mais variadas, objetivando ao estudo de geologia e solos.

HORTON (20), no estudo das características da rede de drenagem, definiu ainda dois índices quantitativos: a) densidade de drenagem ( $D_d$ ), como sendo o comprimento médio de segmentos de rios por unidade de área; b) frequência de rios ( $F_r$ ), definida como o número de segmentos de rios por unidade de área.

Vários autores testaram e comprovaram as proposições de Horton, dentre os quais MAXWELL (26), STRAHLER (46) e FRANÇA (16).

Para STRAHLER (46) a densidade de drenagem é um índice importante na escala linear para a representação de uma bacia hidrográfica, já que a relação entre o comprimento total de canais e a área resulta em um número com a dimensão do inverso do comprimento; ressalta, no entanto, que apenas bacias de mesma ordem de

ramificação devem ser comparadas.

Para RAY (39), a densidade de drenagem de uma região estaria diretamente relacionada com o clima e com a resistência dos materiais presentes. Assim, a drenagem aumentaria à medida que diminuísse a resistência à erosão.

Quanto à amostragem de áreas, RAY e FISCHER (40) fizeram estudos sobre litologia, relacionando comprimentos de rios e áreas circulares de  $10 \text{ km}^2$ , obtendo resultados consistentes.

FRANÇA (16), utilizou tal tipo de amostragem no estudo de solos e obteve resultados altamente satisfatórios.

SOUZA (44), concluiu que a caracterização quantitativa das redes de drenagem pode ser efetuada com vantagens através do uso de amostras circulares, permitindo inclusive uma melhor amostragem.

Os estudos sobre a rede de drenagem tem indicado a existência de correlações entre seus diversos elementos e litologia, aspectos geomorfológicos, particularidades geológicas, materiais superficiais e materiais de origem dos solos, como já relataram vários autores, dentre os quais PARVIS (35), LUEDER (24), RAY e FISHER (40) e ZINKE (49).

Na identificação de solos a drenagem tem sido utilizada com sucesso por vários autores como FRANÇA (16), MARCHETTI (25), AUDI (3), FADEL (15), VASQUES (48), LEÃO (23), GEVAERD (18) e SOUZA (44).

Toda a metodologia do estudo da drenagem atualmente empregada foi desenvolvida a partir de fotografias pancromáticas.

Mais recentemente intensificaram-se os estudos ligados à superfície do terreno com a utilização de fotografias coloridas, infravermelhas ou não.

Quanto ao filme infravermelho colorido, NORTON (33) utilizou-o no estudo de padrões de drenagem e linhas de maré, obtendo bons resultados.

ANSON (2), em estudo comparativo, utilizando os três tipos de filmes, concluiu que o filme infravermelho colorido foi superior ao filme pancromático e ao colorido no estudo da rede de drenagem. O filme colorido, no entanto, mostrou-se superior ao pancromático e infravermelho colorido no mapeamento de solos.

Conclusões semelhantes foram obtidas por DUTTON (12), ressaltando, entretanto, que, pelos custos adicionais, o uso dos filmes colorido e infravermelho colorido justificar-se-ia nos casos onde uma maior precisão fosse requerida.

Conforme relata MINTZER (28), trabalhos já realizados com filme colorido, comparativamente com o pancromático, mostram a superioridade do primeiro. Na caracterização da erosão, canais de drenagem e solos, o tempo dispendido chegou à metade, justificando o gasto adicional com o filme colorido.

KUHL (22), estudando quantitativamente drenagem e classes de relevo de uma região, concluiu que os filmes colorido e infravermelho colorido foram superiores ao filme pancromático.

PARRY e TURNER (34) compararam o filme infravermelho colorido e o pancromático no estudo quantitativo da drenagem de uma região, concluindo que: a) o filme infravermelho colorido foi superior ao pancromático, principalmente em áreas florestadas; b) o comprimento total da rede de drenagem para canais de 1ª a 4ª ordem foi 37% superior quando foram usadas fotografias infravermelhas coloridas, sendo que as maiores diferenças ocorreram para os canais de 2ª e 3ª ordens; c) em amostragens de canais de 1ª ordem, 73% do comprimento total desses canais foram registrados na fotografia infravermelha, enquanto que para as fotografias pancromáticas o valor foi de 39%. Ressalte-se, no entanto, que os autores analisaram as fotografias em visão monoscópica, somente com o auxílio de uma lente de aumento iluminada. Segundo eles, optou-se por este método porque na visão estereoscópica haveria a tendência de se seguir um vale ou uma ravina, mesmo que o canal de drenagem não estivesse visível, enquanto que na visão monoscópica a única razão para registrar um traço seria a presença visível da linha de um canal na fotografia.

Trabalhando com fotografias na escala 1:30.000, Valentine et alii, citados por CARROL (7), relatam que a fotografia infravermelha foi superior a pancromática no estudo de canais, comentando que provavelmente tal fato seria devido ao maior teor de umidade dos materiais superficiais.

#### 2.4. Estudo da vegetação.

A fotografia aérea apresenta-se como o único instrumento capaz de representar as formas e o arranjo espacial das plantas, individualmente ou em associações.

Conforme relata SPURR (45), a fotointerpretação da vegetação começou quando se tornou necessário o levantamento de áreas de difícil acesso. A fotointerpretação da vegetação exige basicamente o conhecimento das espécies mais comuns da flora, sua representação em fotografias aéreas e os tipos de plantas que geralmente se associam. O método de reconhecimento baseia-se em parte no estudo de tonalidade, textura, padrão de sombra, forma e dimensão. Por outro lado, o conhecimento das relações da vegetação com o meio é fundamental na obtenção de dados.

No que concerne as características da vegetação, GATES (17), comenta que a aparência das plantas e das superfícies vegetais dependem de sua interação com a radiação, sendo influenciada pela geometria das folhas, morfologia, fisiologia, composição química, solo e clima.

SPURR (45) cita que fôlhas coriáceas refletem menos que fôlhas suculentas e que dentre os fatores internos a afetar a reflexão tem-se: variações na pigmentação, variações nas células do mesófilo, variação no teor de água e variação na epiderme das fôlhas.

GATES (17) relata que na região do visível as fôlhas das diferentes espécies apresentam uma baixa refletividade não diferenciada. Esta refletividade cresce como aumento do comprimento de onda, apresentando já na faixa pertencente ao infravermelho uma sensível distinção. Esta distinção na região infravermelha do



espectro deve-se à quantidade de clorofila. Com exceção do vermelho, o verde, o amarelo e o infravermelho são refletidos do mesofilo, emergindo da fôlha e conferindo-lhe a cor verde. É ainda característico o brilho no infravermelho registrado no filme apropriado. A reflexão no verde é geralmente baixa (10 a 20%), mas devido à grande sensibilidade do olho humano para o verde, vê-se a luz neste comprimento de onda com grande controle.

Torna-se óbvio, portanto, que a utilização de diferentes tipos de filmes na fotointerpretação de vegetação acrescenta novas possibilidades ao analista.

Tomando-se como comparação o filme pancromático, o filme colorido acrescenta as cores aos objetos fotografados e o filme infravermelho colorido acrescenta cores alteradas, uma faixa espectral mais ampla e maior amplitude de tons vermelhos.

No estudo de vegetação, a primeira providência é a sua divisão em classes, sendo que o nível mais genérico seria: a) vegetação natural e b) culturas, conforme citação de BRADSHAW (5).

Quanto à vegetação natural, MOESSNER (29) propõe que uma classificação seja: a) tipo de vegetação, com base nas espécies; b) posição da vegetação, com base na topografia e condições de solo; c) altura da vegetação, baseada no diâmetro e na altura das árvores e d) condições da vegetação, em função do tratamento anteriormente recebido. Cada um desses itens pode ser desdobrado, constituindo-se em classificações tanto quanto mais próximas da realidade da região.

Além da classificação apresentada existem outras, de tal modo que se pode elaborar uma adequada para as condições peculiares de uma determinada área.

Qualquer que seja o tipo de divisão adotada, o importante é a elaboração de chaves de classificação, e, conforme assinalam SIMONTACCHI et alii (43), estas podem ser de seleção ou de eliminação. A de seleção seria aquela montada de tal maneira que o fotointérprete seleciona o exemplo correspondente à imagem que estivesse tentando identificar. A de eliminação é montada de tal modo que o fotointérprete acompanha uma sequência pré-estabele

cida, eliminando todos os itens, com exceção daquele que se deseja identificar. Argumentam ainda que as chaves devem ser preparadas para cada caso particular, para áreas relativamente homogêneas quanto a clima, solo e vegetação.

Quanto aos recursos disponíveis para facilitar o reconhecimento: escalas, estação do ano e tipo de filmes e filtros são as variáveis mais acessíveis.

Com relação à escala, BRADSHAW (5) comenta que na fotointerpretação de floresta utilizando-se de fotografias pancromáticas na escala 1:20.000, ou menor, é possível apenas demarcar e avaliar as áreas de diferentes tipos de vegetação.

Utilizando fotografias pancromáticas de floresta tropical na escala 1:40.000, DAMMES (11) conseguiu demarcar áreas de diferentes tipos de vegetação, tomando como controle a altura das espécies dominantes.

Trabalhando com filme pancromático e colorido, POPE (37) estudou o efeito da escala na precisão da fotointerpretação de florestas. Não tendo encontrado diferenças significativas entre os dois tipos de filmes, relata, entretanto, que na escala 1:20.000 a porcentagem de árvores identificadas corretamente foi de 20%; nas escalas 1:10.000 e 1:5.000 de 80%; e na escala 1:2.500 de 92%.

Segundo BECKING (4), a fotointerpretação de florestas é facilitada pelo uso de fotografias coloridas, sendo possível delimitar tipos de vegetação em escalas menores que 1:25.000. No entanto, na identificação de espécies, o valor deveria estar em torno de 1:3.000.

DUTTON (12), utilizando os três tipos de fotografias, observa que as áreas vegetadas puderam ser identificadas na escala de 1:40.000 por intermédio de fotografias pancromáticas, e que o auxílio das fotografias coloridas permitiu a subdivisão dos tipos de vegetação.

No que se refere à estação do ano, SCHREUDER (41) admite que

para as florestas tropicais as épocas mais adequadas para tomada de fotos seriam primavera e outono, quando a distinção entre as folhagens das diferentes espécies é mais evidente, embora muito inferior às diferenças que ocorrem na floresta temperada no ve rã o e no inverno.

Quanto aos diferentes tipos de filmes disponíveis no mercado, SCHULTE (42) observou que o infravermelho preto e branco foi su perior aos filmes pancromático e colorido, no estudo da distri buição da vegetação, ressaltando, no entanto, que tais resultados não deveriam ser generalizados, e que cada região deveria ter seu próprio estudo.

HAACK (19), também em estudo comparativo, concluiu que o fi lme infravermelho foi o melhor na identificação de tipos e tama nho da vegetação, sendo ainda o melhor na identificação de espé cies em povoamentos heterogêneos. Relata ainda que os detalhes do terreno foram melhor definidos pelo filme pancromático e que o colorido forneceu os melhores detalhes com respeito à tonali dade.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS.

#### 3.1. Material.

##### 3.1.1. Descrição da região estudada.

Os estudos basearam-se em fotografias pancromáticas, coloridas e infravermelhas coloridas (falsa cor) de uma área teste localizada no Município de Campinas, a qual abrange a Estação Experimental "Theodoreto de Camargo" do Instituto Agrônomico do Estado de São Paulo.

Tal tipo de cobertura fotográfica, denominada MISSÃO 96, resultou da colaboração científica entre INPE - Instituto de Pesquisas Espaciais, NASA - National Aeronautics and Space Administration e IAC - Instituto Agrônomico do Estado de São Paulo, e foi realizada em julho de 1969.

Esta região foi escolhida pela quantidade de dados disponíveis, tais como; tipo de solo, estações de plantio bem definidas e presença de vegetação natural.

Pela divisão geomorfológica proposta por ALMEIDA (1), o les-

te e o nordeste do Município fazem parte da Zona Cristalina do Norte, enquanto as porções sul e ocidental incluem-se na Zona do Médio Tietê.

Conforme assinala CRISTOFOLETTI (8), dois grupos litológicos encontram-se representados no Município: o cristalino e o sedimentar. O complexo cristalino encontra-se na parte oriental, onde os afloramentos litológicos pré-cambrianos formam faixas paralelas de direção norte-sul. A faixa que entra em contato com os sedimentos do grupo Tubarão é formada por xistos e gnaisses. As rochas sedimentares situadas a oeste correspondem a pequeno trecho da borda oriental da bacia sedimentar do Paraná, onde surgem afloramentos de origem flúvio-lacustre, litologicamente representados por argilitos, siltitos, arenitos e conglomerados. Levando-se em conta as características litológicas e a ocorrência geográfica, pode-se correlacionar tais depósitos à Formação Itu, do Grupo Tubarão.

A área teste está localizada entre as latitudes (Sul) de  $22^{\circ} 35'$  e  $22^{\circ} 50'$  e longitudes (Oeste) de  $47^{\circ} 05'$  e  $47^{\circ} 20'$ .

CAMARGO (6) relata que o clima da região é do tipo tropical de altitude, com a temperatura média do mês mais quente igual a  $22,8^{\circ}\text{C}$  e a do mês mais frio de  $16,6^{\circ}\text{C}$ , sendo menor que 30 mm a precipitação do mês mais seco, de um total de 1388 mm durante o ano.

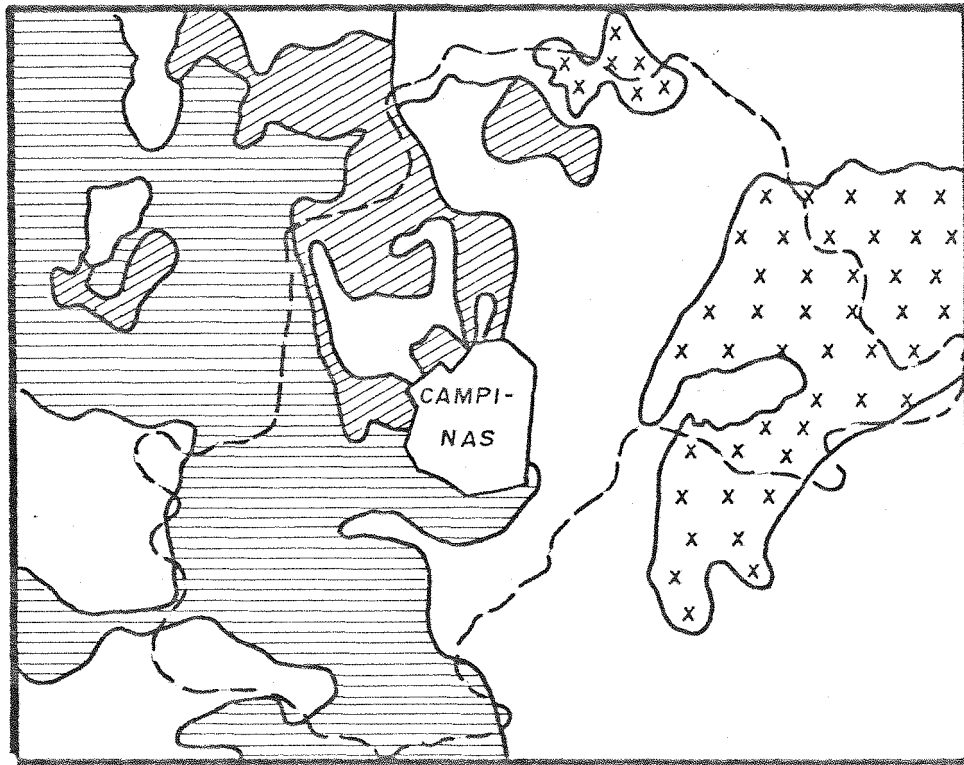
### 3.1.2. Solos.






De acordo com a COMISSÃO DE SOLOS (10) a área apresenta na sua quase totalidade, solos da categoria Latossolo. Especialmente do Latossolo Roxo e Latossolo Vermelho Escuro-Orto, conforme informações verbais da Seção de Pedologia do Instituto Agrônômico do Estado de São Paulo.

A FIGURA 1 apresenta a distribuição dos solos no Município de Campinas, a partir de trabalho de MELFI (27).

O relevo da região é normal, suavemente ondulado, com declives mistos, médios a longos e irregulares, com declividade máxima de 8%.

A drenagem de tais solos é considerada boa, apresentando ain



-  SOLOS PODZOLIZADOS COM CASCALHO
-  PODZOLICOS VERMELHO AMARELO
-  LATOSSOLO ROXO
-  LATOSSOLO VERMELHO AMARELO
-  DIVISA DO MUNICÍPIO

Esc. aprox. 1:42.000

FIG. 1 - MAPA DE SOLOS DA REGIÃO DE CAMPINAS

da um perfil bem desenvolvido e profundo, com uma textura que varia de barrenta para argilosa.

### 3.1.3. Vegetação.

Quanto à vegetação original, HUECK (21) comenta que a oeste das montanhas costeiras do Brasil, iniciava-se uma extensa região de matas que diferia profundamente das matas pluviais de montanhas tropicais e subtropicais, prolongando-se até o rio Paraná. Até o século XVII elas formavam toda a escala de matas subtropicais perenifólias, com mistura de árvores caducifólias, matas úmidas decíduas até mata semi-áridas, que permaneciam desfolhadas por 4 - 5 meses durante o ano. Encontravam-se ainda tipos de matas de inundação e de solos de lençol freático pouco profundo, nas margens dos rios e nas baixadas. A cobertura de matas era interrompida de quando em vez por campos cerrados.

A FIGURA 2 mostra a vegetação original do Município de Campinas, a partir de adaptação de CHRISTOFOLETTI (8).

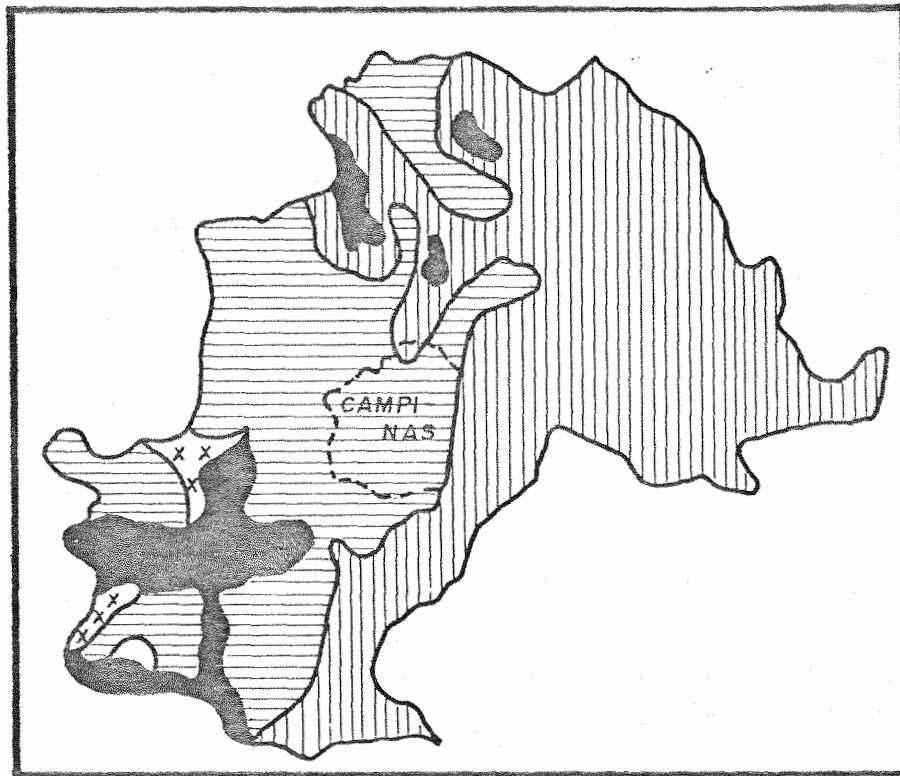
A situação atual da vegetação nativa é bem diferente. Os processos de ocupação devastaram completamente os grandes maciços florestais de toda a região, com exceção de pequenas glebas esparsas. Algumas dessas glebas já perderam suas espécies dominantes, e as árvores maiores presentes referem-se às espécies secundárias.






Os campos existentes na região não são naturais e, conforme comenta HUECK (21), são sempre consequência da influência humana.

Frequentemente o campo limpo é empregado como pastagem natural e é caracterizado por gramíneas rasteiras, aparecendo esporadicamente áreas de capinzeiros mais altos.

O campo sujo, que não deve ser confundido com o campo cerrado, caracteriza-se pela presença das gramíneas nativas típicas da região e de arbustos esparsos ou associados, espalhados por toda a área. Incluiu-se nesta divisão a vegetação dos solos hidromórficos, caracterizada por associações de vegetação arbustiva baixa.

Quanto às culturas da região, as de maior expressão são as



-  MATA ALTA
-  CERRADÃO
-  CERRADO
-  CAMPO
-  LIMITES DA CIDADE

Esc. aprox. 1:42.000

FIG. 2 - VEGETAÇÃO ORIGINAL DO MUNICÍPIO DE CAMPINAS



anuais. Dentre essas a de maior expressão econômica é a da cana de açúcar, aparecendo ainda hortaliças, arroz, milho e algodão. Em terceiro plano situam-se a soja e o trigo com ocorrências es parsas.

Das culturas consideradas perenes destacam-se o café, poma res cítricos e não cítricos e povoamentos de eucaliptos, todos em diferentes estágios de crescimento. As pastagens para gado leiteiro também aparecem na área.

Áreas urbanas, construções, estradas e demais aspectos não relacionados a vegetação foram incluídos na categoria de diver sos.

#### 3.1.4. Estereoscópios.

Para observação estereoscópica dos pares fotográficos, foram utilizados dois tipos de estereoscópios: um de espelhos Wild ST4, para estudos de laboratório, e um estereoscópio de bolso marca Vasconcellos, para estudos de campo.

#### 3.1.5. Instrumentos de medição e de desenho.

Foram empregados diversos instrumentos simples para as medições feitas em mapas decalcados das fotografias aé reas. Entre eles estão: escala métrica, escalas triangulares, compasso de ponta seca, planímetro polar e curvímetro.

Para a redução dos mapas extraídos das fotografias, foi em pregado um pantógrafo de precisão Rosenhain.

#### 3.1.6. Filmes e fotografias aéreas.

Os filmes utilizados no presente levantamento, são produzidos comercialmente pela Companhia Eastman Kodak.

O filme pancromático utilizado foi o KODAK, Plus-X Aerographic Film 2402 (Estar base). É um filme preto e branco de granulação média, negativo, velocidade média, contraste médio, prestando-se

para usos gerais em mapeamento e reconhecimento para altitudes médias a elevadas. Para um objeto teste de contraste 1,6:1 apresenta um poder de resolução de 50 linhas/mm.

A FIGURA 3 mostra a sensibilidade espectral do filme utilizado.

O filme colorido empregado no levantamento foi o KODAK Ektachrome MS Aerographic Film 2448 (Estar base). É um filme de granação fina, velocidade média, reversível, apresentando uma excelente definição e uma boa qualidade de imagem. É utilizado para mapeamento e reconhecimento para altitudes baixas a médias. Para um objeto teste de contraste 1,6:1 apresenta um poder de resolução de 40 linhas/mm.

A FIGURA 4 apresenta a sensibilidade espectral do filme utilizado.

Quanto ao filme infravermelho colorido, também chamado de falso colorido, foi utilizado o KODAK Aerochrome Infrared Film 2443 (Estar base). Foi desenvolvido para fotografias aéreas, sendo usado em serviços de detecção de camuflagem, agricultura e floresta. O filme falso colorido difere do colorido comum pelo fato de que as três camadas são sensíveis ao verde, vermelho e radiação infravermelha, em vez do usual azul, verde e vermelho. Com este tipo de filme, é necessário o uso de um filtro amarelo tal como o Wratten nº 12, para bloquear a radiação azul. Para um objeto teste de contraste 1,6:1, apresenta um poder de resolução de 32 linhas/mm.

A FIGURA 5 apresenta a sensibilidade espectral do filme em questão e a FIGURA 6 a ação do filtro Wratten nº 12.

As fotografias aéreas disponíveis estão na escala 1:15.000 e 1:3.500. Para o estudo da drenagem e da vegetação utilizou-se a escala 1:15.000, enquanto que as fotografias na escala 1:3.500, no caso do estudo da vegetação, serviram para o controle da fotointerpretação.

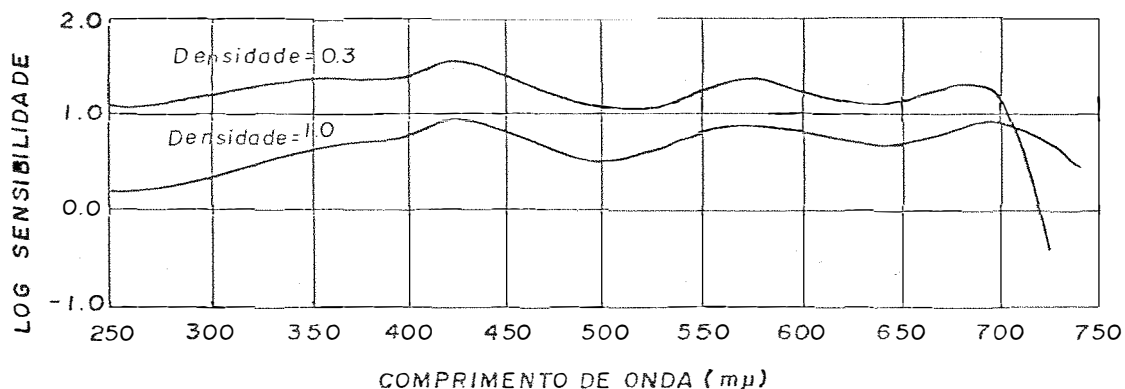


FIGURA 3 - Curvas de sensibilidade espectral do filme KODAK PLUS-X Aerographic film 2402 (estar base).

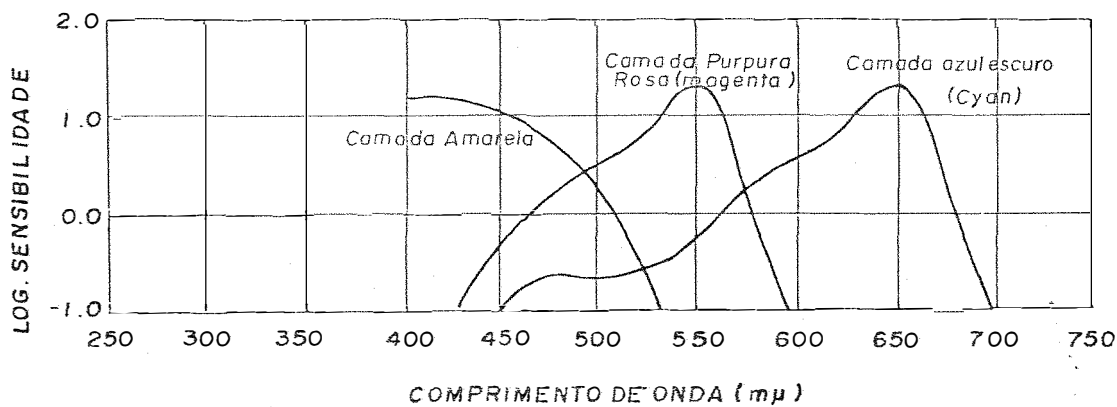


FIGURA 4 - Curvas de sensibilidade espectral do filme KODAK EKTACHROME MS Aerographic film 2448 (estar base).

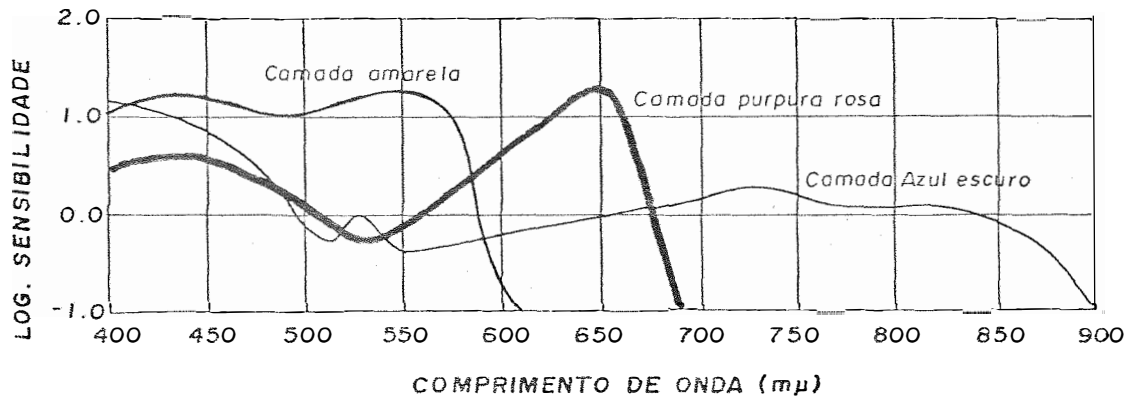


FIGURA 5 - Curvas de sensibilidade espectral do filme KODAK AEROCHROME Infrared film 2443 (estar base).

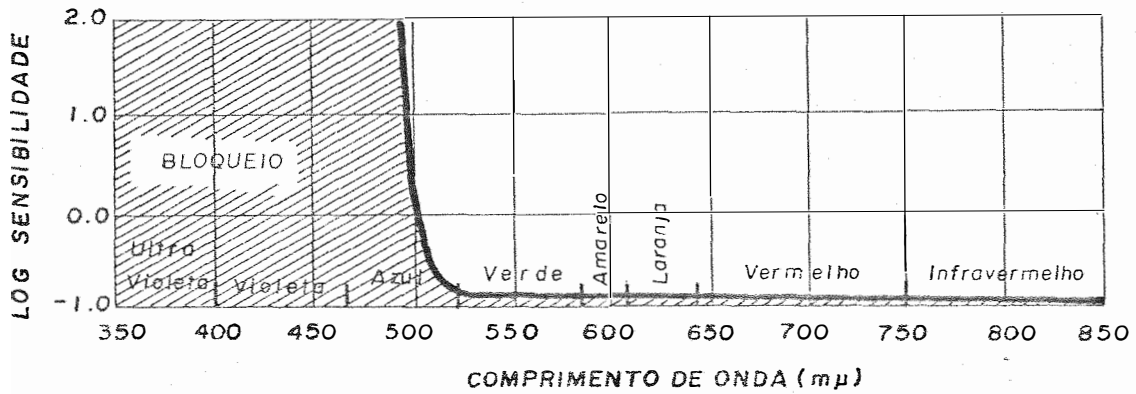


FIGURA 6 - Bloqueio dos comprimentos de onda mais curtos pelo filtro KODAK WRATTEN nº 12.

### 3.2. Métodos.

#### 3.2.1. Obtenção dos mapas básicos de drenagem e vegetação.

Para o estudo da drenagem e vegetação utilizou-se toda a cobertura fotográfica, o que perfaz uma área aproximada de 60 km<sup>2</sup>.

Para cada tipo de fotografia foram demarcados os divisores de água e a rede de drenagem completa, com todos os canais de drenagem permanentes ou temporários. A rede de drenagem foi traçada com o auxílio de pares estereoscópicos e em fotografias individuais.

Em estereoscopia utilizou-se de fotografias alternadas, segundo recomendação de RABBEN (38), de modo que uma fotografia de cada par estereoscópico ficava livre de anotação, facilitando a análise.

No estudo da vegetação a área estudada foi a mesma, sendo que os limites dos diferentes tipos de vegetação e suas identificações foram efetuadas com o auxílio de pares estereoscópicos.

A rede de drenagem e os diferentes tipos de vegetação foram finalmente reunidos em mapas gerais de toda a área e, para maior precisão, foi feito controle através de triangulação radial, conforme descrito por NAMI e SLEPETYS (31).

Ao final dos trabalhos contava-se com três mapas básicos de drenagem em monoscopia, três em estereoscopia e três mapas básicos para vegetação.

#### 3.2.2. Amostragem.

No estudo da rede de drenagem, adotou-se a amostragem proposta por RAY e FISCHER (40), para interpretação litológica.

FRANÇA (16) aplicou tal tipo de amostragem para solos, obtendo bons resultados, e consiste na tomada de amostras circulares, relativamente homogêneas quanto a solos, com área de 10 km<sup>2</sup>. 0

autor em questão utilizou-se das amostras circulares para o cálculo da densidade de drenagem. No trabalho em pauta todos os parâmetros relativos à drenagem foram analisados em amostras circulares, da mesma maneira que SOUZA (44).

No estudo da vegetação utilizou-se igualmente de amostras circulares de  $10 \text{ km}^2$ , com a mesma localização das amostras para a drenagem.

### 3.2.3. Análise da rede de drenagem.

A drenagem no trabalho em questão é uma variável para o estudo comparativo dos três tipos de fotografias. Os elementos estudados foram reunidos em dois grupos conforme a sua natureza: aqueles referentes à composição da rede de drenagem e aqueles referentes ao padrão de drenagem.

#### 3.2.3.1. Composição da rede de drenagem.

a) Ordem de ramificação: Os segmentos de rios ou canais de drenagem foram classificados com base na ordem de ramificação, segundo trabalho de STRAHLER (46).

Desse modo os canais de 1ª ordem vem a ser as cabeceiras de erosão; 2ª ordem, os canais resultantes da fusão dos primeiros; 3ª ordem, os canais formados a partir da junção de canais de 2ª ordem.

b) Número de segmentos de rios: Computou-se os segmentos de rios em cada ordem e o número total na bacia; onde  $\underline{W}$  é uma dada ordem de ramificação,  $\underline{NW}$  é o número de segmentos de cada ordem e  $\underline{N}$  o número total de segmentos na amostra.

c) Comprimento de rios: Foram medidos com o auxílio do curvímeter os comprimentos dos segmentos de rios de cada ordem e o comprimento total na amostra. Representando por  $\underline{W}$  uma dada ordem de rios, a soma dos comprimentos de segmentos de rios em cada ordem

é representada por LW e o comprimento total de todos os rios de uma amostra por Lt.

### 3.2.3.2. Características do padrão de drenagem.

a) Freqüência de rios (Fr): É definida como o número de segmentos de rios por unidade de área, ou seja:  $Fr = \frac{N}{A}$  onde N é o número total de segmentos de rios das diversas ordens e A a área da amostra circular.

b) Densidade de drenagem (Dd): Vem a ser o comprimento médio de segmentos de rios por unidade de área, ou seja:  $Dd = \frac{Lt}{A}$  onde Lt é o comprimento total de segmentos de rios de várias ordens e A a área da amostra circular, expressos na mesma unidade.

### 3.2.4. Análise da vegetação

Do mesmo modo que para a drenagem, a vegetação, constituiu-se num parâmetro para o estudo comparativo entre os três tipos de fotografias. A análise da vegetação restringiu-se à identificação dos diferentes tipos de vegetação existentes na área.

A análise quantitativa mais comum neste caso refere-se ao estudo de uma mesma área por vários intérpretes, analisando-se então o tipo de fotografia que forneceu o maior número de informações para cada técnico.

Na impossibilidade de executar tal tipo de análise, optou-se pela amostragem de várias parcelas sobre mapas básicos de vegetação, devidamente interpretados por um único fotointérprete.

Com vistas a evitar vícios no processo fotointerpretativo, o estudo da vegetação foi intercalado com o estudo da drenagem.

Os elementos estudados foram reunidos inicialmente em dois grupos: vegetação natural e terras com cultura.

A vegetação natural foi dividida em mata alta (CA), cerrado

baixo (CB), campo limpo (CL) e campo sujo (CS), enquanto que as culturas foram divididas em culturas anuais (CN) e culturas perenes: café (CF), pomar cítrico (PC), pomar não cítrico (PN), eucalipto jovem (EJ), eucalipto adulto (EA) e pastagens (PA).

Na identificação adotou-se a chave de classificação do tipo de seleção, em que o fotointérprete seleciona o exemplo correspondente à imagem que está tentando identificar através das suas características marcantes.

Na caracterização da variável cor utilizou-se da carta de MUNSELL (30) para vegetação.

A chave de classificação foi obtida estudando-se intensivamente uma área teste no local, e através de fotografias na escala 1:15.000 e 1:3.500, sendo que estas últimas serviram posteriormente para a confirmação do erro ou acerto cometido pelo fotointérprete para cada objeto identificável existente na amostra circular.

O QUADRO 1 apresenta a chave de classificação empregada no presente trabalho.

Quanto à tabulação dos dados, adotou-se o critério empregado por NORTHROP e JOHNSON (32), através da consignação de pontos. O número de ocorrências identificadas ou não, porcentualmente em relação ao número de ocorrências totais, seria a eficiência da fotografia.

QUADRO 1 - Chave de classificação (tipo seleção) para os tipos de vegetação existentes no Município de Campinas.

Tipo	Características
------	-----------------

Mata alta (CA) -

Forma irregular; sombras irregularmente distribuídas no dossel, provenientes das espécies dominantes; porte alto; textura grosseira, devida às espécies dominantes; tonalidade escura para o filme pancromático (N3.5/); cor verde escura para o colorido (5.7GY3.6/4.8 + 8.0GY2.2/3.6) e vermelha para o infravermelho colorido (9.3R4.0/9.1 + 9.8R5.4/14.5).



-continuação-

## Cerrado baixo (CB) -

Forma irregular; presença de sombras, porém em menor número e tamanho; porte médio; textura média; tonalidade escura para o filme pancromático (3.3GY5.4/0.1); cor verde escura para o colorido (7.4GY4.2/7.1 + 5.7GY3.6/4.8) e vermelha para o infravermelho colorido (2.1R6.0/11.1 + 2.7R5.9/6.1).

## Campo limpo (CL) -

Forma irregular; ausência de sombras provenientes de vegetação; textura fina; tonalidade intermediária para o filme pancromático (6.7Y7.4/0.2); cor verde amarelada para o colorido (4.8GY6.0/5.0) e rósea para o infravermelho colorido (2.7R5.9/6.1 + 4.0R4.4/4.8).

## Campo sujo (CS) -

Forma irregular; presença de sombras provenientes da vegetação arbustiva esparsa; textura fina; tonalidade intermediária para o filme pancromático (6.7Y7.4/0.2); cor verde amarela para o colorido (4.8GY6.0/5.0) e rósea para o infravermelho colorido (2.7R5.9/6.1 + 4.0R4.4/4.8).

## Culturas anuais (CN) -

Formas regulares; ausência de sombras; textura aveludada, muitas vezes marchetada; tonalidade clara a intermediária para o filme pancromático (6.7Y7.4/0.2 + 3.3GY5.4/0.1); cor verde a verde amarelada para o colorido (9.2Y7.2/9.2 + 9.5Y7.1/6.5 + 9.0Y7.2/3.9) e vermelha a rósea para o infravermelho (2.1R6.0/11.1 + 2.7R5.9/6.1 + 5.1R2.8/10.1).

## Café (CF) -

Formas regulares; talhões pequenos; espaçamento característico; ausência de sombras; porte baixo; textura das árvores imperceptível; tonalidade escura para o filme pancromático (6.7Y7.4/0.2); verde escura para o colorido (5.1G3.0/8.1) e vermelha para o infravermelho (7.3RP4.4/11.4).

-continua-

-continuação-

## Pomar cítrico (PC) -

Formas regulares; espaçamento característico; copas pequenas e regulares; presença de sombras; porte alto; textura das árvores imperceptível; tonalidade escura para o filme pancromático (3.3GY5.4/0.1); verde clara para o colorido (9.4Y5.9/6.3) e vermelha para o infravermelho (9.2R3.9/12.1 + 9.3R5.5/9.2).

## Pomar não cítrico (PN) -

Formas regulares; espaçamento característico; presença de sombras; copas grandes e arredondadas (mangueira); copas pequenas e irregulares (figo e pessegueiro); textura das árvores imperceptível; tonalidade intermediária a escura para a fotografia pancromática (6.7Y7.4/0.2); cor verde média a amarelada para o colorido (9.4Y5.9/6.3 + 7.6Y3.8/5.4), cor vermelha a rósea para o infravermelho (9.2R3.9/12.1 + 9.3R5.5/9.2).

## Eucalipto jovem (EJ) -

Formas regulares; presença de sombras; porte baixo a médio; espaçamento perceptível; textura média; tonalidade escura para o filme pancromático (N3.5/ ); verde médio para o colorido (7.4GY4.2/7.1), e vermelho médio para o infravermelho (9.2R3.9/12.1).

## Eucalipto adulto (EA) -

Formas regulares; presença de sombras dentro do talhão; porte médio a alto; textura grosseira devido ao crescimento irregular após corte; tonalidade escura para o filme pancromático (N3.5/ ); verde escura para o colorido (7.4GY4.2/7.1), e vermelho para o infravermelho (9.2R3.9/12.1).

## Pastagens (PA) -

Formas mistas; presença de sombras grandes decorrente de árvores de porte; eventualmente presença de cordões em

-continua-

-continuação-

contorno; textura fina; tonalidade intermediária para o filme pancromático (6.7Y7.4/0.2); cor verde clara para o colorido (5.4GY6.0/8.7), e vermelho claro para o infravermelho (2.1R6.0/11.1).

---

3.2.5. Delineamento experimental e análise estatística dos resultados.

Adotou-se o delineamento experimental de parcelas inteiramente casualizadas, consistindo de três tratamentos com sete repetições.

Os tratamentos referiram-se aos três tipos de filmes, sendo  $T_1$  - Fotografia pancromática ;  $T_2$  - Fotografia colorida e  $T_3$  - Fotografia infravermelha colorida. As repetições constituíram-se nas amostras circulares de 10 km<sup>2</sup>.

Os dados referentes à rede de drenagem e vegetação foram submetidos a análise de variância, a qual permitiu avaliar se os resultados obtidos são reproduzíveis, ou obra do acaso.

As médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey, o qual permitiu detectar as diferenças entre os três tipos de fotografias.

Os processos estatísticos adotados são os expostos em PIMENTEL GOMES (36).

#### 4. RESULTADOS.

Os resultados obtidos para os três tipos de fotografias, no estudo da rede de drenagem e da vegetação, são apresentados nas FIGURAS e nos QUADROS que se seguem.

##### 4.1. Análise da drenagem.

As FIGURAS de 7 a 18 mostram as amostras circulares no estudo da drenagem em monoscopia, e as FIGURAS de 19 a 30 as amostras circulares no estudo da drenagem em estereoscopia.

##### 4.1.1. Número de segmentos de rios.

Os números de segmentos de rios nas diversas ordens para os diferentes tratamentos em monoscopia e em estereoscopia, podem ser vistos nos QUADROS 2 e 3 .

O QUADRO 4 mostra a análise de variância para estes valores e o QUADRO 5 a análise conjunta desses dados.

QUADRO 2 - Número de segmentos de rios nas diversas ordens em monoscopia.

Ordem	Tratamentos	R e p e t i ç õ e s							Médias
		1	2	3	4	5	6	7	
1ª	1	47	38	30	59	52	33	50	44,14
	2	52	45	40	67	60	42	54	51,43
	3	68	63	57	82	72	55	69	66,57
2ª	1	15	12	10	18	12	11	17	13,57
	2	18	15	11	18	16	13	17	15,43
	3	24	17	17	26	20	19	24	21,00
3ª	1	3	3	4	3	1	2	2	2,57
	2	4	5	4	3	2	3	3	3,43
	3	5	6	5	6	5	5	6	5,43
4ª	1	1	1	0	0	0	0	0	0,29
	2	1	1	0	0	0	1	0	0,43
	3	1	1	0	1	2	1	2	1,14

QUADRO 3 - Número de segmentos de rios nas diversas ordens em estereoscopia.

Ordem	Tratamentos	R e p e t i ç õ e s							Médias
		1	2	3	4	5	6	7	
1ª	1	75	53	54	65	62	67	67	63,29
	2	77	60	56	65	62	71	73	66,29
	3	89	79	82	105	87	97	87	89,43
2ª	1	24	16	17	22	16	18	21	19,14
	2	21	16	17	21	17	19	21	18,86
	3	27	20	22	30	27	25	24	25,00
3ª	1	4	6	5	4	3	5	5	5,00
	2	3	6	5	4	3	5	4	4,29
	3	4	6	6	7	6	6	6	5,86
4ª	1	1	1	1	1	1	1	1	1,00
	2	1	1	1	1	1	1	1	1,00
	3	1	1	1	1	1	1	2	1,14

QUADRO 4 - Análise de variância e teste de Tukey para os números de segmentos de rios nas diversas ordens em monoscopia e em estereoscopia.

Tratamentos	Médias - monoscopia				Médias - estereoscopia			
	O r d e m d e r a m i f i c a ç ã o							
	1ª	2ª	3ª	4ª	1ª	2ª	3ª	4ª
1	44,14	13,57	2,57	0,29	63,29	19,14	5,00	1,00
2	51,43	15,43	3,43	0,43	66,29	18,86	4,29	1,00
3	66,57	21,00	5,43	1,14	89,43	25,00	5,86	1,14
F Trat.	9,24**	10,50**	20,61**	NS	21,77**	9,60**	4,90*	NS
DMS 5% (Tukey)	13,58	4,31	1,17		11,07	4,04	1,36	

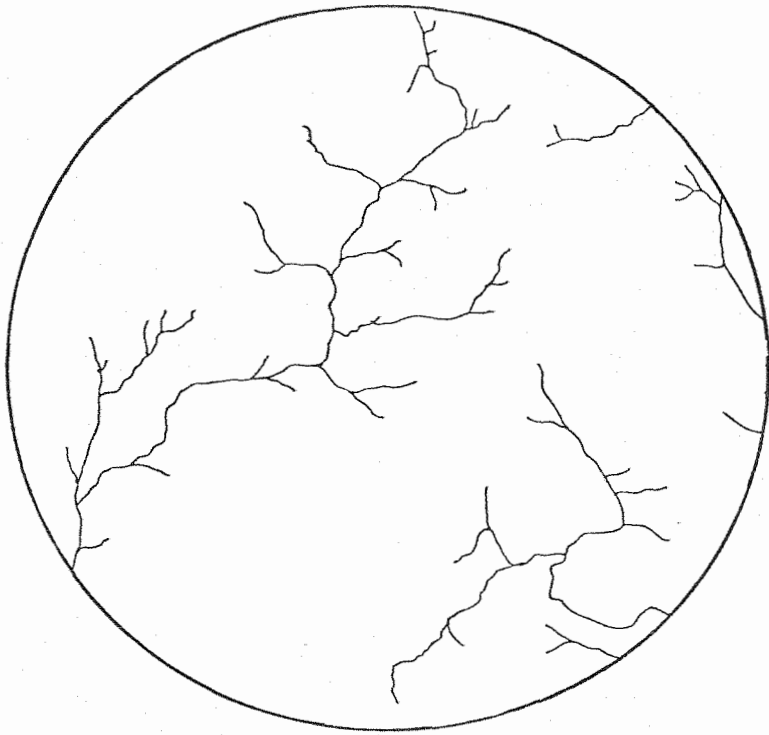
\*\* Valores significativos ao nível de 1% de probabilidade.

\* Valores significativos ao nível de 5% de probabilidade.

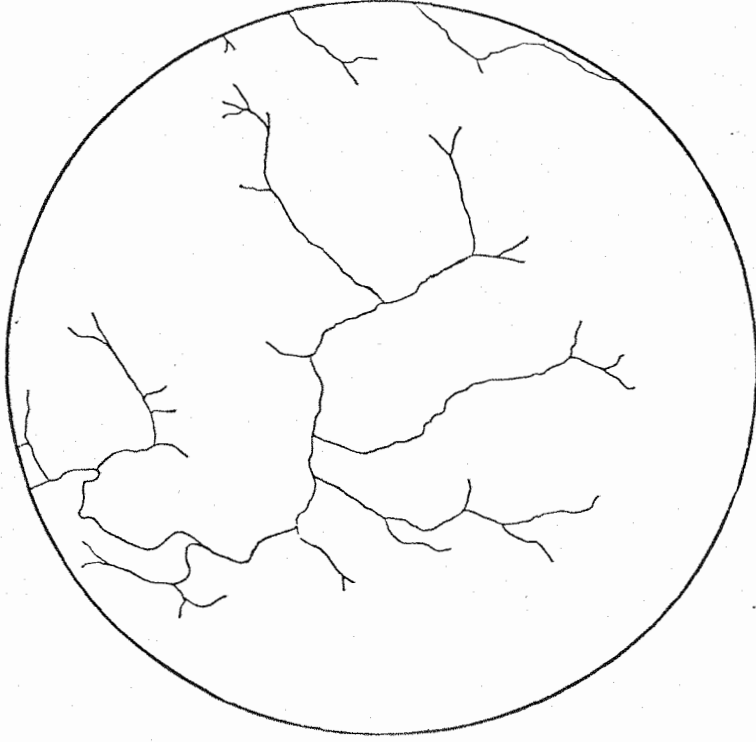
QUADRO 5 - Análise de variância e teste de Tukey para os números de segmentos de rios nas diversas ordens, analisados conjuntamente.

Tratamentos	Ordem de ramificação - Médias			
	1ª	2ª	3ª	4ª
1 Mono	44,14	13,57	2,57	0,29
2 Mono	51,43	15,43	3,43	0,43
3 Mono	66,57	21,00	5,43	1,14
1 Estereo	63,29	19,14	5,00	1,00
2 Estereo	66,29	18,86	4,29	1,00
3 Estereo	89,43	25,00	5,86	1,14
F Trat.	20,54**	8,79**	12,14**	NS
DMS 5% (Tukey)	14,59	5,87	1,49	

\*\* Valores significativos ao nível de 1% de probabilidade.



AMOSTRA 1



AMOSTRA 2

Esc. aprox. 1:37.000

FIGURA 7 - Rede de drenagem em monoscopia para a fotografia pancromática.

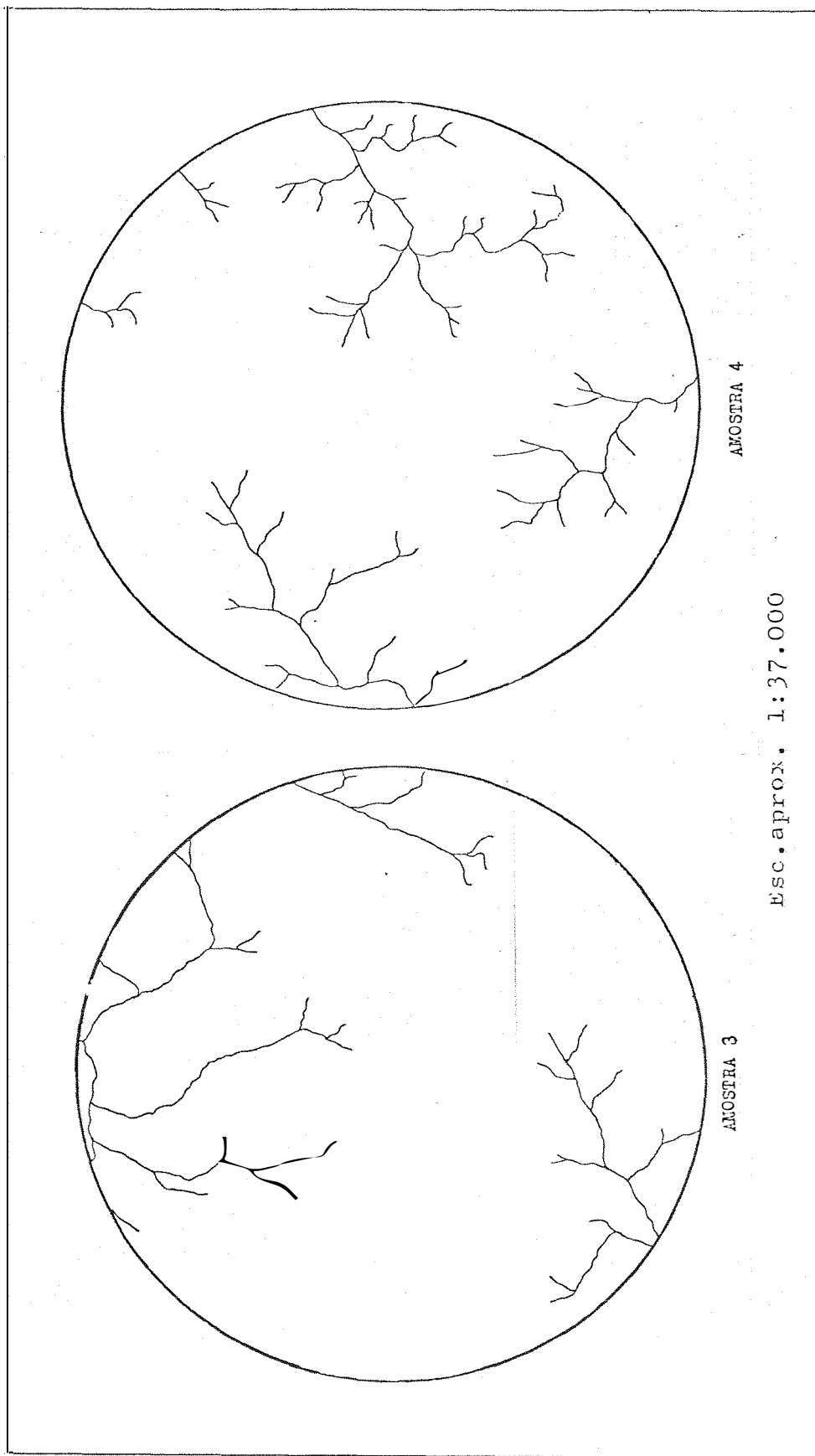


FIGURA 8 - Rede de drenagem em monoscopia para a fotografia pancromática.



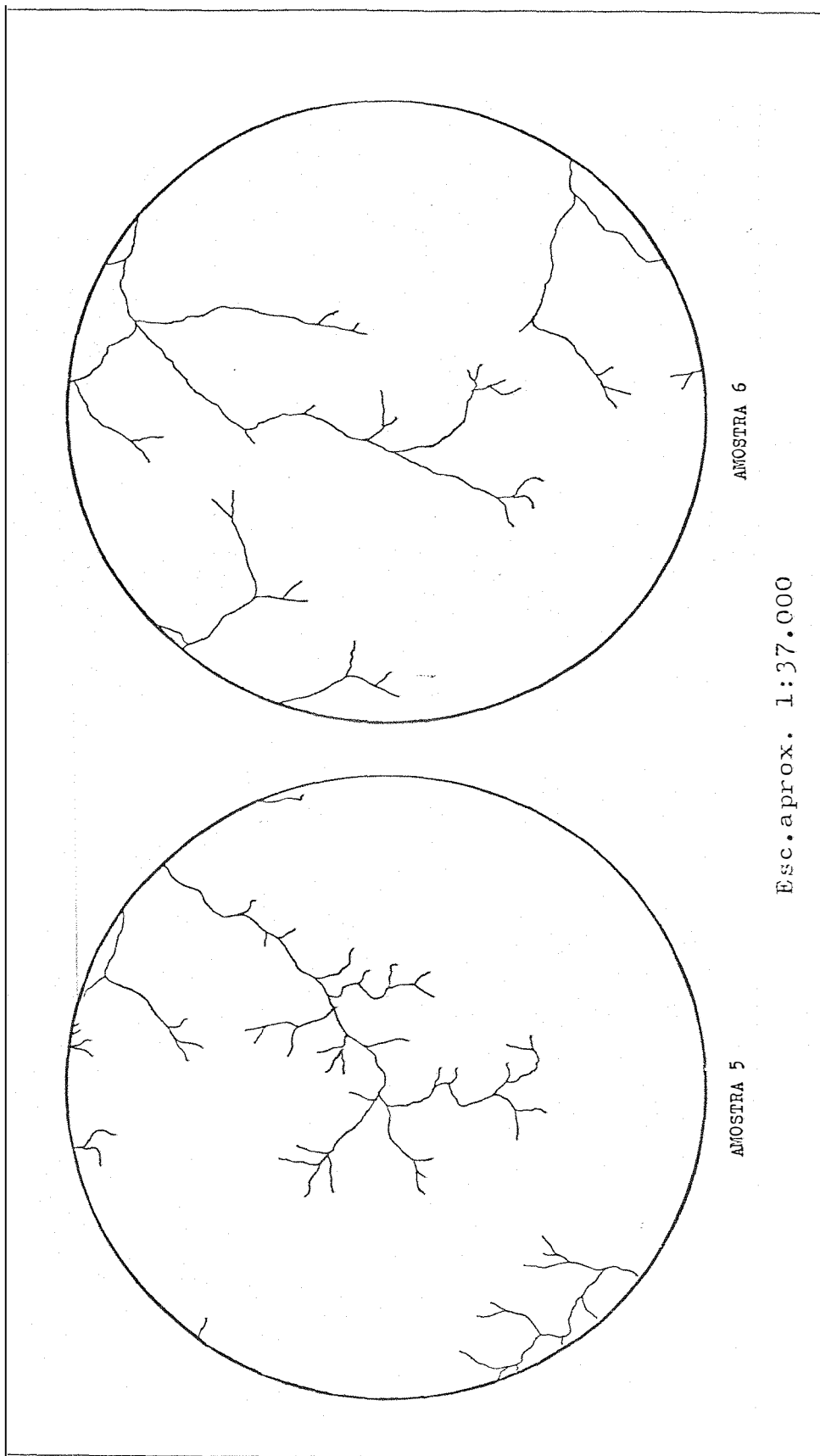


FIGURA 9 - Rede de drenagem em monoscopia para a fotografia pancromática.

.

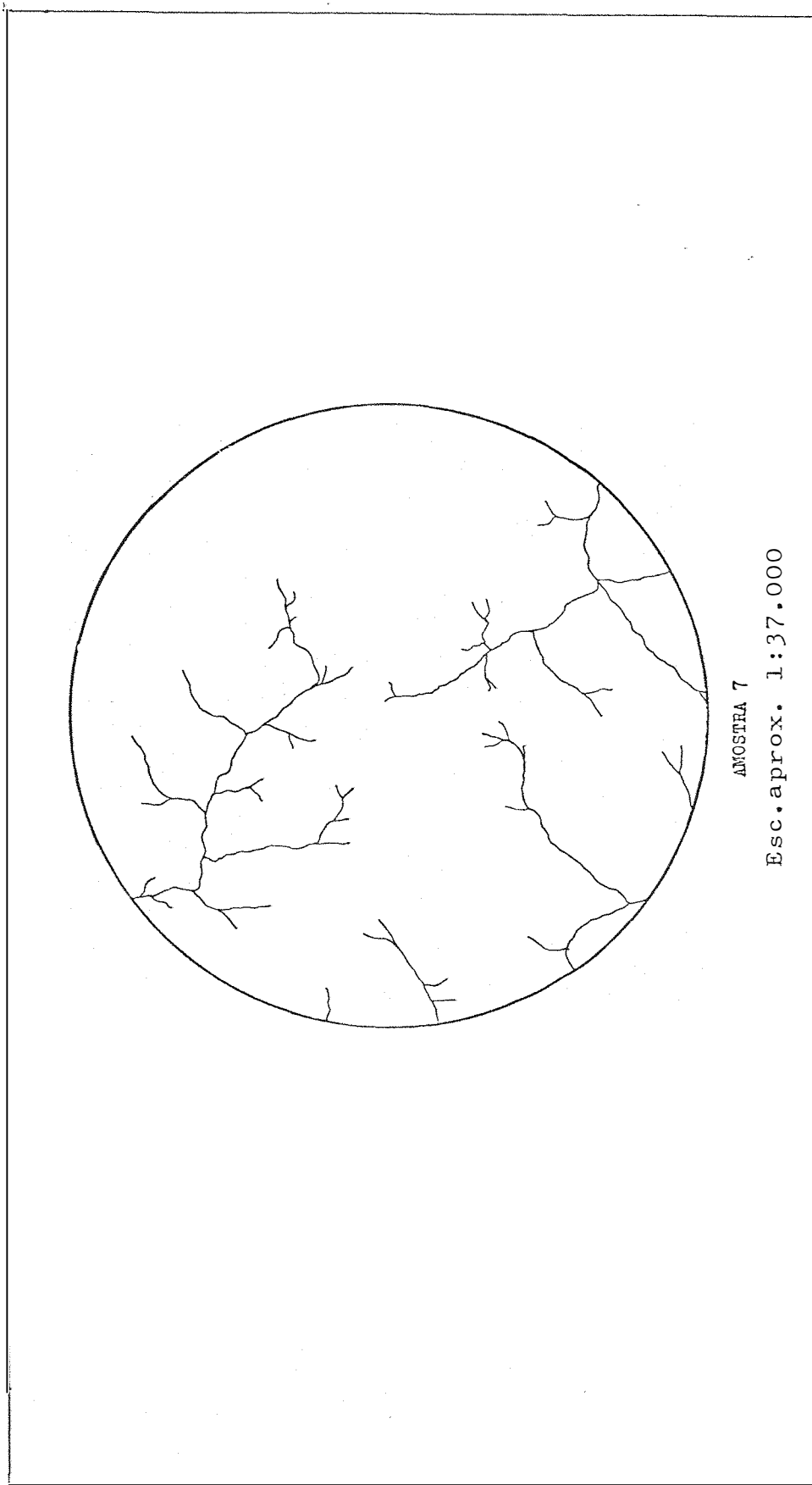


FIGURA 10 - Rede de drenagem em monoscopia para a fotografia pancromática.

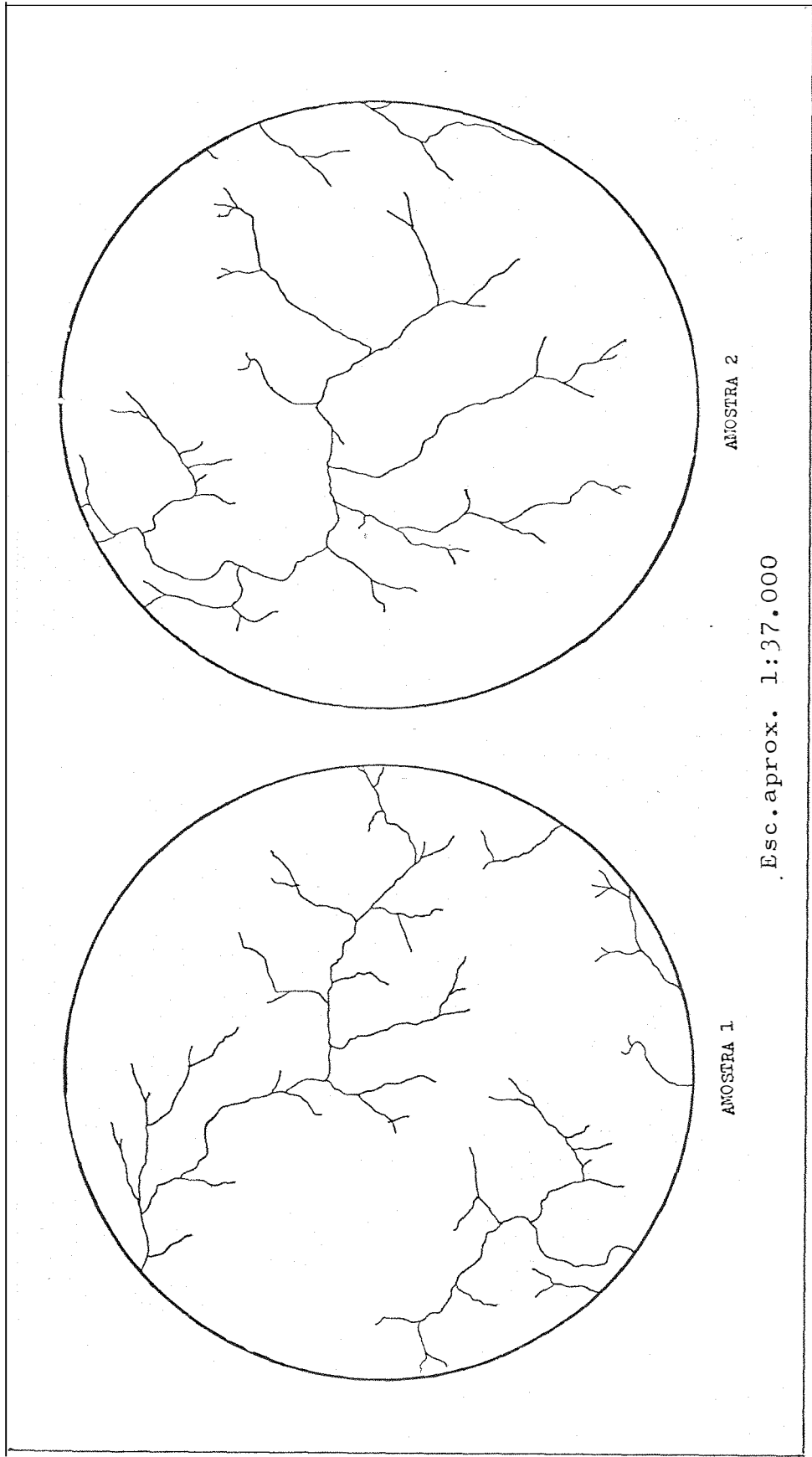


FIGURA 11 - Rede de drenagem em monoscopia para a fotografia colorida.

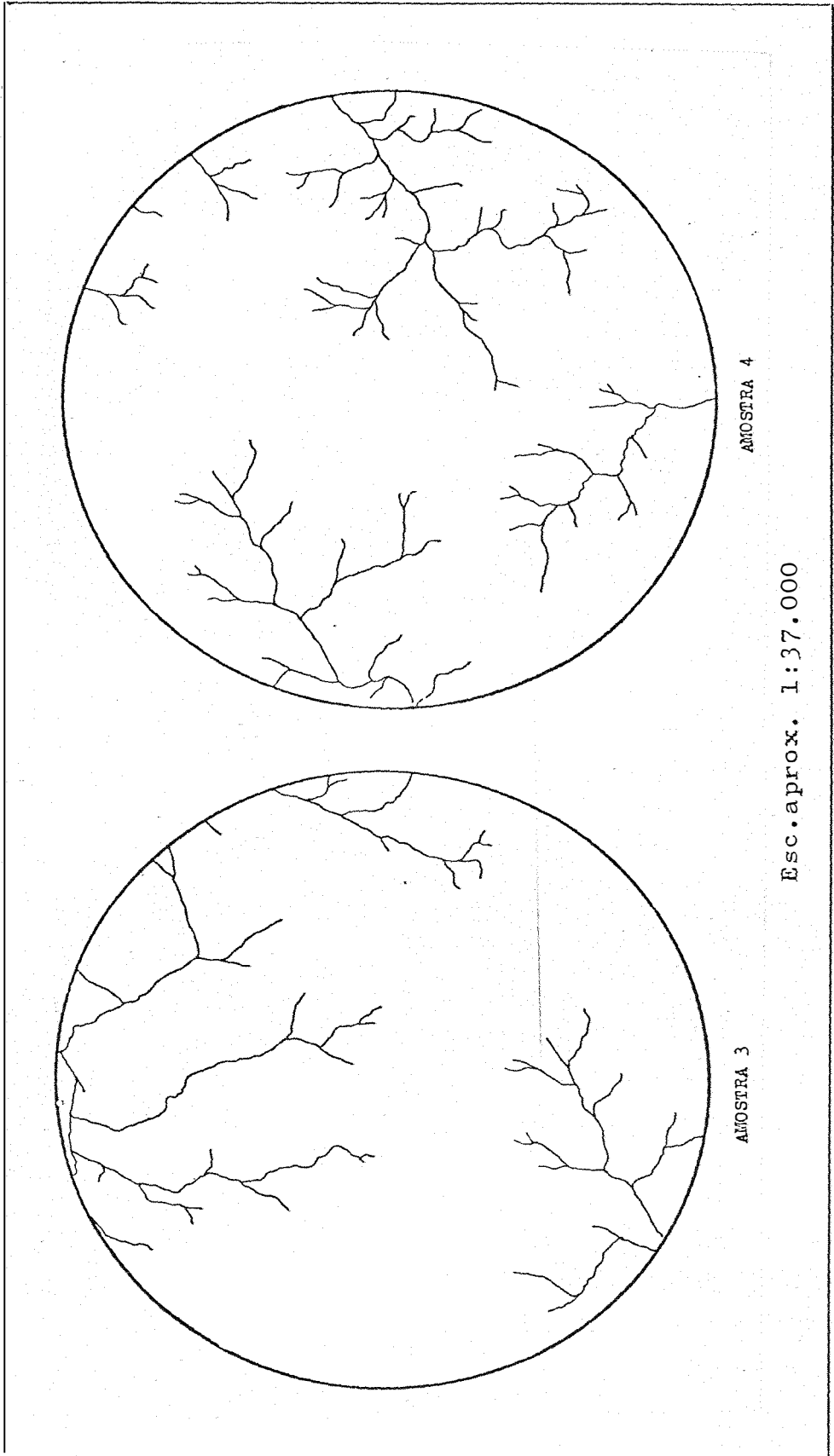


FIGURA 12 - Rede de drenagem em monoscopia para a fotografia colorida.

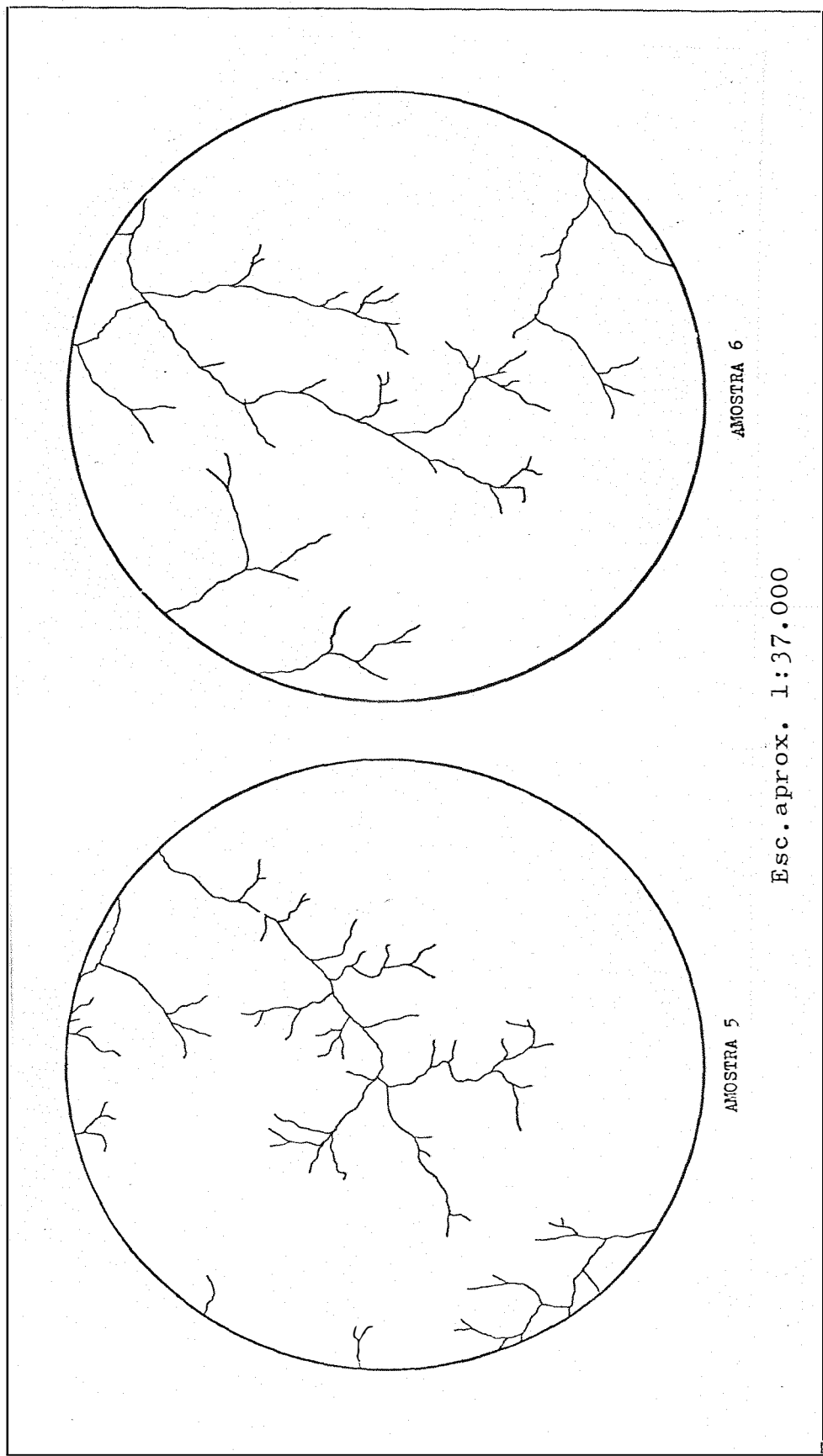
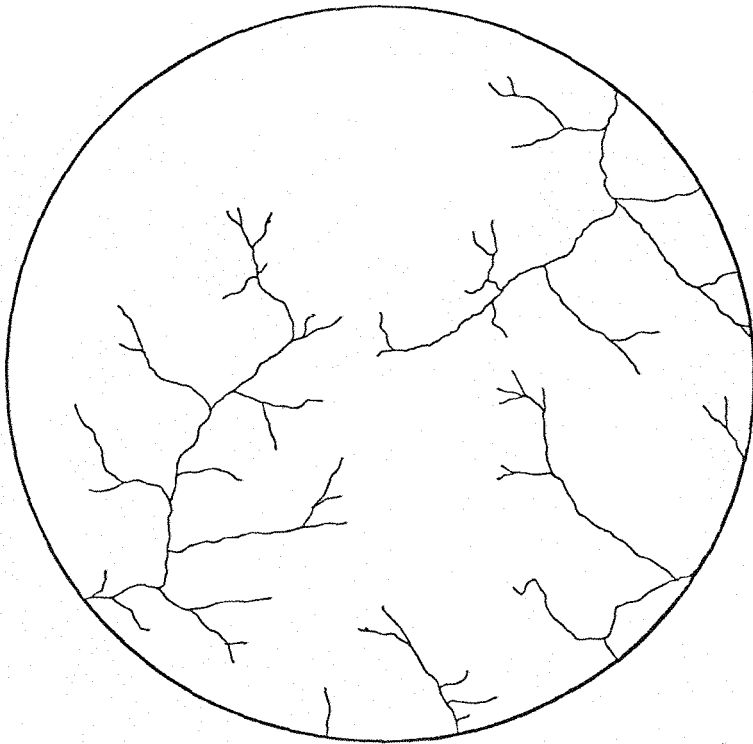


FIGURA 13 - Rede de drenagem em monoscopia para a fotografia colorida.



AMOSTRA 7

Esc. aprox. 1:37.000

FIGURA 14 - Rede de drenagem em monoscopia para a fotografia colorida.

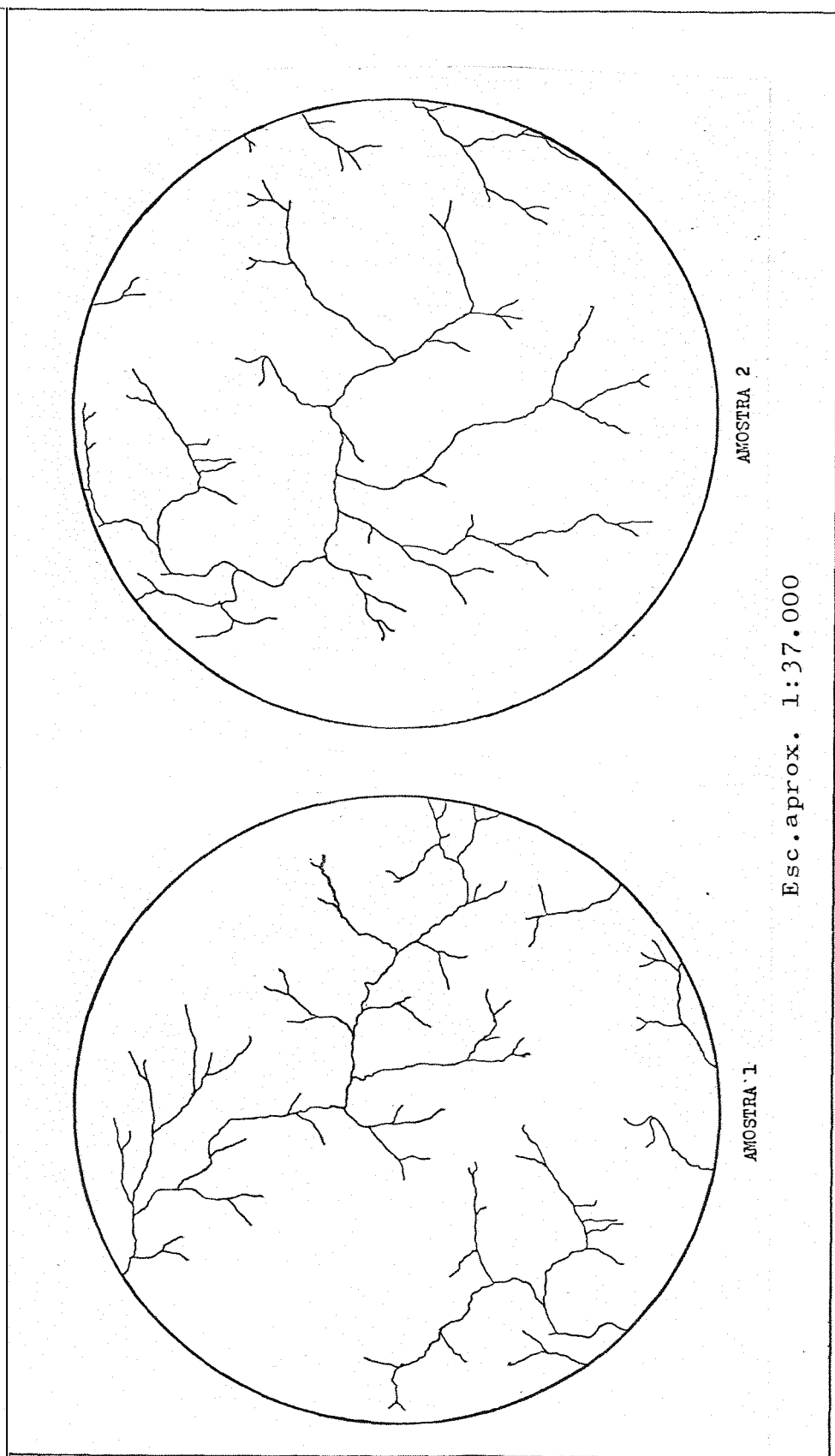


FIGURA 15 - Rede de drenagem em monoscopia para a fotografia infravermelha colorida.

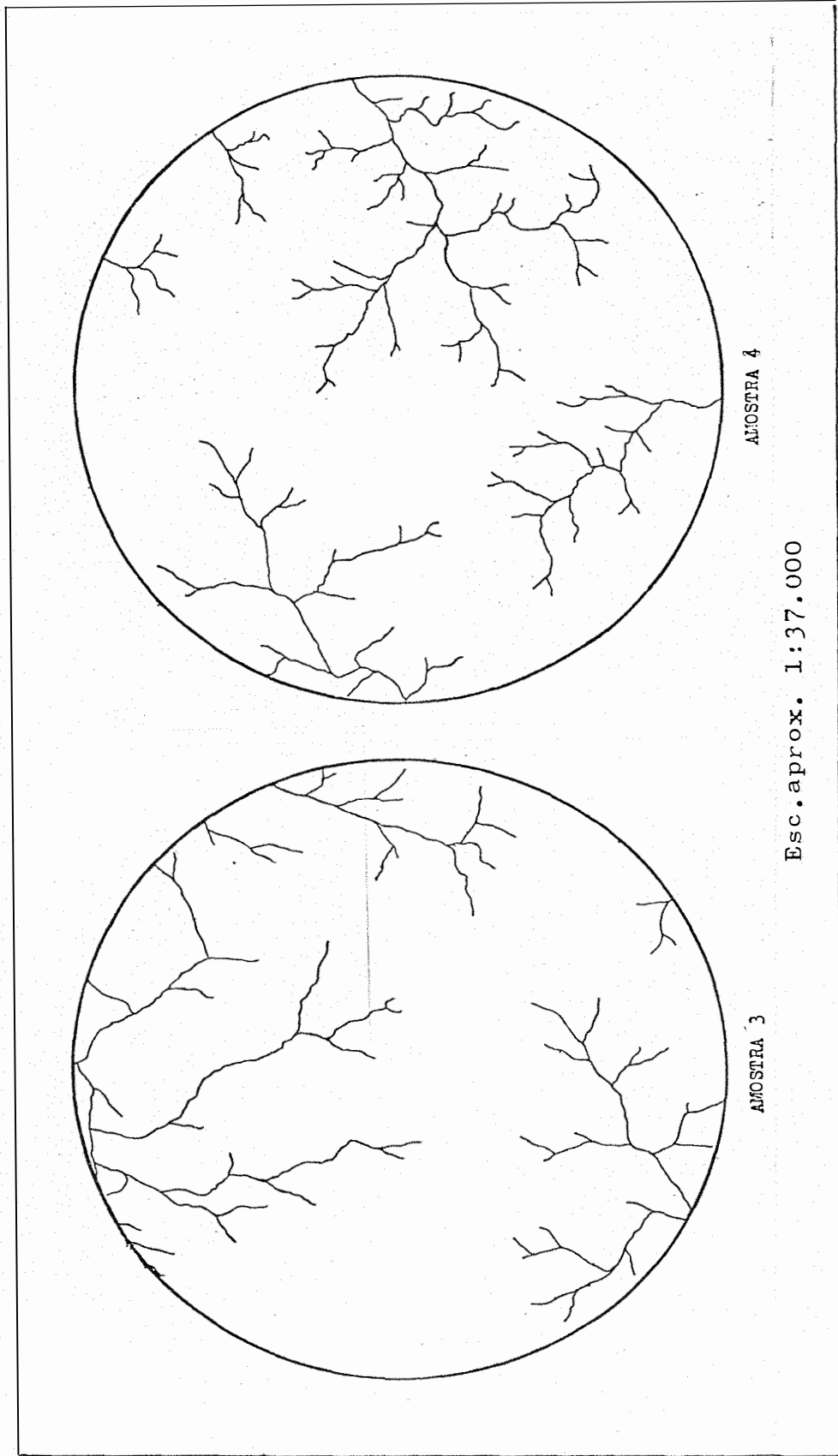


FIGURA 16 - Rede de drenagem em monoscopia para a fotografia infravermelha colorida.



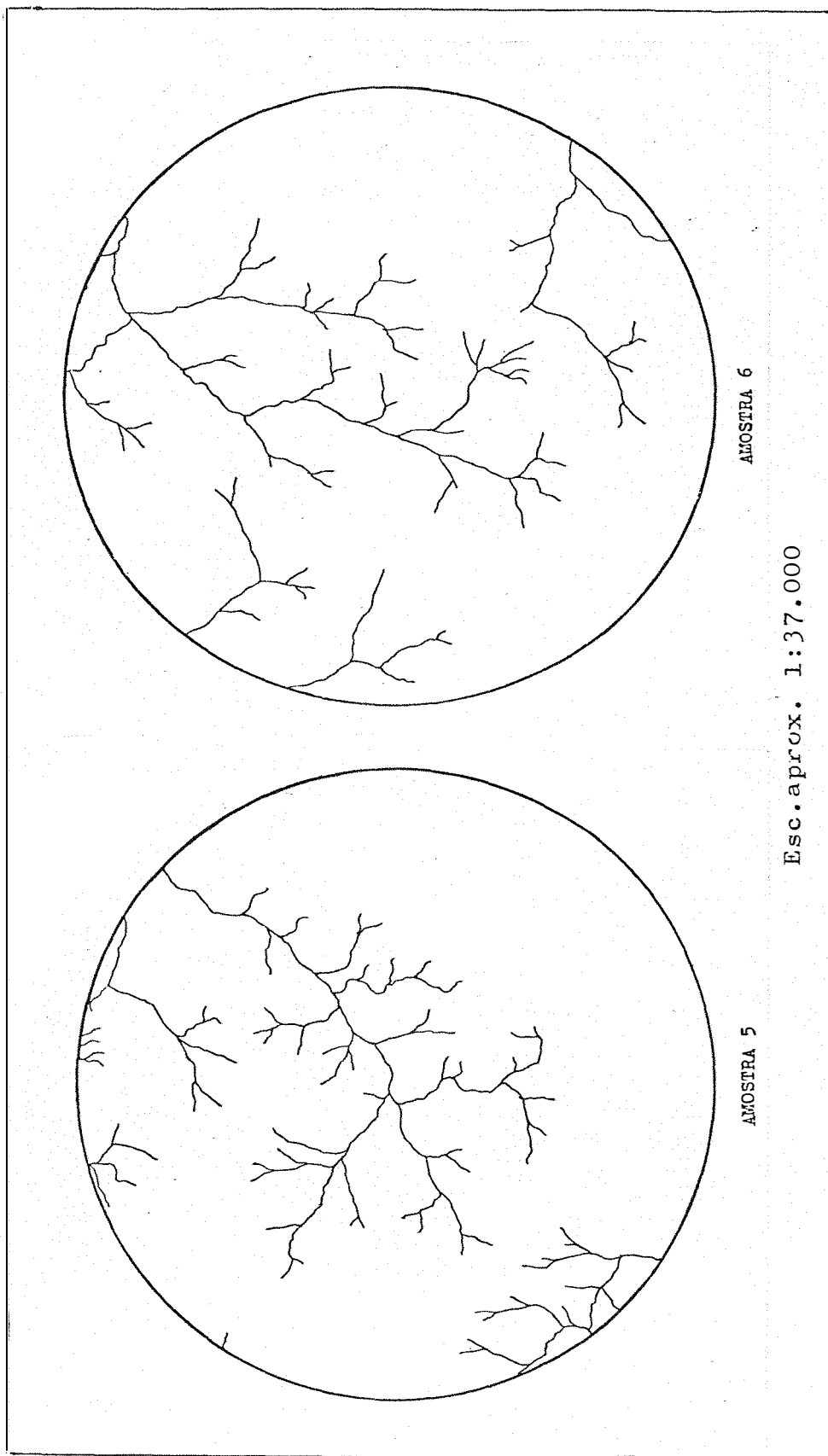
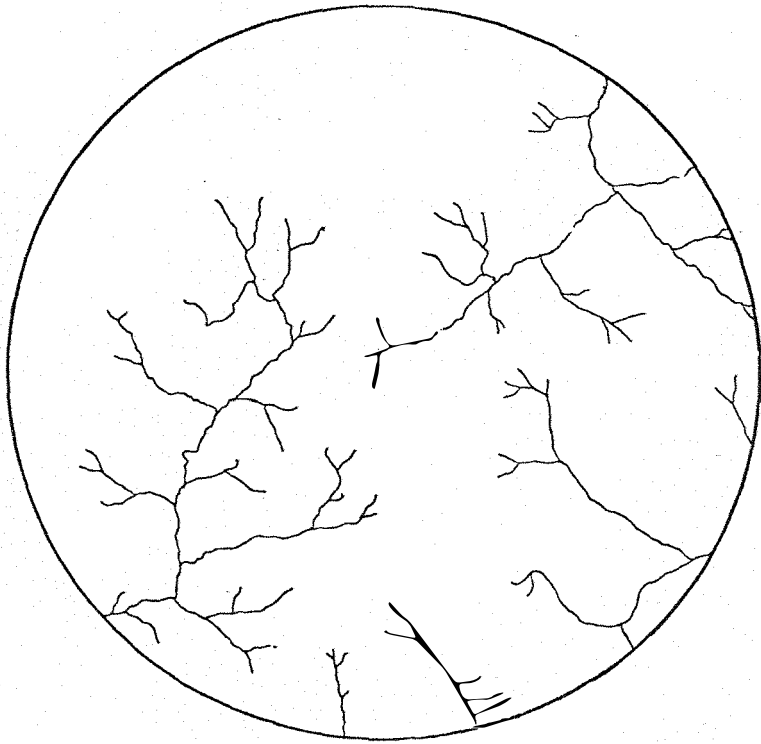


FIGURA 17 - Rede de drenagem em monoscopia para a fotografia infravermelha colorida.



AMOSTRA 7

Esc. aprox. 1:37.000

FIGURA 18 - Rede de drenagem em monoscopia para a fotografia infravermelha colorida.

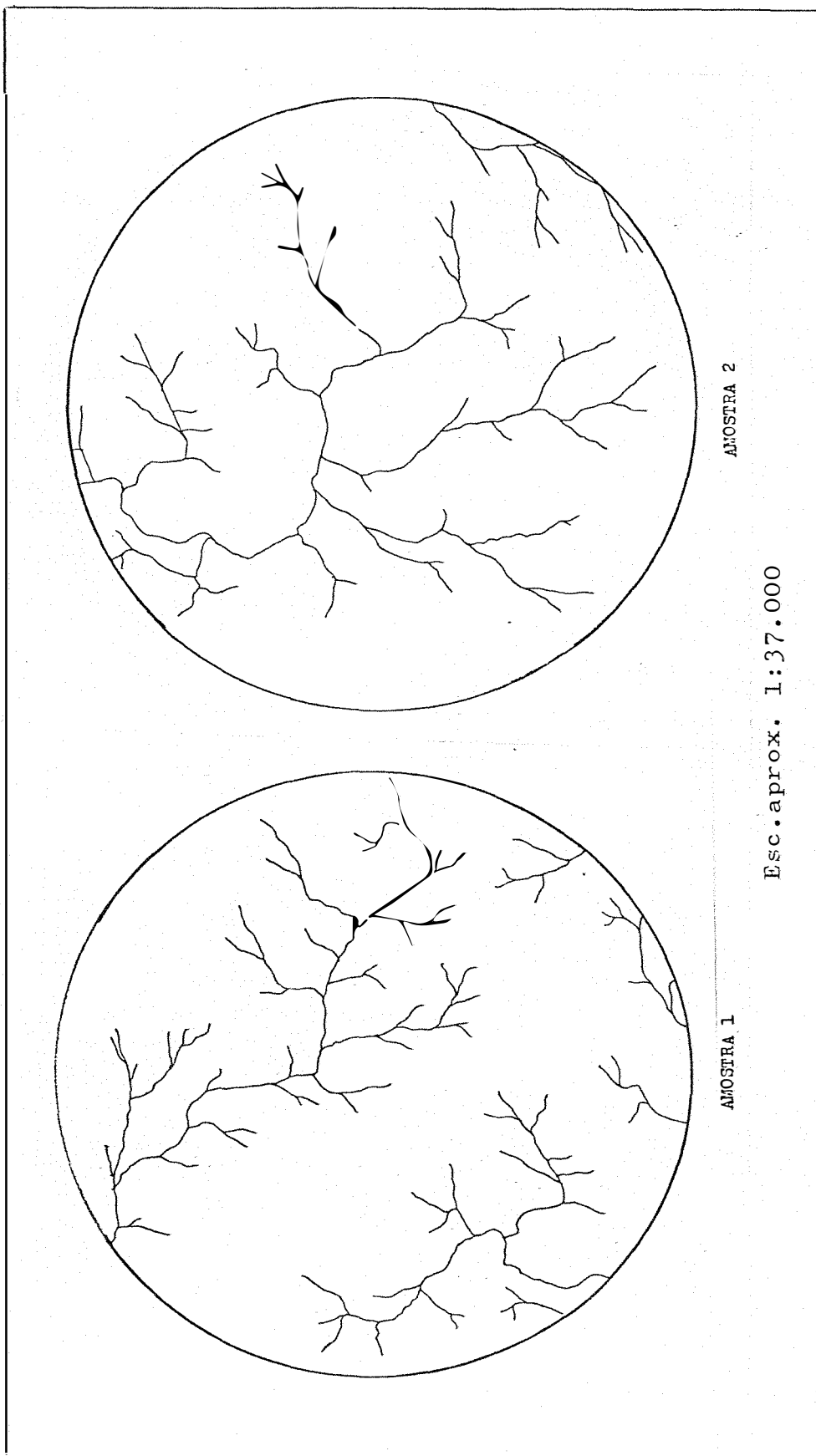
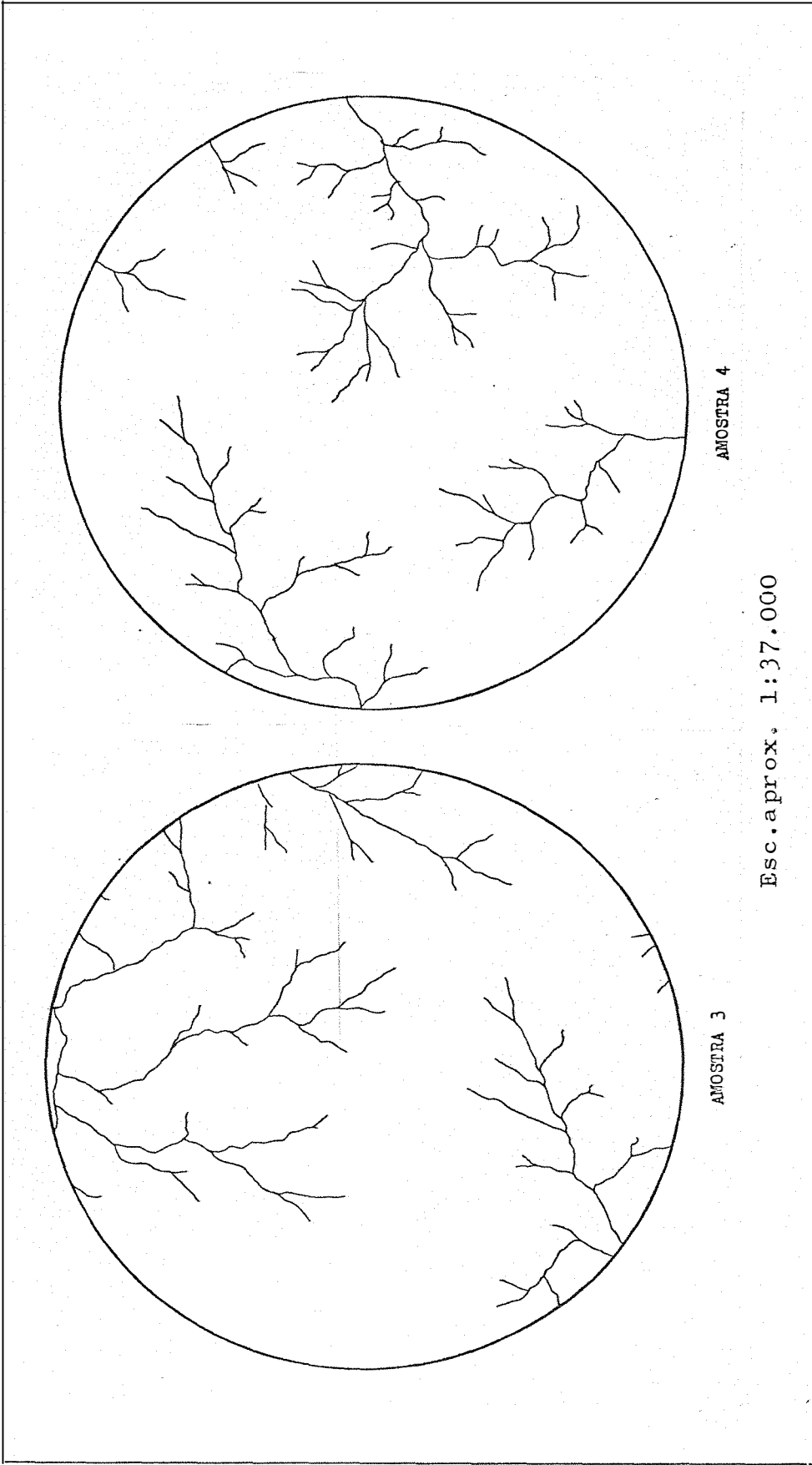


FIGURA 19 - Rede de drenagem em estereoscopia para a fotografia pancromática.



Esc. aprox. 1:37.000

FIGURA 20 - Rede de drenagem em estereoscopia para a fotografia pancromática.

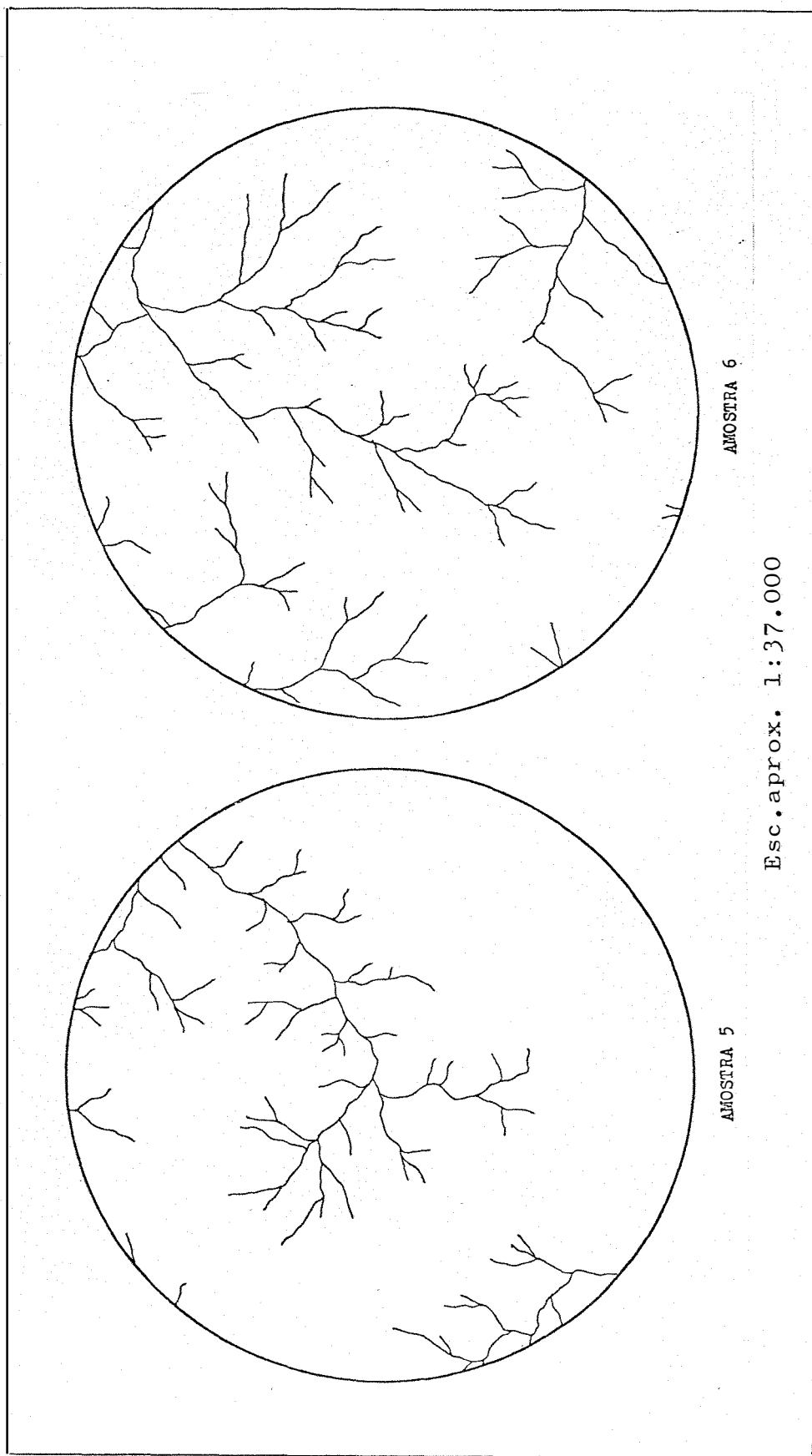


FIGURA 21 - Rede de drenagem em estereoscopia para a fotografia pancromática.

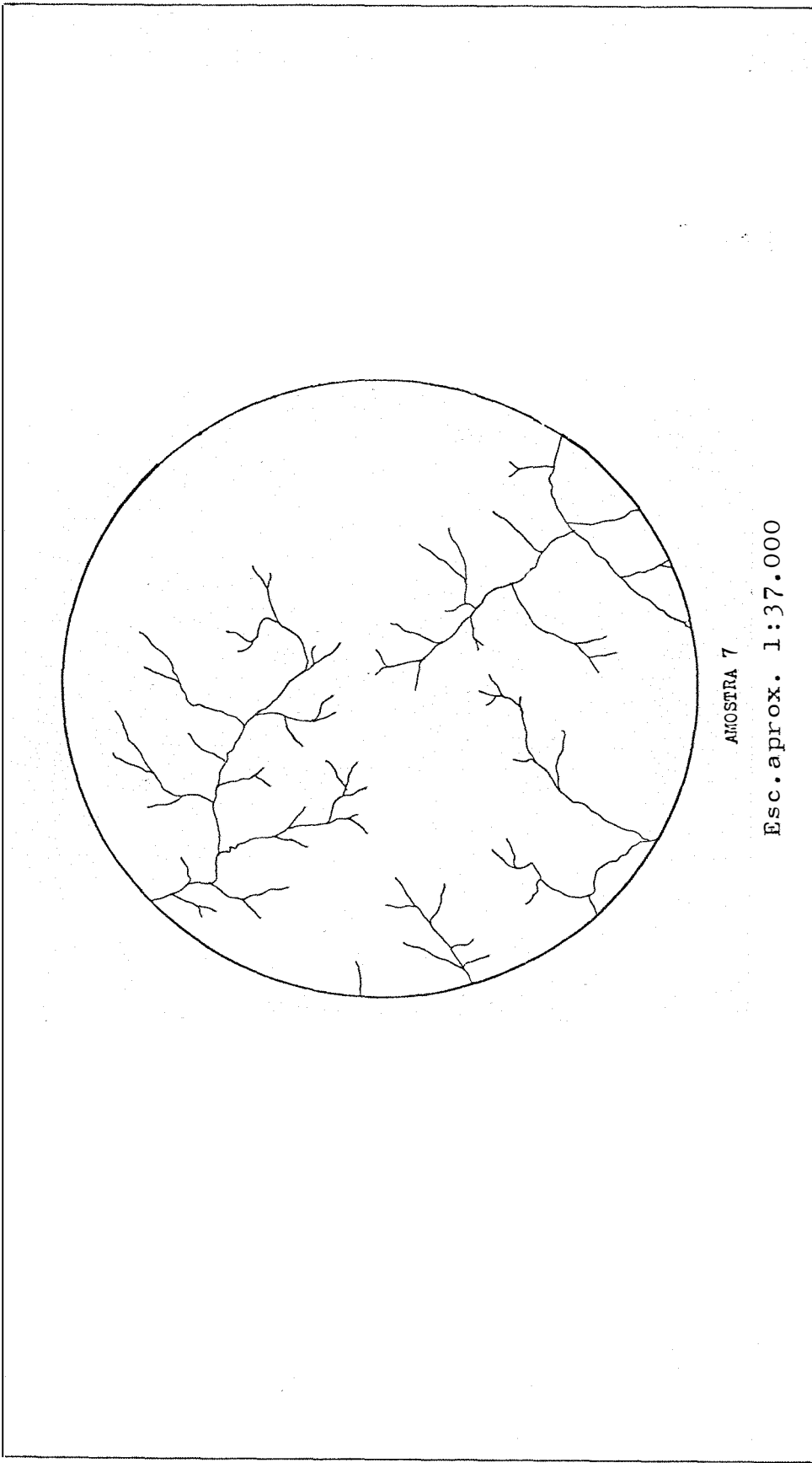


FIGURA 22 - Rede de drenagem em estereoscopia para a fotografia pancromática.

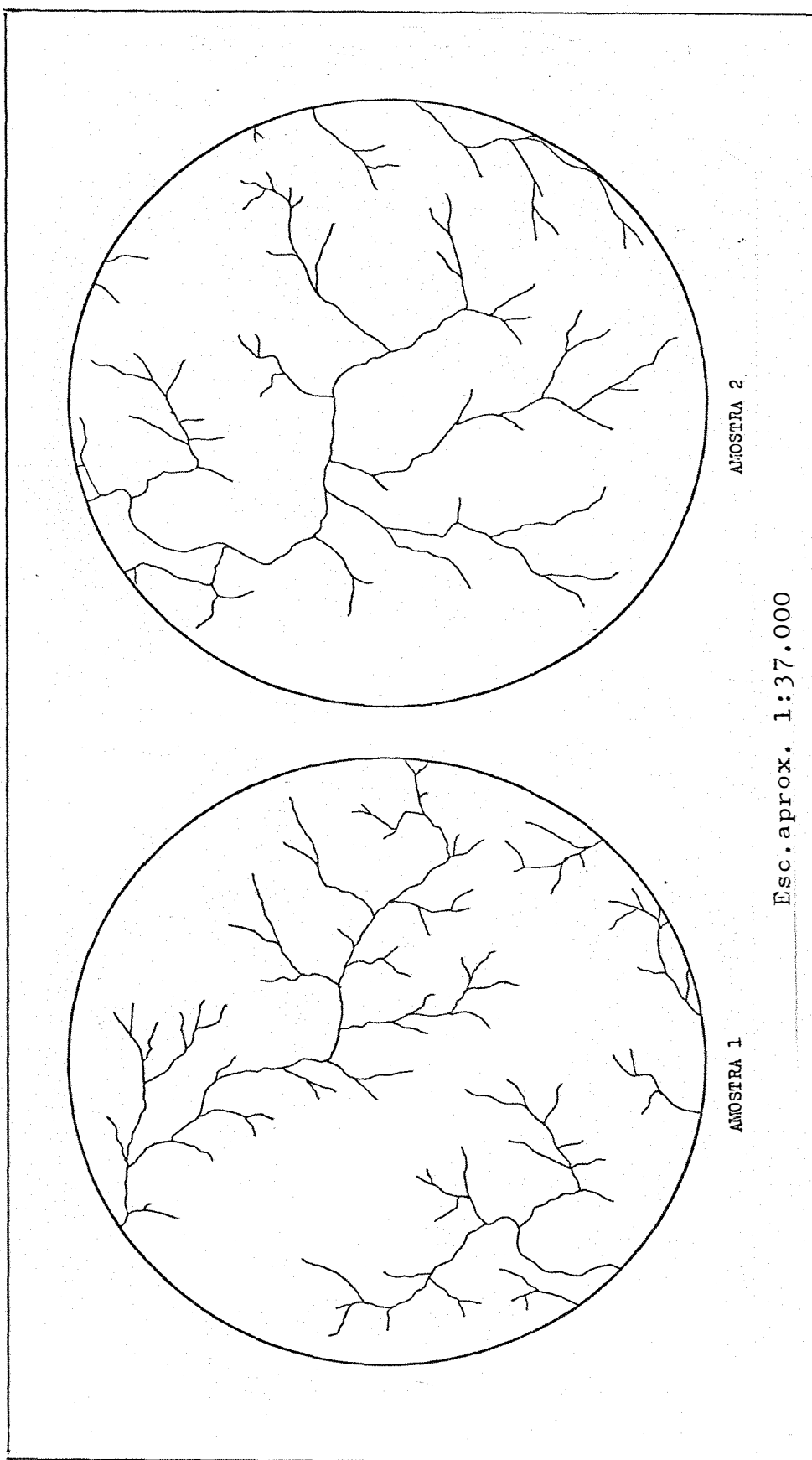


FIGURA 23 - Rede de drenagem em estereoscopia para a fotografia colorida.

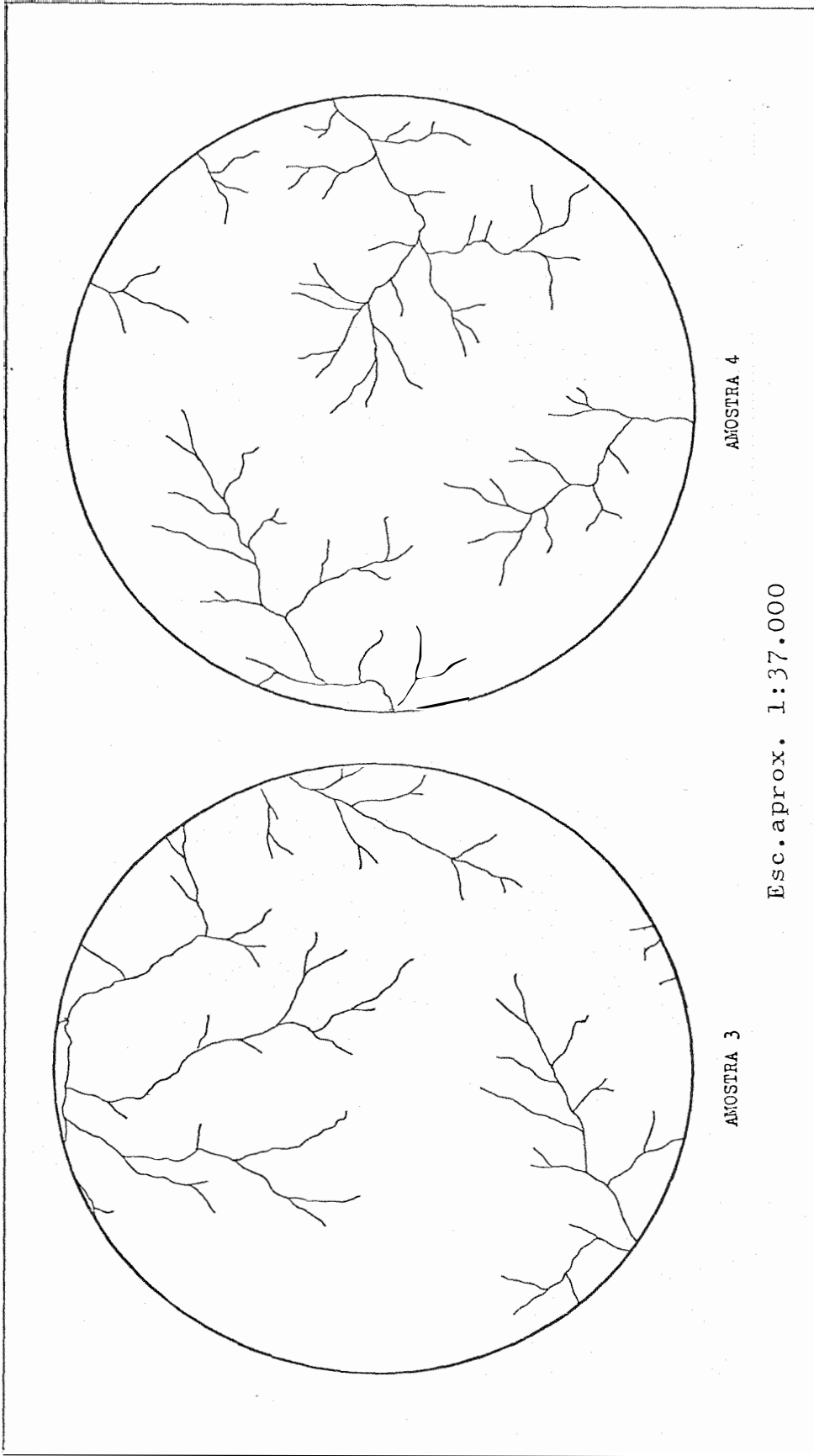


FIGURA 24 - Rede de drenagem em estereoscopia para a fotografia colorida.



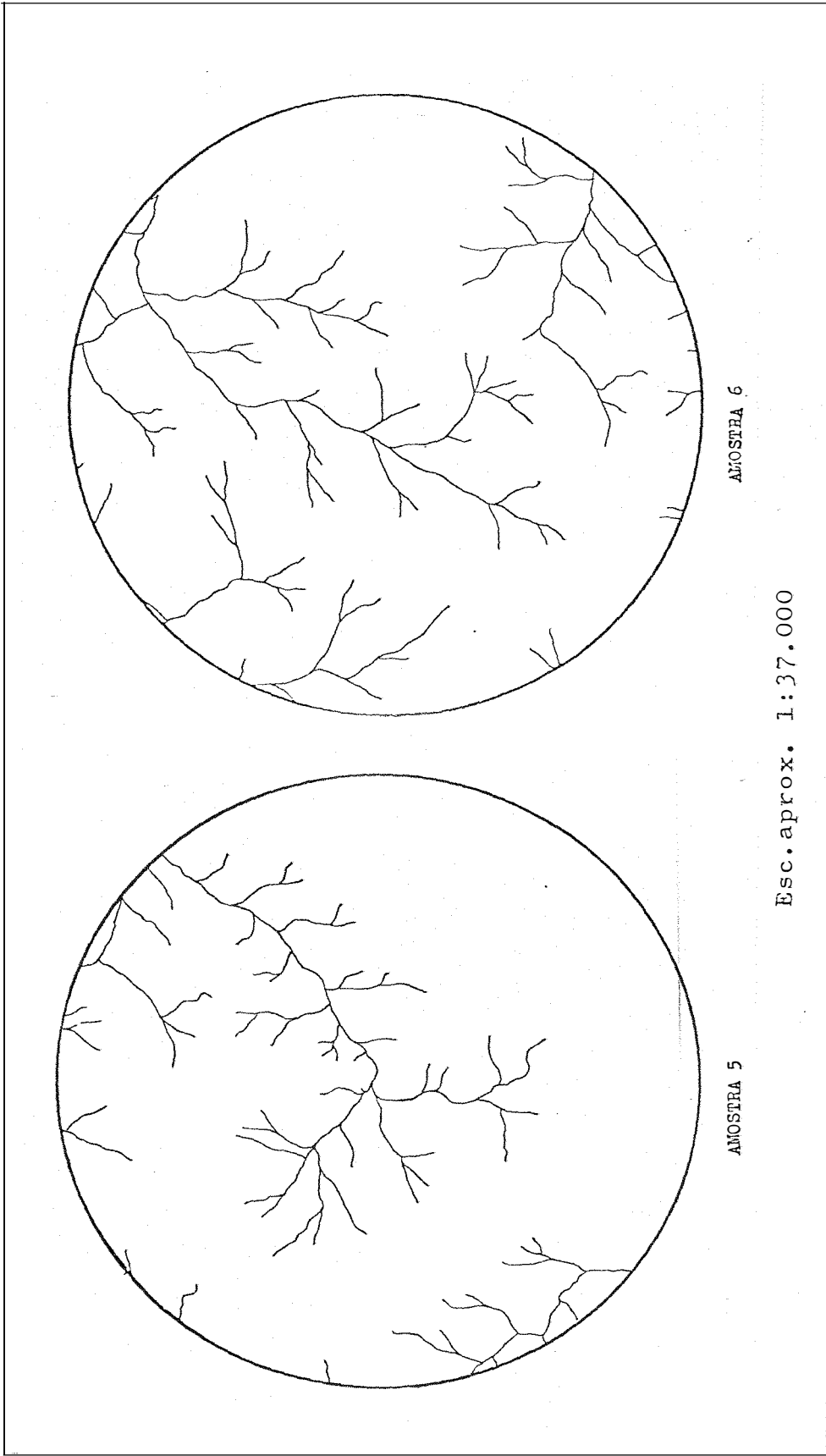
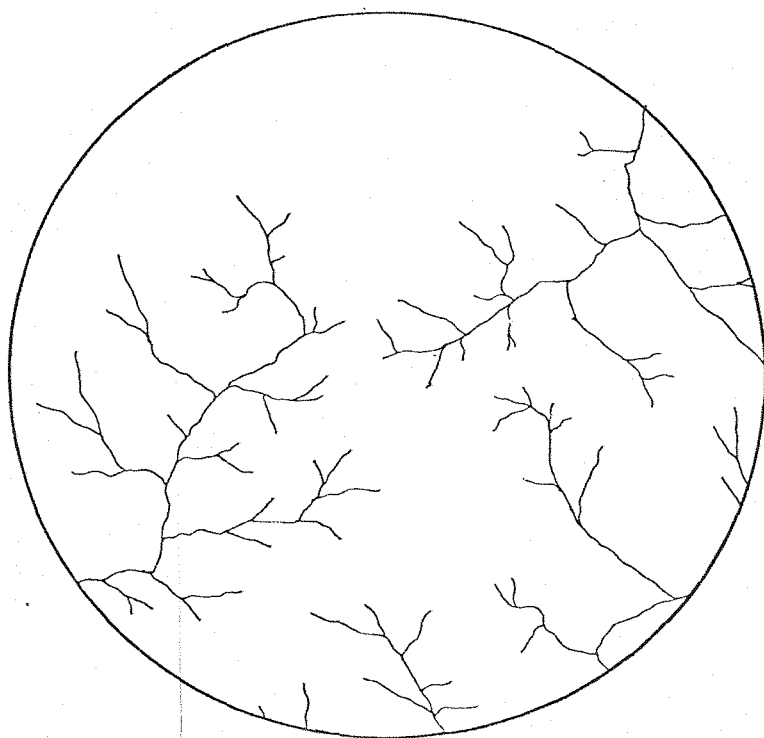


FIGURA 25 - Rede de drenagem em estereoscopia para a fotografia colorida.



AMOSTRA 7

Esc. aprox. 1:37.000

FIGURA 26 - Rede de drenagem em estereoscopia para a fotografia colorida.

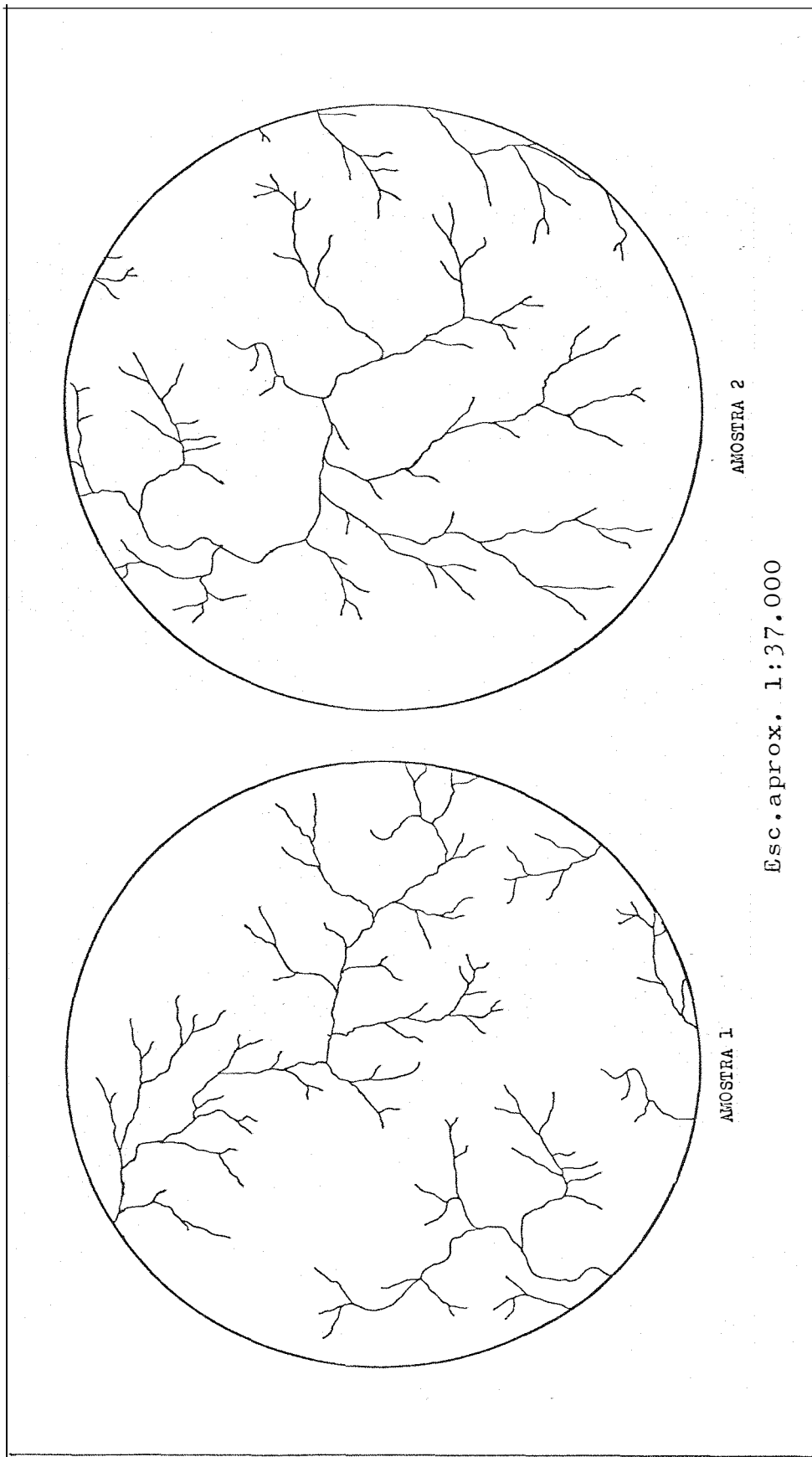


FIGURA 27 - Rede de drenagem em estereoscopia para a fotografia infravermelha colorida.

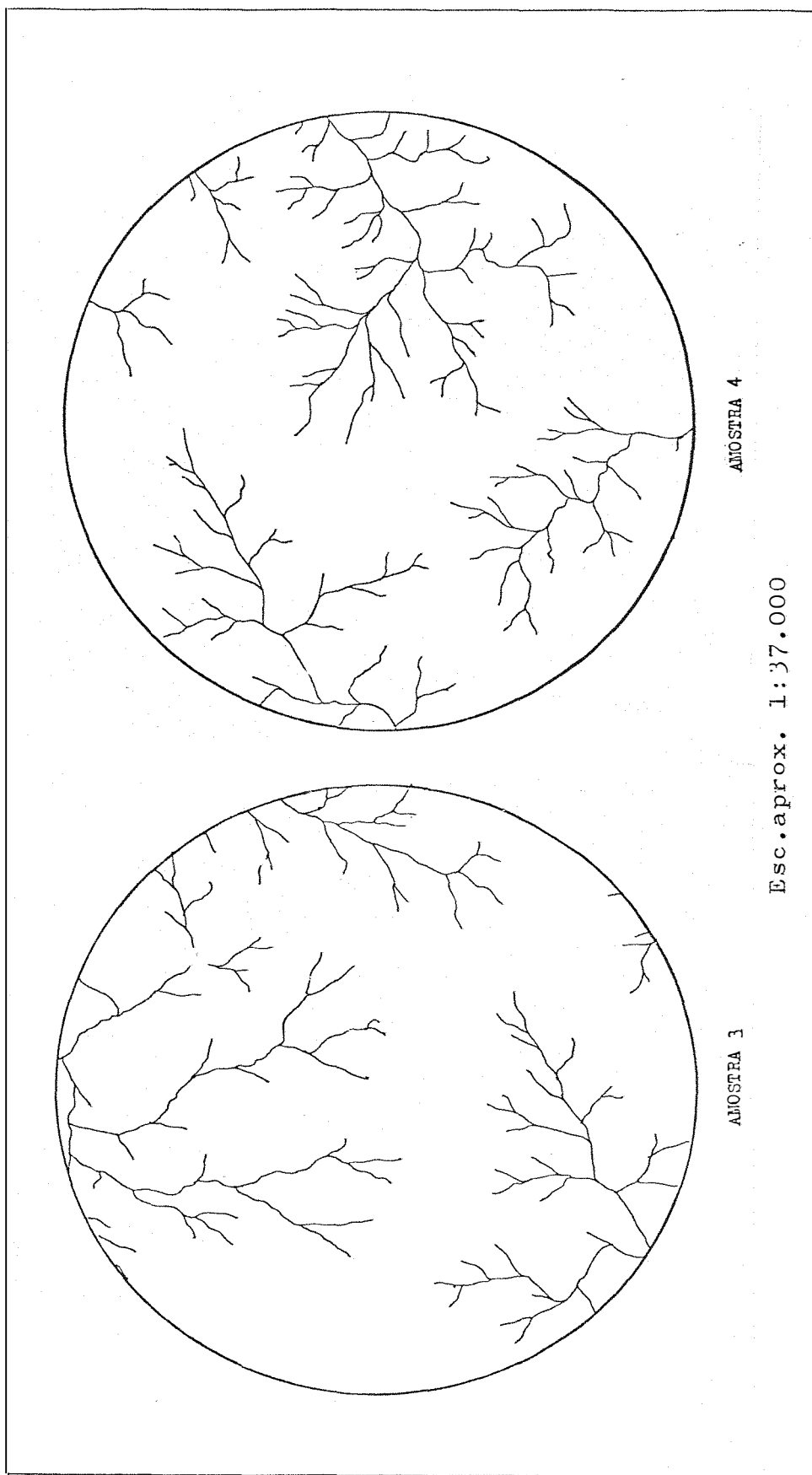


FIGURA 28 - Rede de drenagem, em estereoscopia para a fotografia infravermelha colorida.

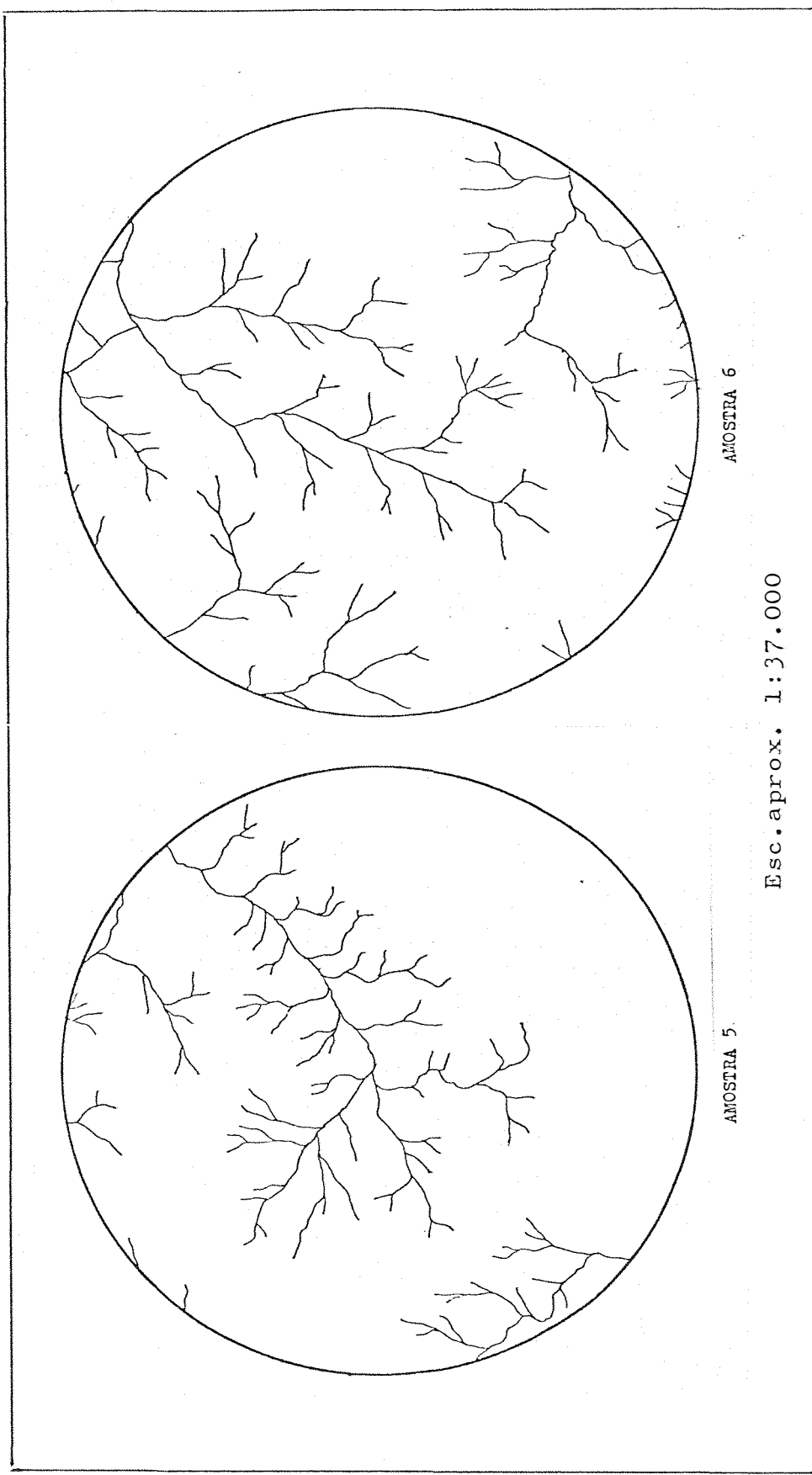
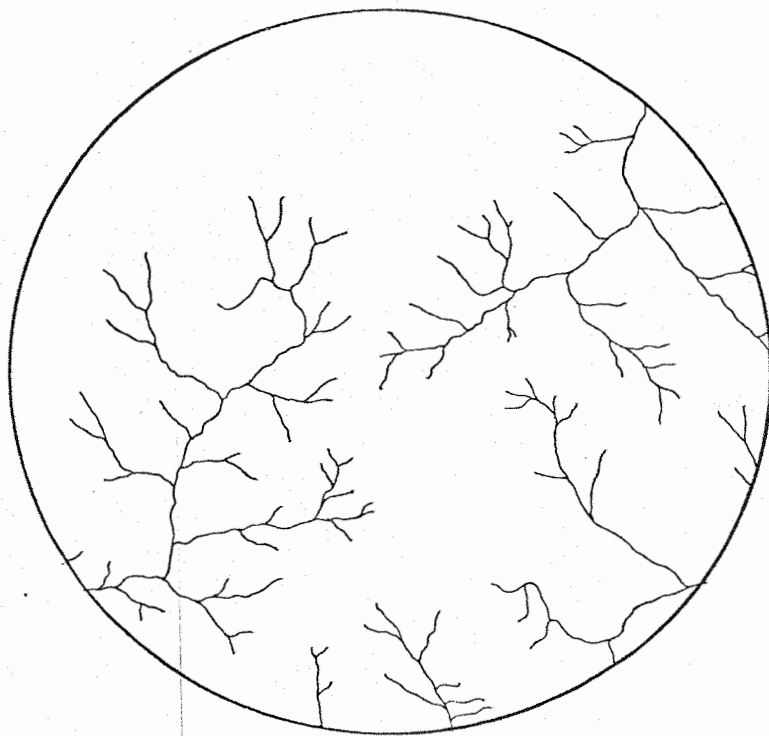


FIGURA 29 - Rede de drenagem em estereoscopia para a fotografia infravermelha colorida.



AMOSTRA 7

Esc. aprox. 1:37.000

FIGURA 30 - Rede de drenagem, em estereoscopia para a fotografia infravermelha colorida.

4.1.2. Comprimento de rios.

Os comprimentos de rios nas diversas ordens, para os diferentes tratamentos, em monoscopia e estereoscopia, são mostrados nos QUADROS 6 e 7. O QUADRO 8 mostra a análise de variância e o teste de Tukey para estes valores. O QUADRO 9 apresenta a análise de variância e o teste de Tukey para a análise conjunta dos dados monoscópicos e estereoscópicos.

QUADRO 6 - Comprimento de rios nas diversas ordens em monoscopia.

Ordem	Tratamentos	Repetições - Km.							Médias
		1	2	3	4	5	6	7	
1ª	1	7,60	6,76	5,92	8,70	8,27	6,44	8,28	7,42
	2	8,59	8,03	7,47	8,20	9,04	7,89	9,04	8,32
	3	13,12	13,10	13,27	10,14	10,60	9,38	12,28	11,70
2ª	1	5,14	6,76	6,02	6,00	4,01	5,64	7,14	5,82
	2	7,52	7,00	6,02	6,00	5,60	6,02	7,02	6,45
	3	8,27	9,02	8,27	7,52	6,70	7,02	8,27	7,87
3ª	1	4,00	1,88	2,26	4,10	3,76	3,76	3,38	3,31
	2	4,51	3,01	3,01	4,80	3,76	4,14	4,14	3,91
	3	3,76	3,38	3,76	4,51	3,01	4,00	4,89	3,90
4ª	1	0,36	1,88	0	0	0	0	0	0,32
	2	0,38	2,26	0	0	0	0,75	0	0,48
	3	1,95	2,26	3,76	1,13	2,20	2,20	1,28	2,11

QUADRO 7 - Comprimento de rios nas diversas ordens em estereoscopia.

Ordem	Tratamentos	Repetições - Km.							Médias
		1	2	3	4	5	6	7	
1ª	1	11,17	8,55	11,28	15,32	13,59	15,49	14,61	12,86
	2	15,09	13,12	12,98	16,19	11,84	15,15	11,14	13,64
	3	18,78	18,44	17,81	20,83	15,53	18,31	21,04	18,73
2ª	1	7,27	6,39	6,17	6,39	10,20	7,52	8,10	7,43
	2	8,02	8,72	6,52	6,02	6,02	9,27	7,65	7,46
	3	9,77	8,52	9,27	9,02	7,27	8,14	10,52	8,93
3ª	1	4,10	5,06	4,00	3,76	2,26	4,51	4,14	3,98
	2	4,89	3,76	4,00	3,76	2,26	4,13	3,76	3,79
	3	4,14	4,89	5,64	4,89	3,00	5,26	4,54	4,62
4ª	1	2,26	1,50	0,75	1,13	0,75	0,70	0,75	1,12
	2	0,60	1,50	0,60	1,13	1,88	0,75	0,75	1,03
	3	1,88	0,75	0,38	0,60	2,26	2,69	1,50	1,44

QUADRO 8 - Análise de variância e teste de Tukey para os comprimentos de rios nas diversas ordens em monoscopia e em estereoscopia.

Tratamentos	Médias - monoscopia				Médias - estereoscopia			
	Ordem de ramificação							
	1ª	2ª	3ª	4ª	1ª	2ª	3ª	4ª
1	7,42	5,82	3,31	0,32	12,86	7,43	3,98	1,12
2	8,32	6,45	3,91	0,48	13,64	7,46	3,79	1,03
3	11,70	7,87	3,90	2,11	18,73	8,93	4,62	1,44
F Trat.	25,91**	10,25**	NS	NS	15,52**	NS	NS	NS
DMS 5% (Tukey)	1,94	1,18			3,24			

\*\* Valores significativos ao nível de 1% de probabilidade.



QUADRO 9 - Análise de variância e teste de Tukey para os comprimentos de rios nas diversas ordens, analisados conjuntamente.

Tratamentos	Ordem de ramificação - Médias			
	1ª	2ª	3ª	4ª
1 Mono	7,42	5,82	3,31	0,32
2 Mono	8,32	6,45	3,91	0,48
3 Mono	11,70	7,87	3,90	2,11
1 Estereo	12,86	7,43	3,98	1,12
2 Estereo	13,64	7,46	3,79	1,03
3 Estereo	18,73	8,93	4,62	1,44
F Trat.	39,11**	7,02**	NS	NS
DMS 5% (Tukey)	2,77	1,75		

\*\* Valores significativos ao nível de 1% de probabilidade.

#### 4.1.3. Frequência de rios.

Os resultados de frequência de rios para os três tipos de fotografias, em monoscopia e em estereoscopia, podem ser vistos nos QUADROS 10 e 11.

A análise de variância e o teste de Tukey para estes dados podem ser observados no QUADRO 12.

O QUADRO 13 apresenta a análise de variância e o teste de Tukey para os dados monoscópicos e estereoscópicos analisados conjuntamente.

QUADRO 10 - Frequência de rios em monoscopia.

Tratamentos	Repetições							Médias
	1	2	3	4	5	6	7	
1	4,70	3,70	3,10	5,90	5,20	3,30	4,80	4,40
2	5,50	4,60	4,20	6,00	5,00	4,30	5,40	5,00
3	7,10	6,00	6,00	7,90	5,80	5,70	7,00	6,50

QUADRO 11 - Frequência de rios em estereoscopia.

Tratamentos	R e p e t i ç õ e s							Médias
	1	2	3	4	5	6	7	
1	7,60	5,10	5,20	6,70	5,70	6,80	7,10	6,30
2	7,70	6,00	5,20	7,00	6,30	7,20	7,00	6,60
3	9,00	7,90	8,10	10,30	8,70	8,80	8,30	8,70

QUADRO 12 - Análise de variância e teste de Tukey para os dados monoscópicos e estereoscópicos de frequência de rios.

Tratamentos	Monoscopia-Médias	Estereoscopia-Médias
1	4,40	6,30
2	5,00	6,60
3	6,50	8,70
F Trat.	11,10**	15,67**
DMS 5% (Tukey)	1,18	1,20

\*\* Valores significativos ao nível de 1% de probabilidade.

QUADRO 13 - Análise de variância e teste de Tukey para a análise conjunta dos dados de frequência de rios.

Tratamentos	Médias
1 Mono	4,40
2 Mono	5,00
3 Mono	6,50
1 Estereo	6,30
2 Estereo	6,60
3 Estereo	8,70
F Trat.	21,04**
DMS 5% (Tukey)	1,40

\*\* Valores significativos ao nível de 1% de probabilidade.

4.1.4. Densidade de drenagem.

Os resultados de densidade de drenagem para os três tipos de fotografias, em monoscopia e em estereoscopia, são mostrados nos QUADROS 14 e 15 .

A análise de variância e o teste de Tukey para estes dados são apresentados no QUADRO 16 .

O QUADRO 17 apresenta a análise de variância e o teste de Tukey para os dados monoscópicos e estereoscópicos analisados conjuntamente.

QUADRO 14 - Densidade de drenagem em monoscopia.

Tratamentos	R e p e t i ç õ e s							Médias
	1	2	3	4	5	6	7	
1	1,71	1,73	1,42	1,88	1,60	1,58	1,88	1,69
2	2,10	2,03	1,65	1,90	1,84	1,88	2,02	1,92
3	2,71	2,78	2,53	2,33	2,26	2,26	2,56	2,49

QUADRO 15 - Densidade de drenagem em estereoscopia.

Tratamentos	R e p e t i ç õ e s							Médias
	1	2	3	4	5	6	7	
1	2,48	2,15	2,22	2,66	2,68	2,82	2,76	2,54
2	2,86	2,71	2,41	2,71	2,20	2,93	2,33	2,59
3	3,46	3,30	3,31	3,53	2,80	3,44	3,76	3,37

QUADRO 16 - Análise de variância e teste de Tukey para os dados de densidade de drenagem em monoscopia e estereoscopia.

Tratamentos	Monoscopia-Médias	Estereoscopia-Médias
1	1,69	2,54
2	1,92	2,59
3	2,49	3,37
F Trat.	37,68**	19,37**
DMS 5% (Tukey)	0,24	0,38

\*\* Valores significativos ao nível de 1% de probabilidade.

QUADRO 17 - Análise de variância e teste de Tukey para a análise conjunta dos dados de densidade de drenagem.

Tratamentos	Médias
1 Mono	1,69
2 Mono	1,92
3 Mono	2,49
1 Estereo	2,54
2 Estereo	2,59
3 Estereo	3,37
F Trat.	44,30**
DMS 5% (Tukey)	0,38

#### 4.2. Análise da vegetação.

As FIGURAS 31 a 51 mostram as amostras circulares utilizadas no estudo dos tipos de vegetação.

O QUADRO 18 apresenta as porcentagens de itens identificados para cada tipo de fotografia considerando-se a análise conjunta dos dados de vegetação natural e de cultura. O QUADRO 19 mostra a análise de variância e o teste de Tukey para estes valores.

Os QUADROS 20 e 21 mostram as porcentagens de itens identificados para a vegetação natural e de cultura, separadamente.

QUADRO 18 - Porcentagens de itens identificados para cada tipo de fotografia.

Repetições	Tipo de Fotografia								
	Pancrômática			Colorida			infravermelha		
	Total	Ident.	%	Total	Ident.	%	Total	Ident.	%
1	32	29	90,6	44	43	97,7	50	47	94,0
2	41	38	92,7	56	53	94,6	61	59	96,7
3	30	28	93,3	37	35	94,6	42	41	97,6
4	21	18	85,7	26	23	88,5	28	27	96,4
5	18	16	88,9	22	20	90,9	23	21	91,3
6	44	40	90,9	51	50	98,0	55	53	96,4
7	37	34	91,9	54	52	96,3	59	57	96,6
Médias	31,90	29,00	90,60	41,40	39,40	94,40	45,40	43,40	95,60

QUADRO 19 - Análise de variância e teste de Tukey para a porcentagem de eficiência de cada tipo de filme.

Tratamentos	Médias
1	90,60
2	94,40
3	95,60
F Trat.	6,14**
DMS 5% (Tukey)	4,50

\*\* Valores significativos ao nível de 1% de probabilidade.

QUADRO 20 - Porcentagens de ítems identificados em cada tipo de fotografia para vegetação natural.

Repetição	Pancromática		Colorida		infravermelha	
	Total	Ident.	Total	Ident.	Total	Ident.
1	11	11	12	12	12	12
2	9	9	13	13	14	14
3	11	11	13	13	13	13
4	7	7	7	7	7	7
5	6	6	6	6	6	6
6	14	14	15	15	13	13
7	10	10	14	14	14	14
Médias	9,70	9,70	11,40	11,40	11,20	11,20
% Total	100,00		100,00		100,00	

QUADRO 21 - Porcentagens de ítems identificados em cada tipo de fotografia para culturas.

Repetição	Pancromática		Colorida		infravermelha	
	Total	Ident.	Total	Ident.	Total	Ident.
1	21	18	32	31	38	35
2	32	29	43	40	47	45
3	19	17	24	22	29	28
4	14	11	19	16	21	20
5	12	10	16	14	17	15
6	30	26	36	35	42	40
7	27	24	40	38	45	43
Médias	22,10	19,30	30,00	28,00	34,10	32,30
% Total	87,30		93,30		94,70	

#### 4.3. Quadros Gerais.

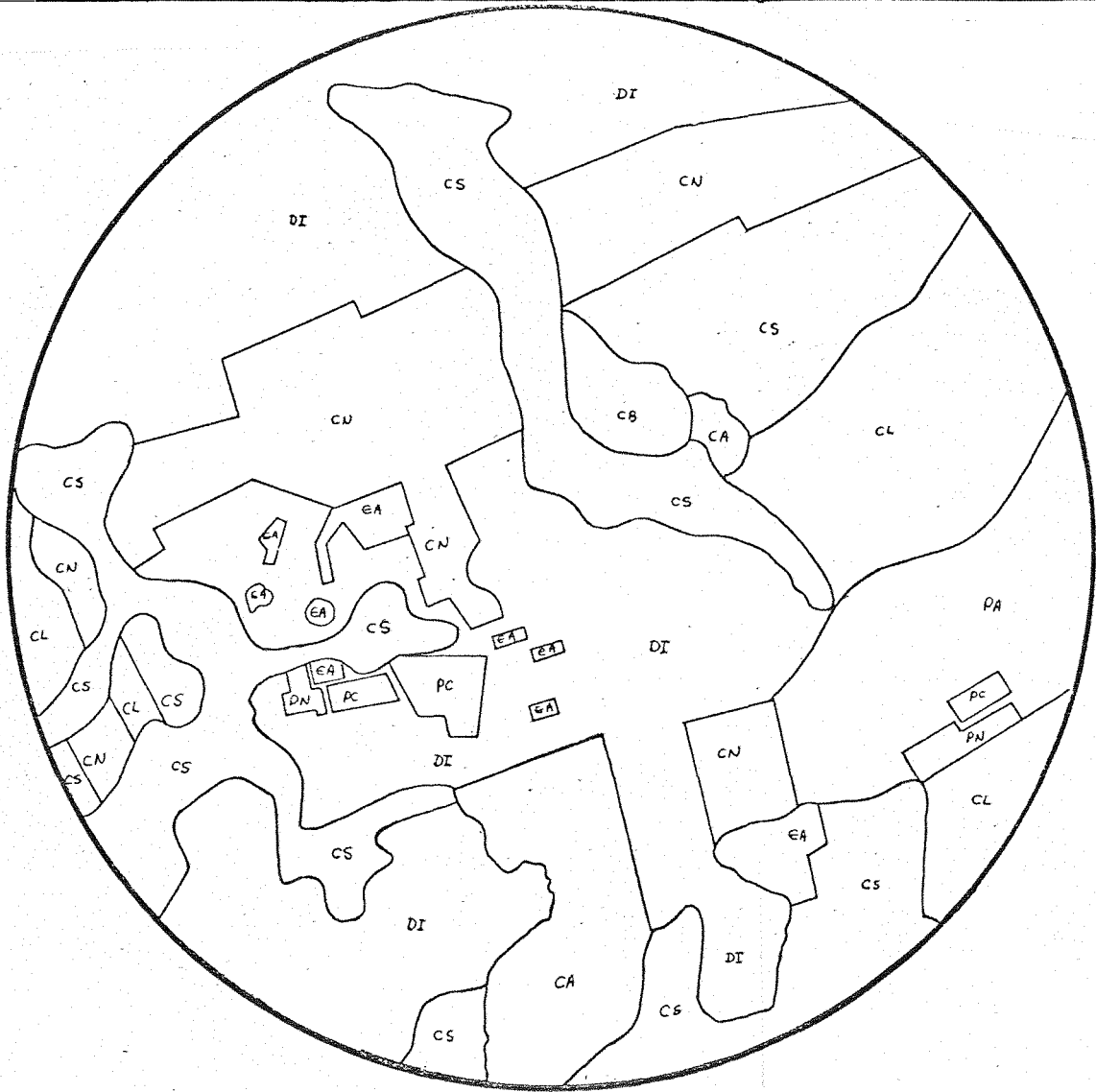
O QUADRO 22 reúne os resultados do estudo da drenagem e o QUADRO 23 os resultados do estudo da vegetação.

QUADRO 22 - Resultados da análise monoscópica e estereoscópica da drenagem.

Tipo de Fotografia	Ordem de Ramificação	Nº segmentos de rios		Comprimento de rios		Frequência de rios		Densidade de drenagem	
		Mono	Estereo	Mono	Estereo	Mono	Estereo	Mono	Estereo
Pancromática	1a	44,14	63,29	7,42	12,86	-	-	-	-
	2a	13,57	19,14	5,82	-	4,40	6,30	1,69	2,54
	3a	2,57	5,00	-	-	-	-	-	-
	4a	-	-	-	-	-	-	-	-
Colorida	1a	51,43	66,29	8,32	13,64	-	-	-	-
	2a	15,43	18,86	6,45	-	5,00	6,60	1,92	2,59
	3a	3,43	4,29	-	-	-	-	-	-
	4a	-	-	-	-	-	-	-	-
Infravermelha	1a	66,57	89,43	11,70	18,73	-	-	-	-
	2a	21,00	25,00	7,87	-	6,50	8,70	2,49	3,37
	3a	5,43	5,86	-	-	-	-	-	-
	4a	-	-	-	-	-	-	-	-

QUADRO 23 - Resultados da análise da vegetação.

Tipo de Fotografia	Porcentagem de identificados		Média do total de itens identificados	
	Vegetação natural	Culturas	Total	Total
Pancromática	100,00	87,30	90,60	19,30
Colorida	100,00	93,30	94,40	11,40
Infravermelha	100,00	94,70	95,60	11,20
				19,30
				28,00
				32,30
				29,00
				39,40
				43,40



AMOSTRA 1

Esc. aprox. 1:24.700

LEGENDA

- |                    |                        |                       |
|--------------------|------------------------|-----------------------|
| CA - Mata alta     | CN - Culturas anuais   | EJ - Eucalipto jovem  |
| CB - Cerrado baixo | CF - Café              | EA - Eucalipto adulto |
| CL - Campo limpo   | PC - Pomar cítrico     | PA - Pastagens        |
| CS - Campo sujo    | PN - Pomar não cítrico |                       |

FIGURA 31 - Divisão da vegetação para a fotografia pancromática.



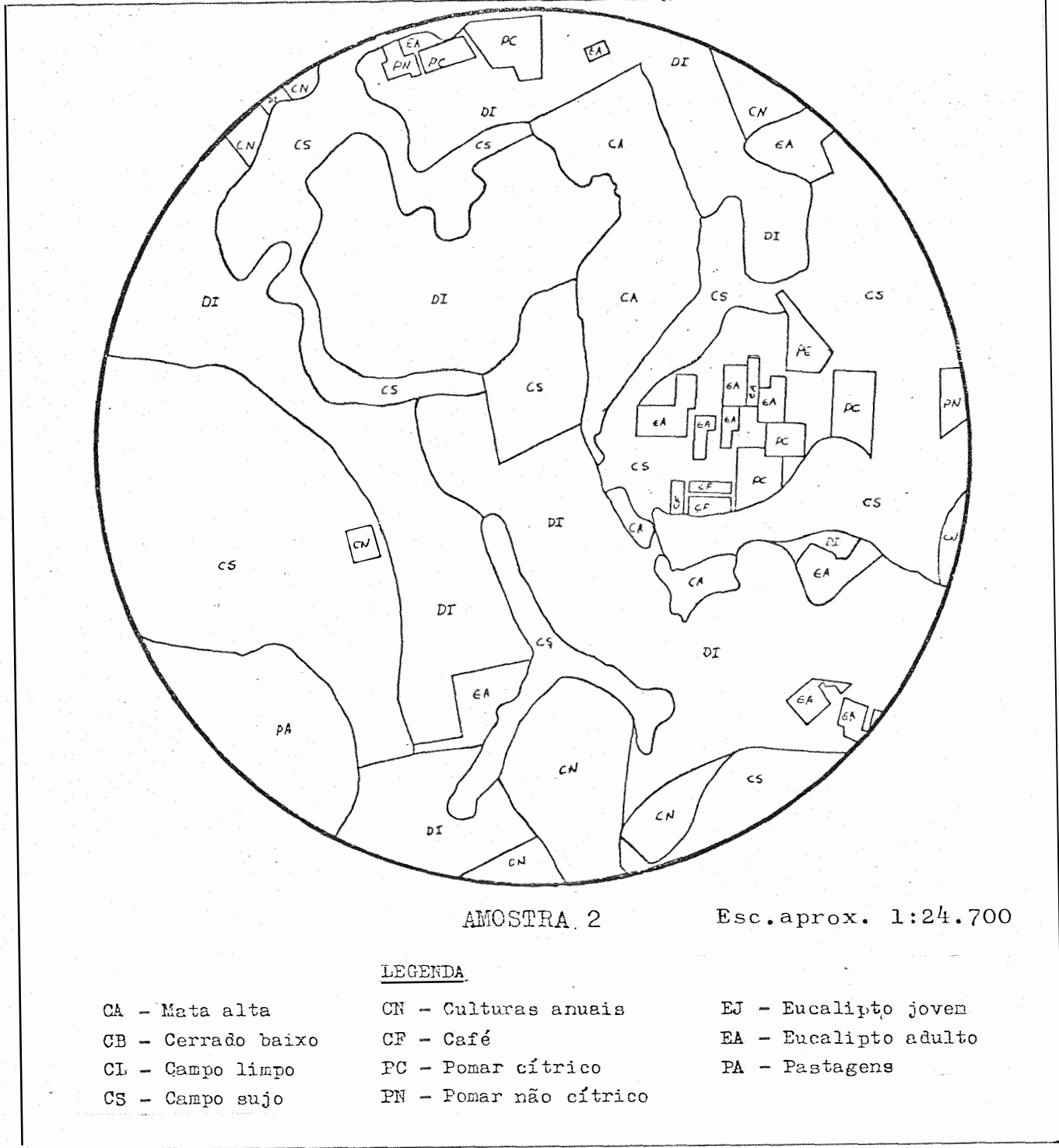
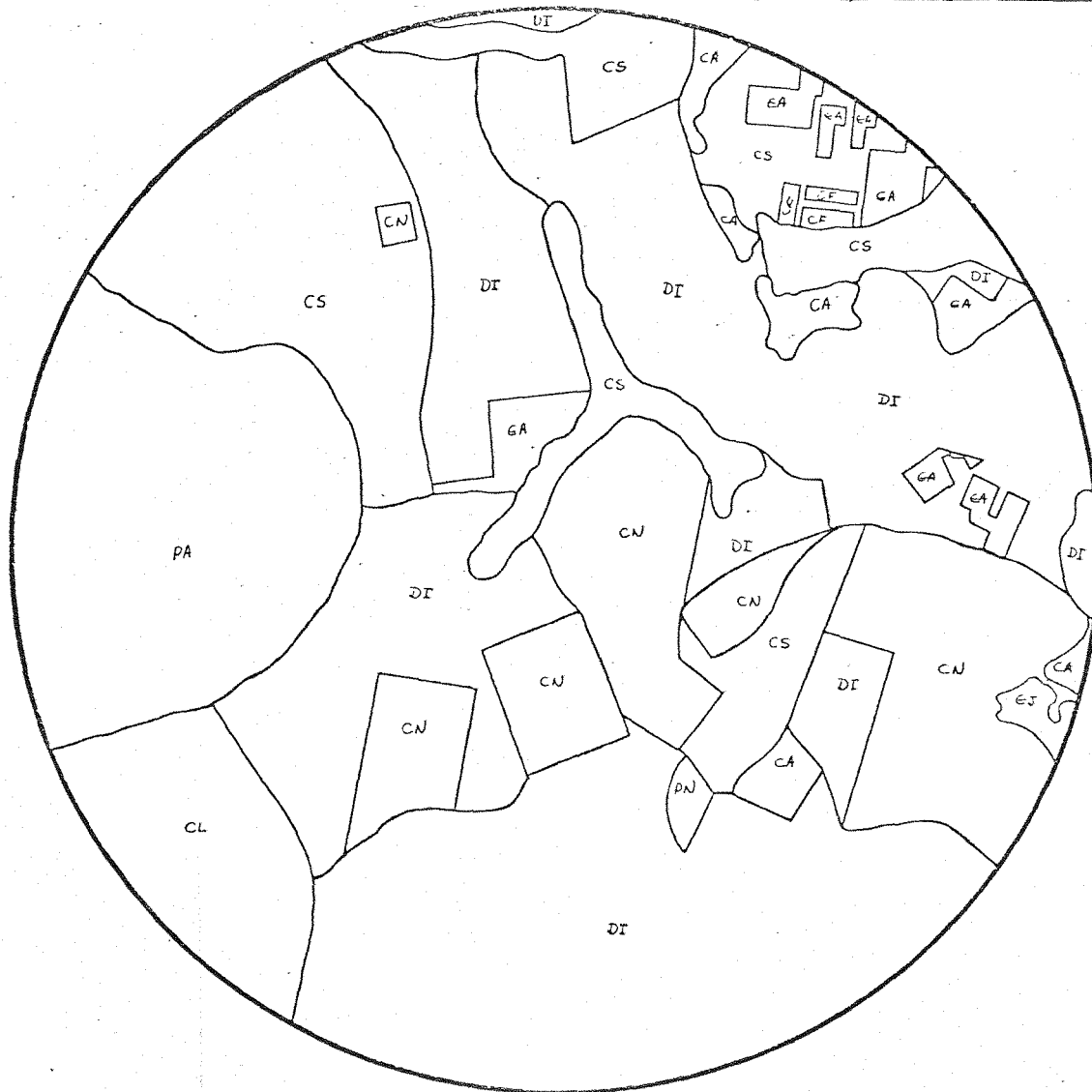


FIGURA 32 - Divisão da vegetação para a fotografia pancromática.



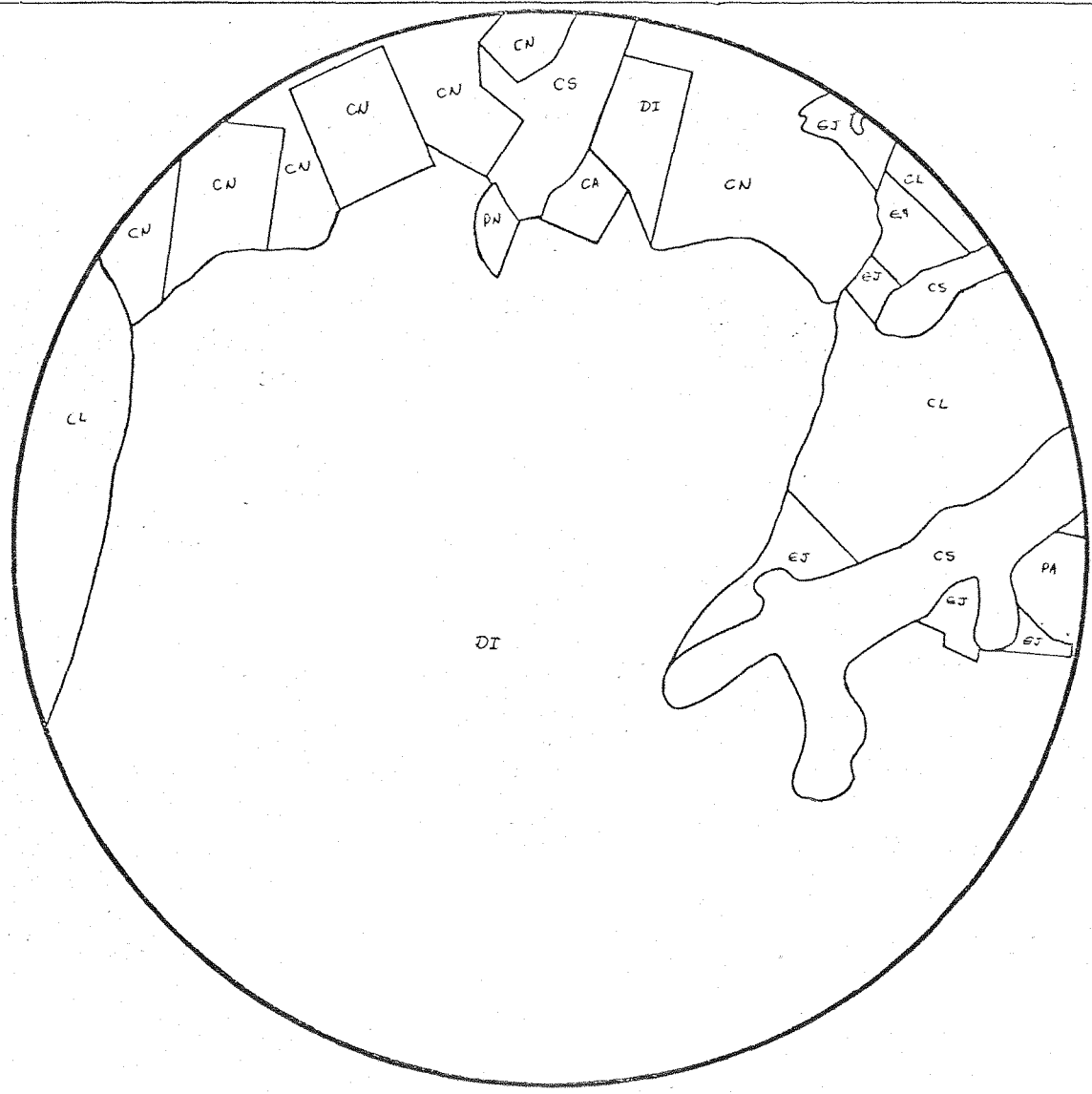
AMOSTRA 3

Esc. aprox. 1:24.700

LEGENDA

- |                    |                        |                       |
|--------------------|------------------------|-----------------------|
| CA - Mata alta     | CN - Culturas anuais   | EJ - Eucalipto jovem  |
| CB - Cerrado baixo | CF - Café              | EA - Eucalipto adulto |
| CL - Campo limpo   | PC - Pomar cítrico     | PA - Pastagens        |
| CS - Campo sujo    | PN - Pomar não cítrico |                       |

FIGURA 33 - Divisão da vegetação para a fotografia pancromática.



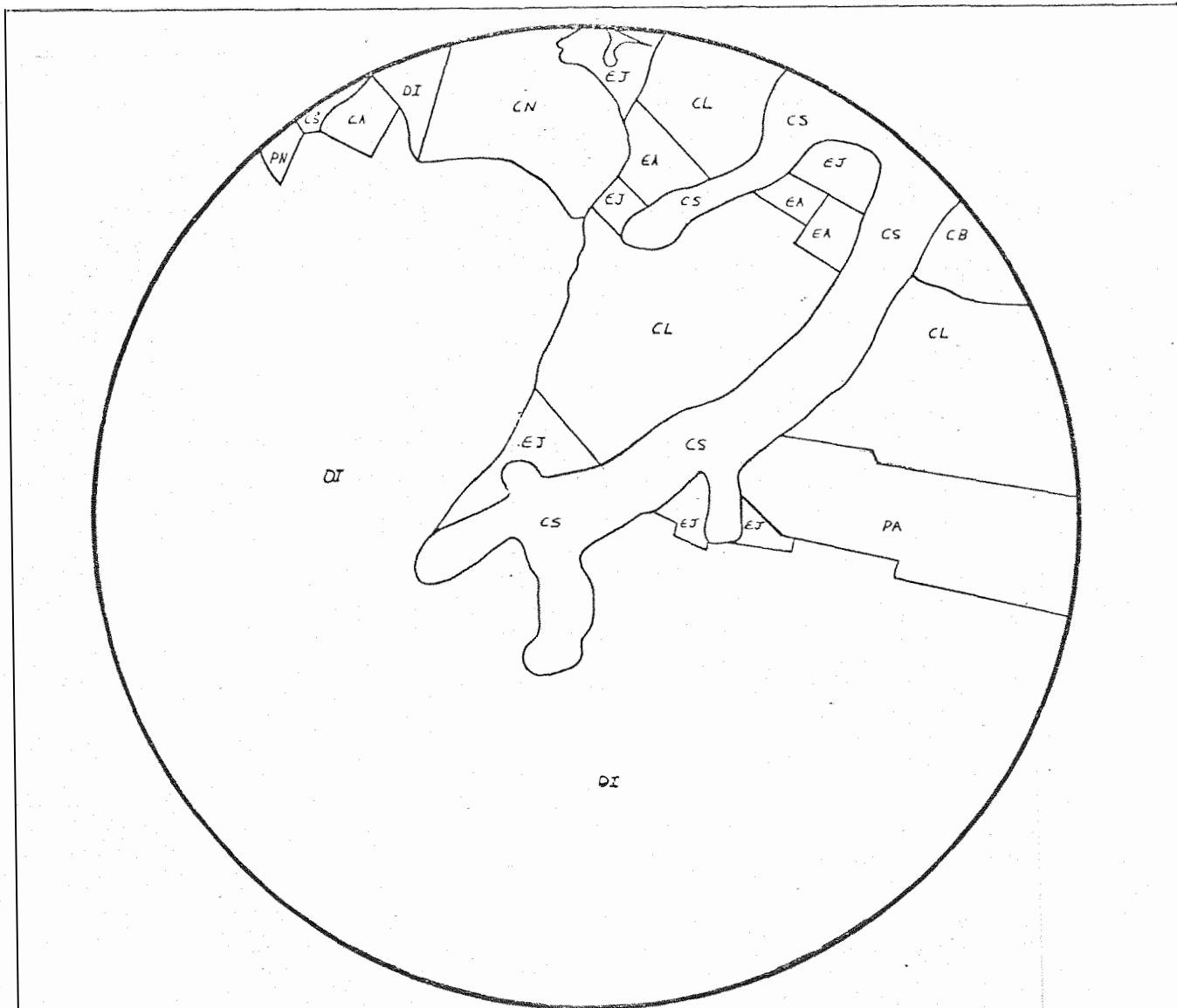
AMOSTRA 4

Esc. aprox. 1:24.700

LEGENDA

- |                    |                        |                       |
|--------------------|------------------------|-----------------------|
| CA - Mata alta     | CN - Culturas anuais   | EJ - Eucalipto jovem  |
| CB - Cerrado baixo | CF - Café              | EA - Eucalipto adulto |
| CL - Campo limpo   | PC - Pomar cítrico     | PA - Pastagens        |
| CS - Campo sujo    | PN - Pomar não cítrico |                       |

FIGURA 34 - Divisão da vegetação para a fotografia pancromática.



AMOSTRA 5

Esc. aprox. 1:24.700

LEGENDA

CA - Mata alta

CB - Cerrado baixo

CL - Campo limpo

CS - Campo sujo

CN - Culturas anuais

CF - Café

PC - Pomar cítrico

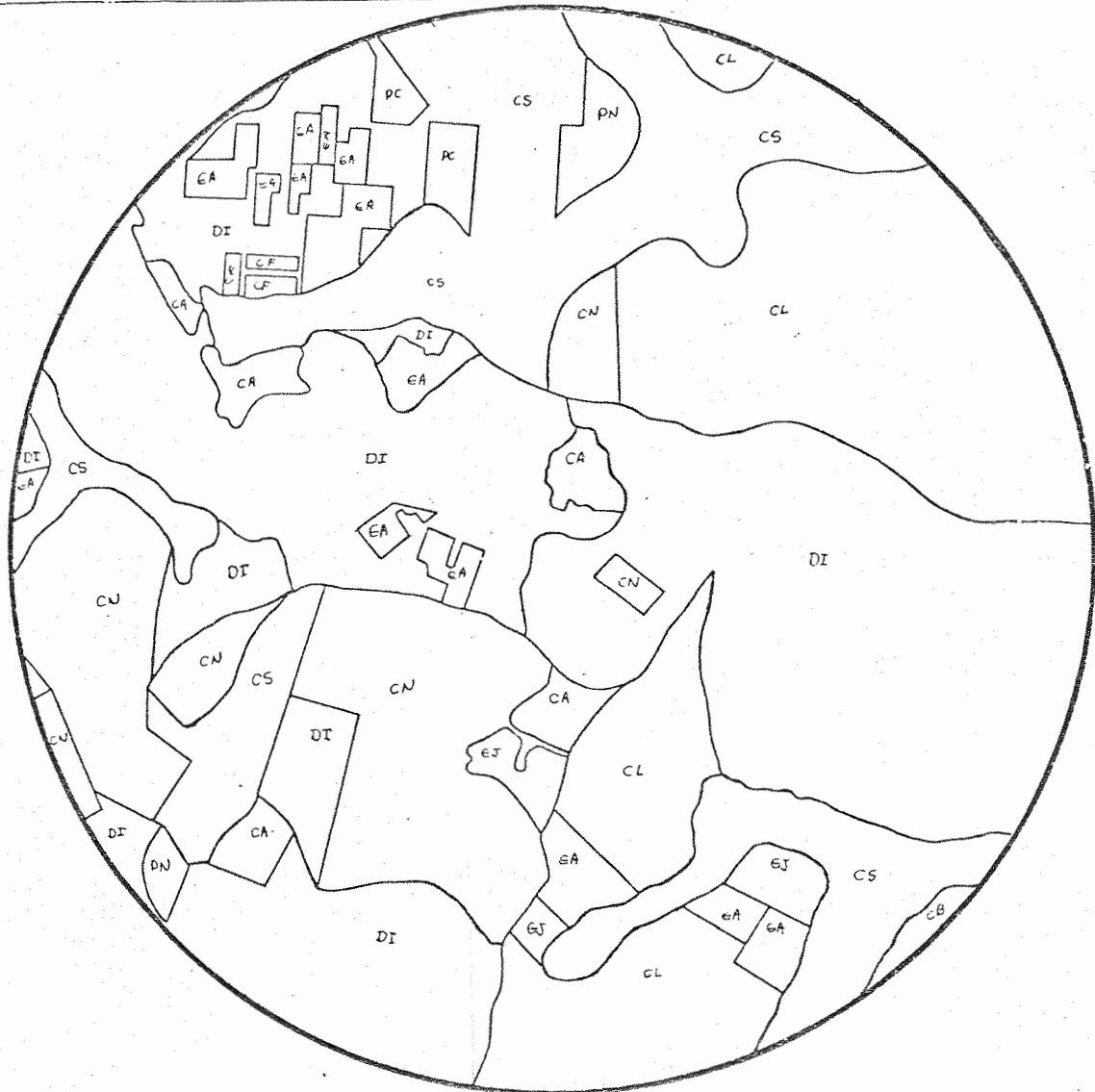
PN - Pomar não cítrico

EJ - Eucalipto jovem

EA - Eucalipto adulto

PA - Pastagens

FIGURA 35 - Divisão da vegetação para a fotografia pancromática.



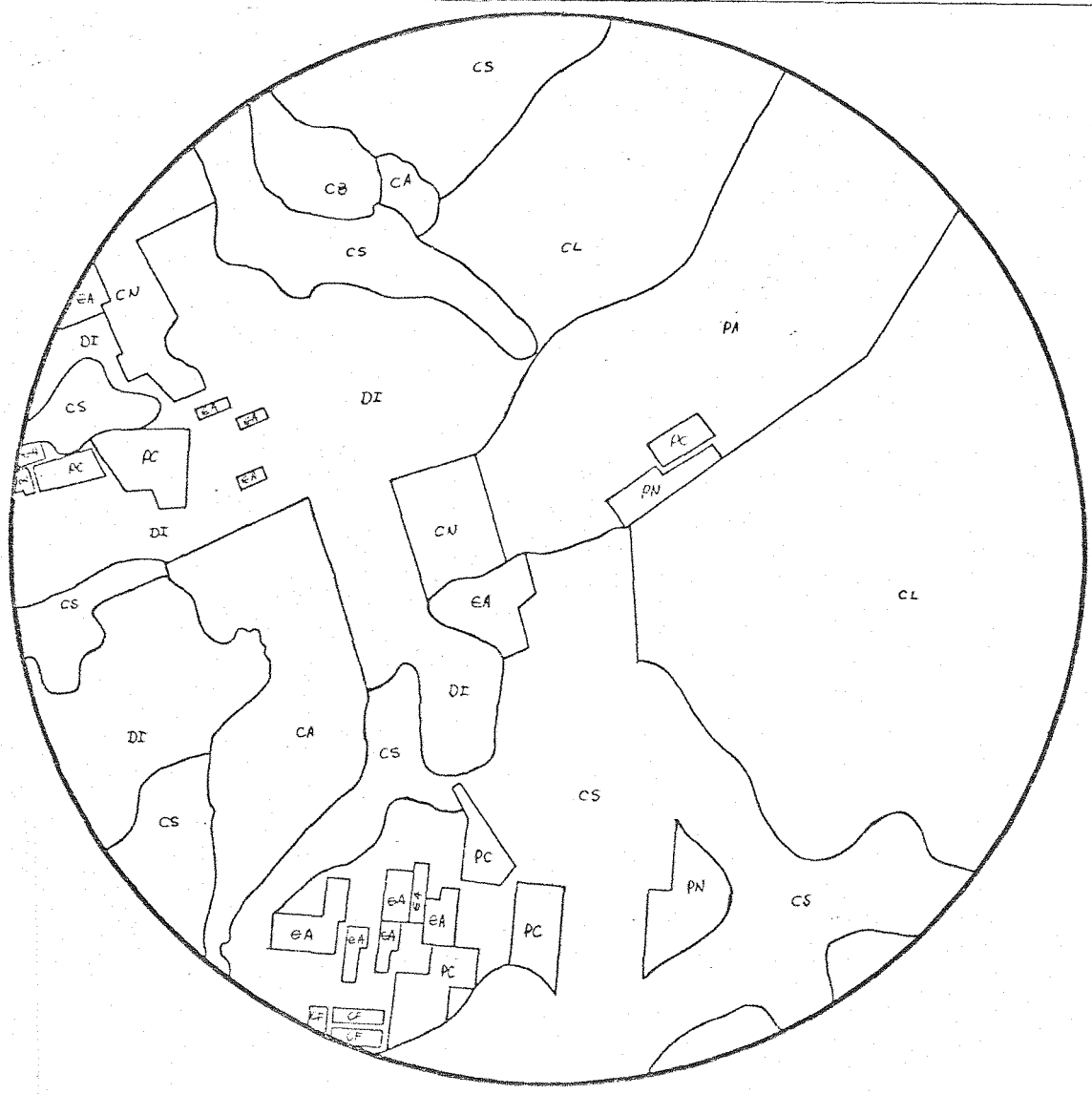
AMOSTRA 6

Esc. aprox. 1:24.700

LEGENDA

- |                    |                        |                       |
|--------------------|------------------------|-----------------------|
| CA - Mata alta     | CN - Culturas anuais   | EJ - Eucalipto jovem  |
| CB - Cerrado baixo | CF - Café              | EA - Eucalipto adulto |
| CL - Campo limpo   | PC - Pomar cítrico     | PA - Pastagens        |
| CS - Campo sujo    | PN - Pomar não cítrico |                       |

FIGURA 36 - Divisão da vegetação para a fotografia pancromática.



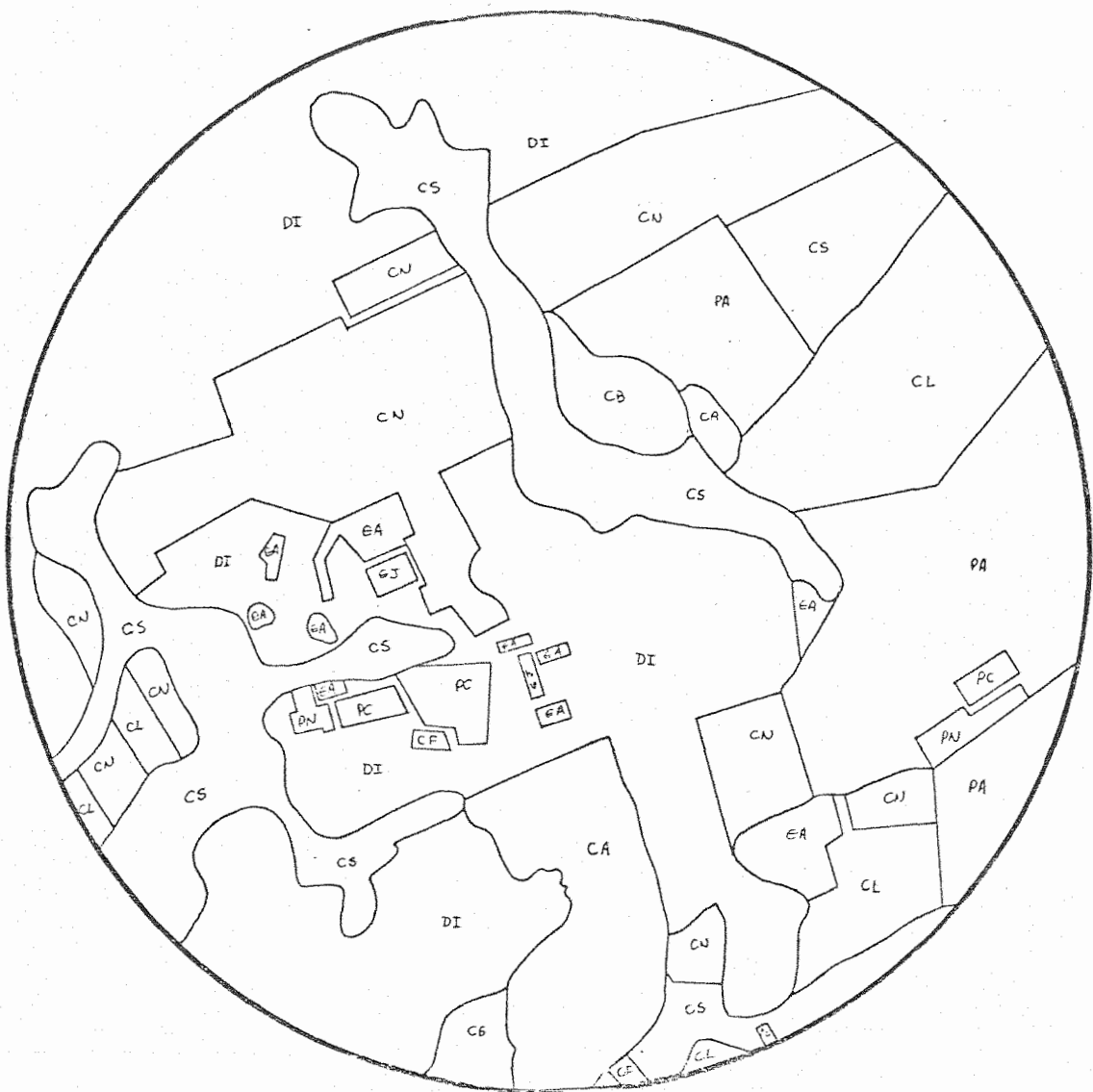
AMOSTRA 7

Esc. aprox. 1:24.70●

LEGENDA

- |                    |                        |                       |
|--------------------|------------------------|-----------------------|
| CA - Mata alta     | CN - Culturas anuais   | EJ - Eucalipto jovem  |
| CB - Cerrado baixo | CF - Café              | EA - Eucalipto adulto |
| CL - Campo limpo   | PC - Pomar cítrico     | PA - Pastagens        |
| CS - Campo sujo    | PN - Pomar não cítrico |                       |

FIGURA 37 - Divisão da vegetação para a fotografia pancromática.



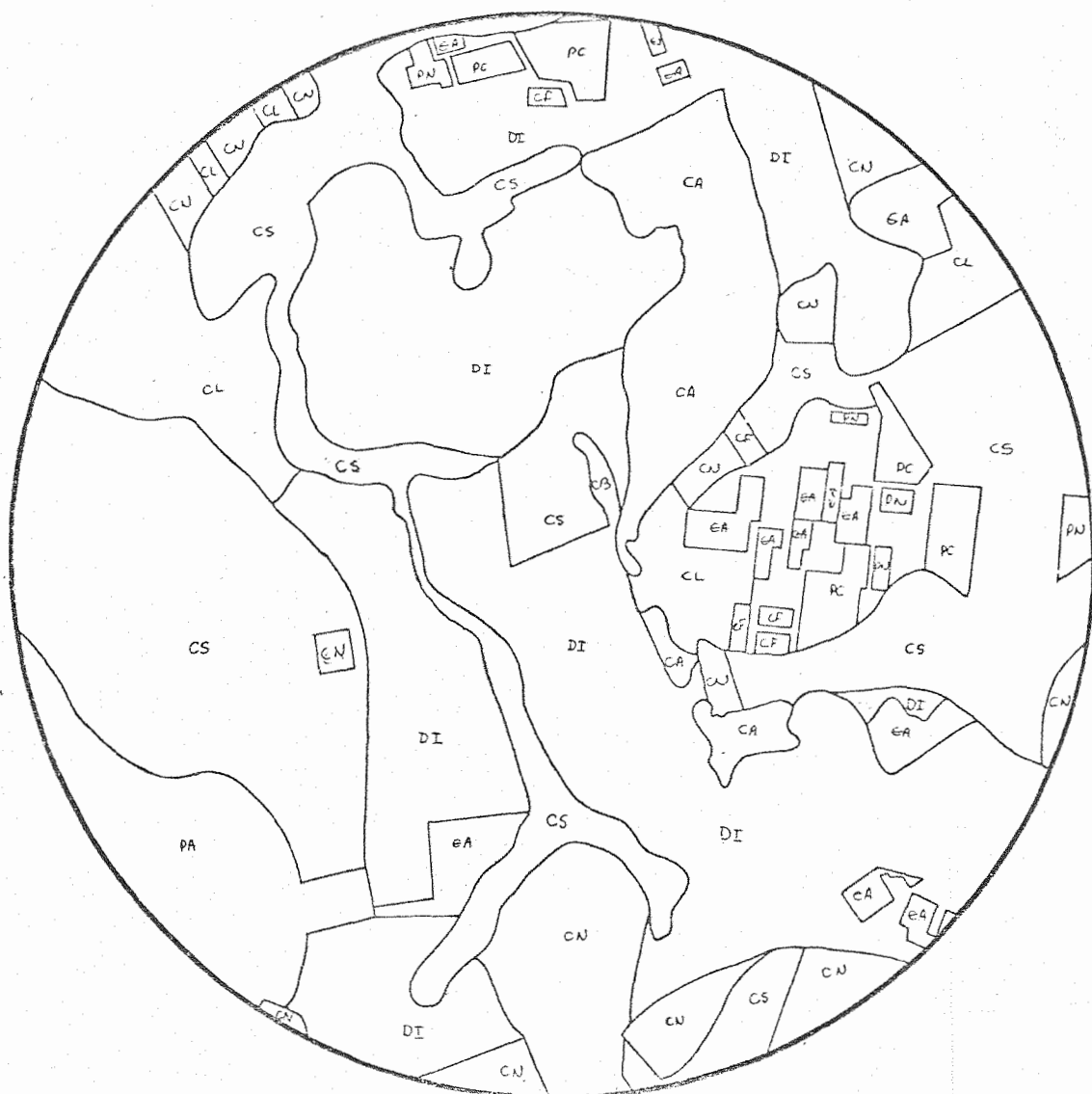
AMOSTRA 1

Esc. aprox. 1:24.700

LEGENDA

- |                    |                        |                       |
|--------------------|------------------------|-----------------------|
| CA - Mata alta     | CN - Culturas anuais   | EJ - Eucalipto jovem  |
| CB - Cerrado baixo | CF - Café              | EA - Eucalipto adulto |
| CL - Campo limpo   | PC - Pomar cítrico     | PA - Pastagens        |
| CS - Campo sujo    | PN - Pomar não cítrico |                       |

FIGURA 38 - Divisão da vegetação para a fotografia colorida.



AMOSTRA 2

Esc. aprox. 1:24.700

LEGENDA

- |                    |                        |                       |
|--------------------|------------------------|-----------------------|
| CA - Mata alta     | CN - Culturas anuais   | EJ - Eucalipto jovem  |
| CB - Cerrado baixo | CF - Café              | EA - Eucalipto adulto |
| CL - Campo limpo   | PC - Pomar cítrico     | PA - Pastagens        |
| CS - Campo sujo    | PN - Pomar não cítrico |                       |

FIGURA 39 - Divisão da vegetação para a fotografia colorida.





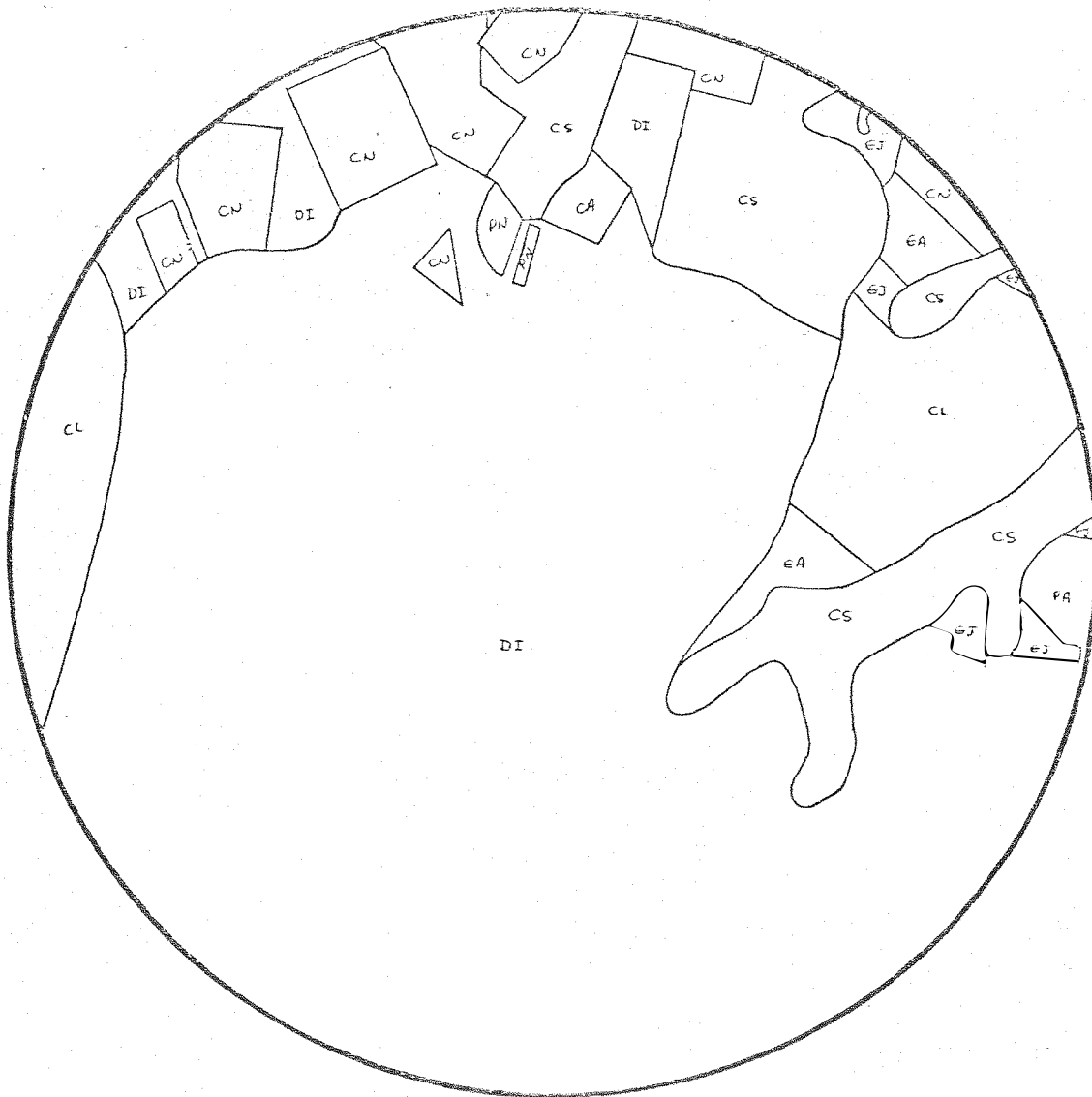
AMOSTRA 3

Esc. aprox. 1:24.700

LEGENDA

- |                    |                        |                       |
|--------------------|------------------------|-----------------------|
| CA - Mata alta     | CN - Culturas anuais   | EJ - Eucalipto jovem  |
| CB - Cerrado baixo | CF - Café              | EA - Eucalipto adulto |
| CL - Campo limpo   | PC - Pomar cítrico     | PA - Pastagens        |
| CS - Campo sujo    | PM - Pomar não cítrico |                       |

FIGURA 40 - Divisão da vegetação para a fotografia colorida.



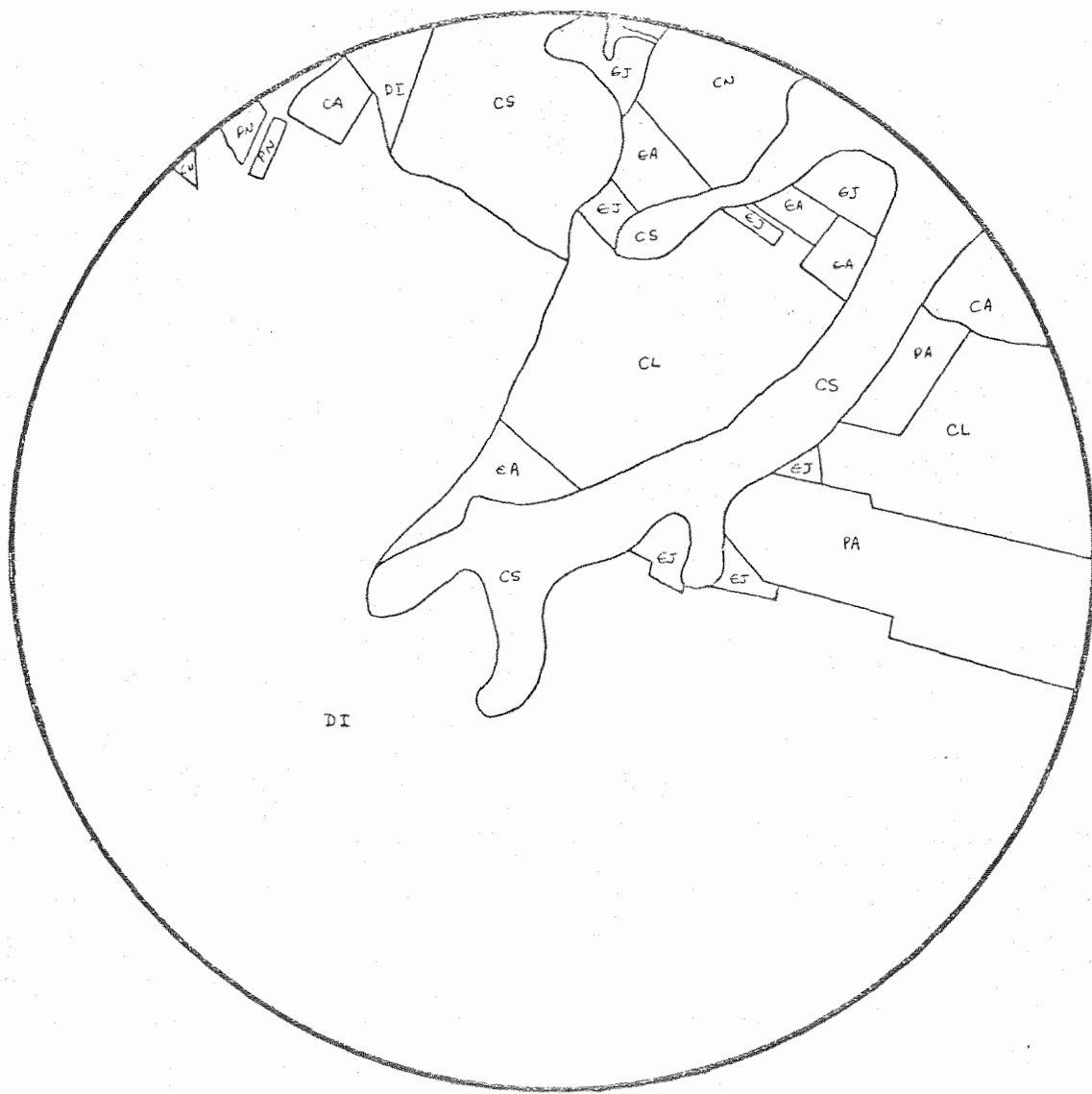
AMOSTRA 4

Esc. aprox. 1:24.700

LEGENDA

- |                    |                        |                       |
|--------------------|------------------------|-----------------------|
| CA - Mata alta     | CN - Culturas anuais   | EJ - Eucalipto jovem  |
| CB - Cerrado baixo | CF - Café              | EA - Eucalipto adulto |
| CL - Campo limpo   | PC - Pomar cítrico     | PA - Pastagens        |
| CS - Campo sujo    | PN - Pomar não cítrico |                       |

FIGURA 41 - Divisão da vegetação para a fotografia colorida.



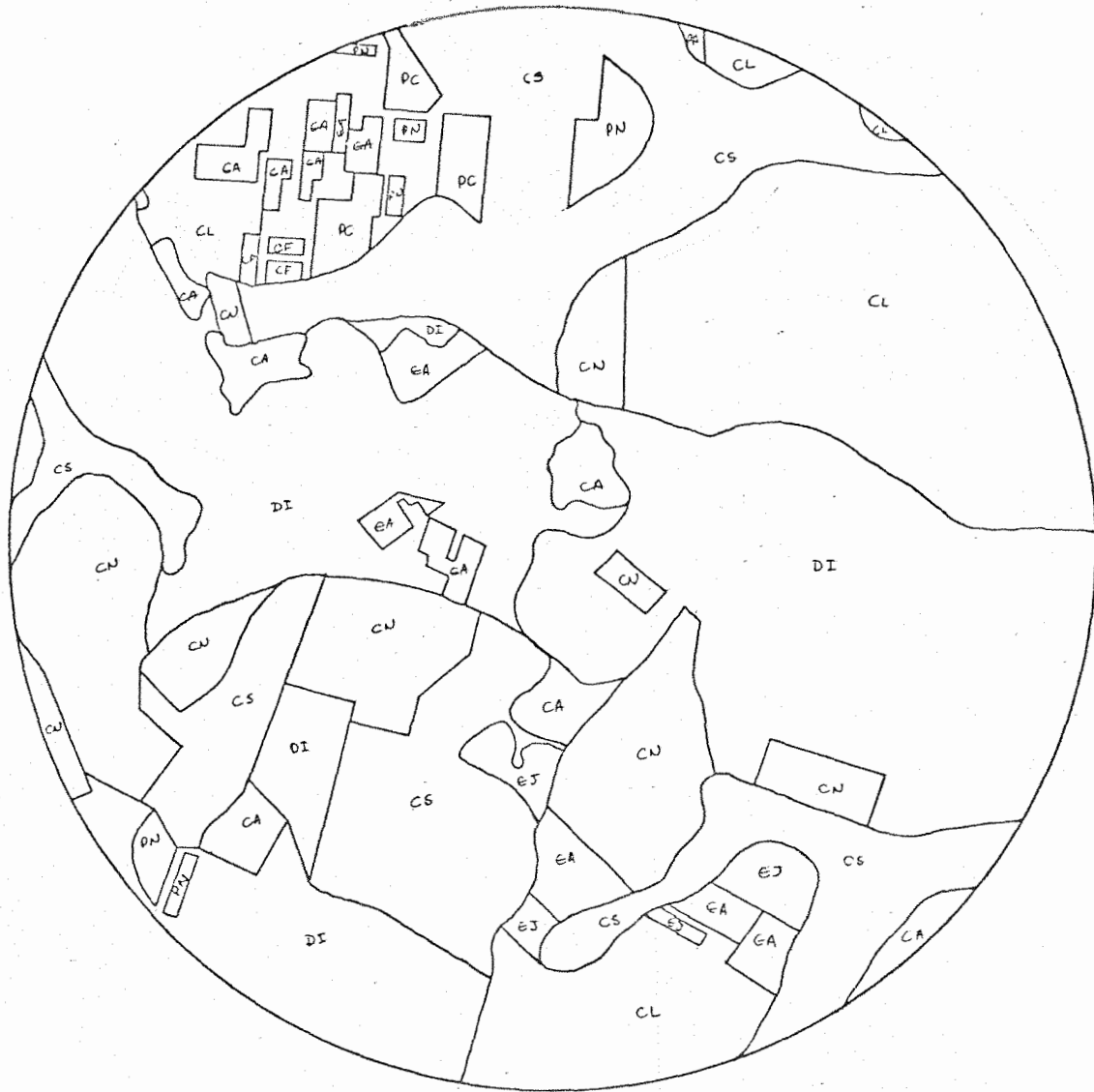
AMOSTRA 5

Esc. aprox. 1:24.700

LEGENDA

- |                    |                        |                       |
|--------------------|------------------------|-----------------------|
| CA - Mata alta     | CN - Culturas anuais   | EJ - Eucalipto jovem  |
| CB - Cerrado baixo | CF - Café              | EA - Eucalipto adulto |
| CL - Campo limpo   | PC - Pomar cítrico     | PA - Pastagens        |
| CS - Campo sujo    | PN - Pomar não cítrico |                       |

FIGURA 42 - Divisão da vegetação para a fotografia colorida.



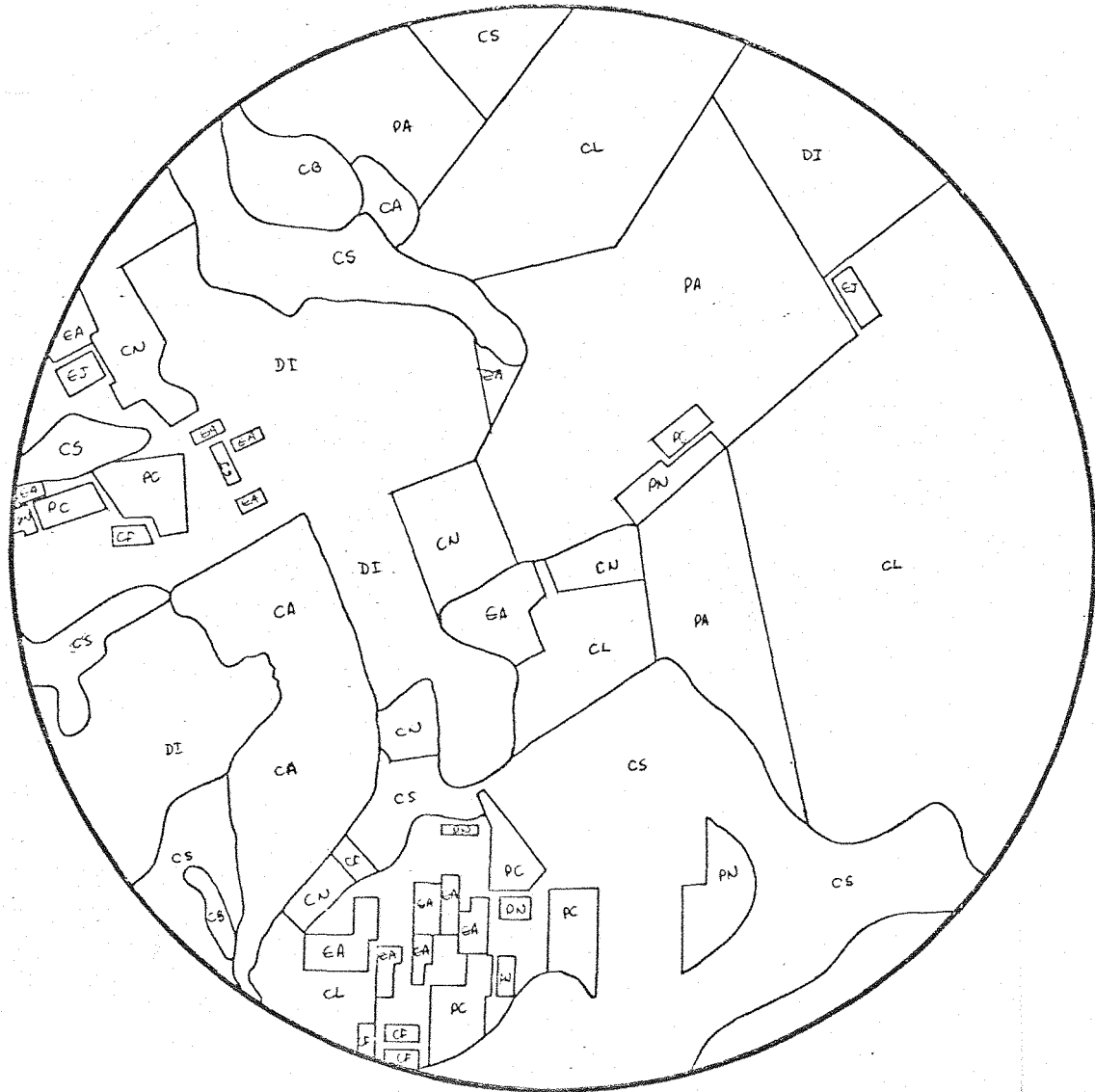
AMOSTRA 6

Esc. aprox. 1:24.700

LEGENDA

- |                    |                        |                       |
|--------------------|------------------------|-----------------------|
| CA - Mata alta     | CN - Culturas anuais   | EJ - Eucalipto jovem  |
| CB - Cerrado baixo | CP - Café              | EA - Eucalipto adulto |
| CL - Campo limpo   | PC - Pomar cítrico     | PA - Pastagens        |
| CS - Campo sujo    | PN - Pomar não cítrico |                       |

FIGURA 43 - Divisão da vegetação para a fotografia colorida.



AMOSTRA 7

Esc. aprox. 1:24.700

LEGENDA

- |                    |                        |                       |
|--------------------|------------------------|-----------------------|
| CA - Mata alta     | CN - Culturas anuais   | EJ - Eucalipto jovem  |
| CB - Cerrado baixo | CF - Café              | EA - Eucalipto adulto |
| CL - Campo limpo   | PC - Pomar cítrico     | PA - Pastagens        |
| CS - Campo sujo    | PN - Pomar não cítrico |                       |

FIGURA 44 - Divisão da vegetação para a fotografia colorida.



AMOSTRA 1

Esc. aprox. 1:24.700

LEGENDA

- |                    |                        |                       |
|--------------------|------------------------|-----------------------|
| CA - Mata alta     | CN - Culturas anuais   | EJ - Eucalipto jovem  |
| CB - Cerrado baixo | CF - Café              | EA - Eucalipto adulto |
| CL - Campo limpo   | PC - Pomar cítrico     | PA - Pastagens        |
| CS - Campo sujo    | PN - Pomar não cítrico |                       |

FIGURA 45 - Divisão da vegetação para a fotografia infravermelha colorida.



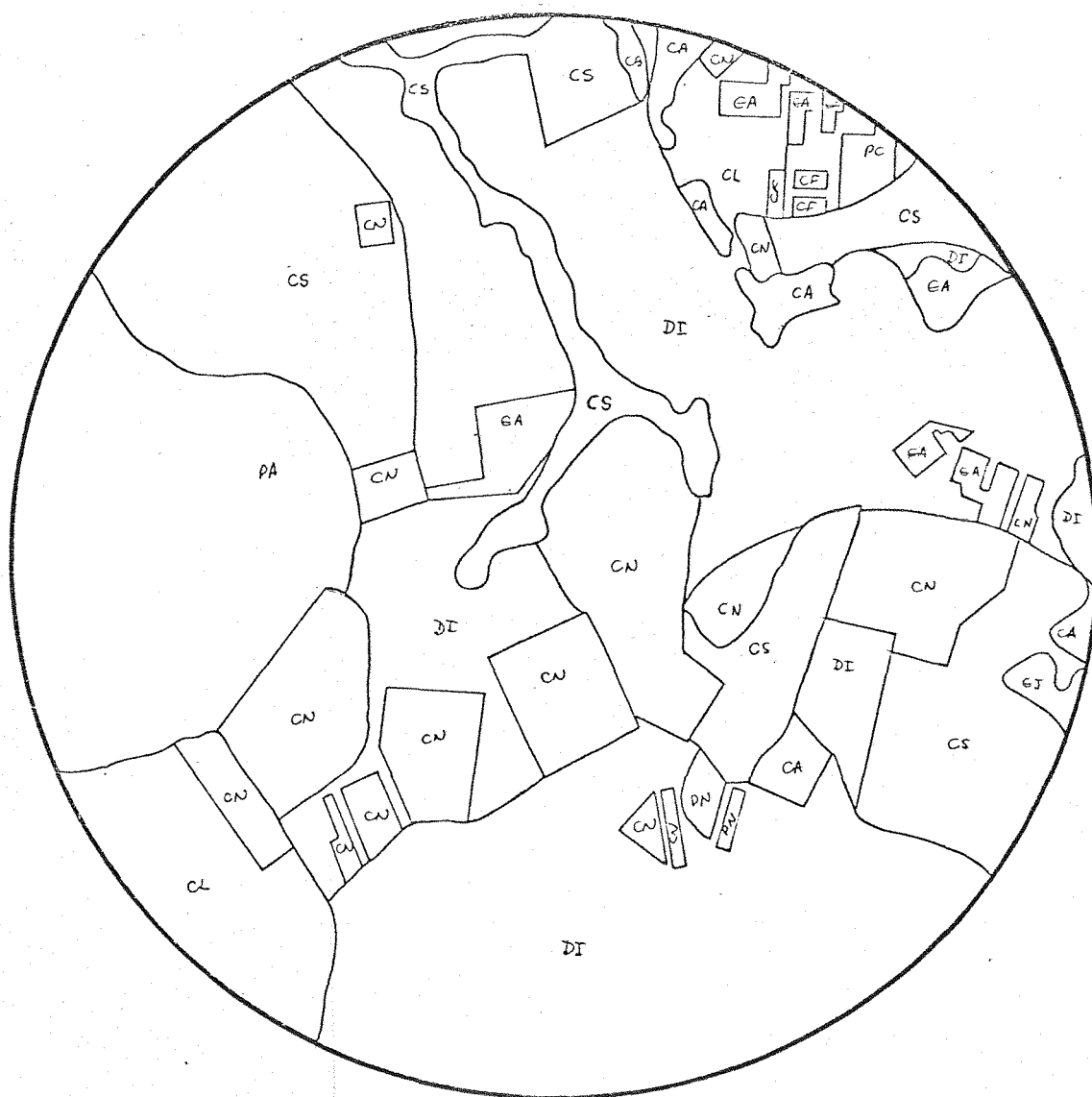
AMOSTRA 2

Esc. aprox. 1:24.700

LEGENDA

- |                    |                        |                       |
|--------------------|------------------------|-----------------------|
| CA - Mata alta     | CN - Culturas anuais   | EJ - Eucalipto jovem  |
| CB - Cerrado baixo | CF - Café              | EA - Eucalipto adulto |
| CL - Campo limpo   | PC - Pomar cítrico     | PA - Pastagens        |
| CS - Campo sujo    | PN - Pomar não cítrico |                       |

FIGURA 46 - Divisão da vegetação para a fotografia infravermelha colorida.



AMOSTRA 3

Esc. aprox. 1:24.700

LEGENDA

- |                    |                        |                       |
|--------------------|------------------------|-----------------------|
| CA - Mata alta     | CN - Culturas anuais   | EJ - Eucalipto jovem  |
| CB - Cerrado baixo | CF - Café              | EA - Eucalipto adulto |
| CL - Campo limpo   | PC - Pomar cítrico     | PA - Pastagens        |
| CS - Campo sujo    | PN - Pomar não cítrico |                       |

FIGURA 47 - Divisão da vegetação para a fotografia infravermelha colorida.



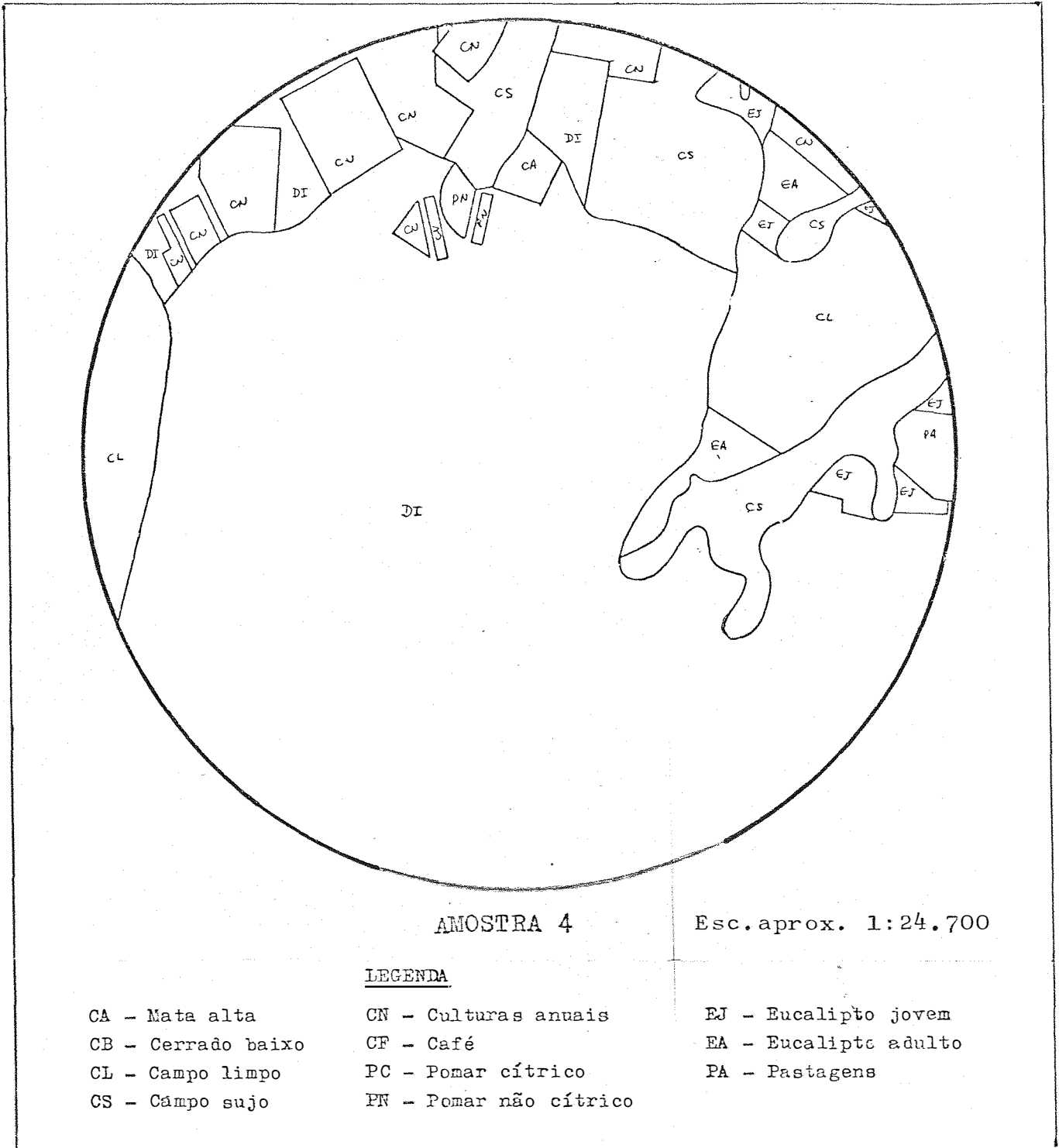
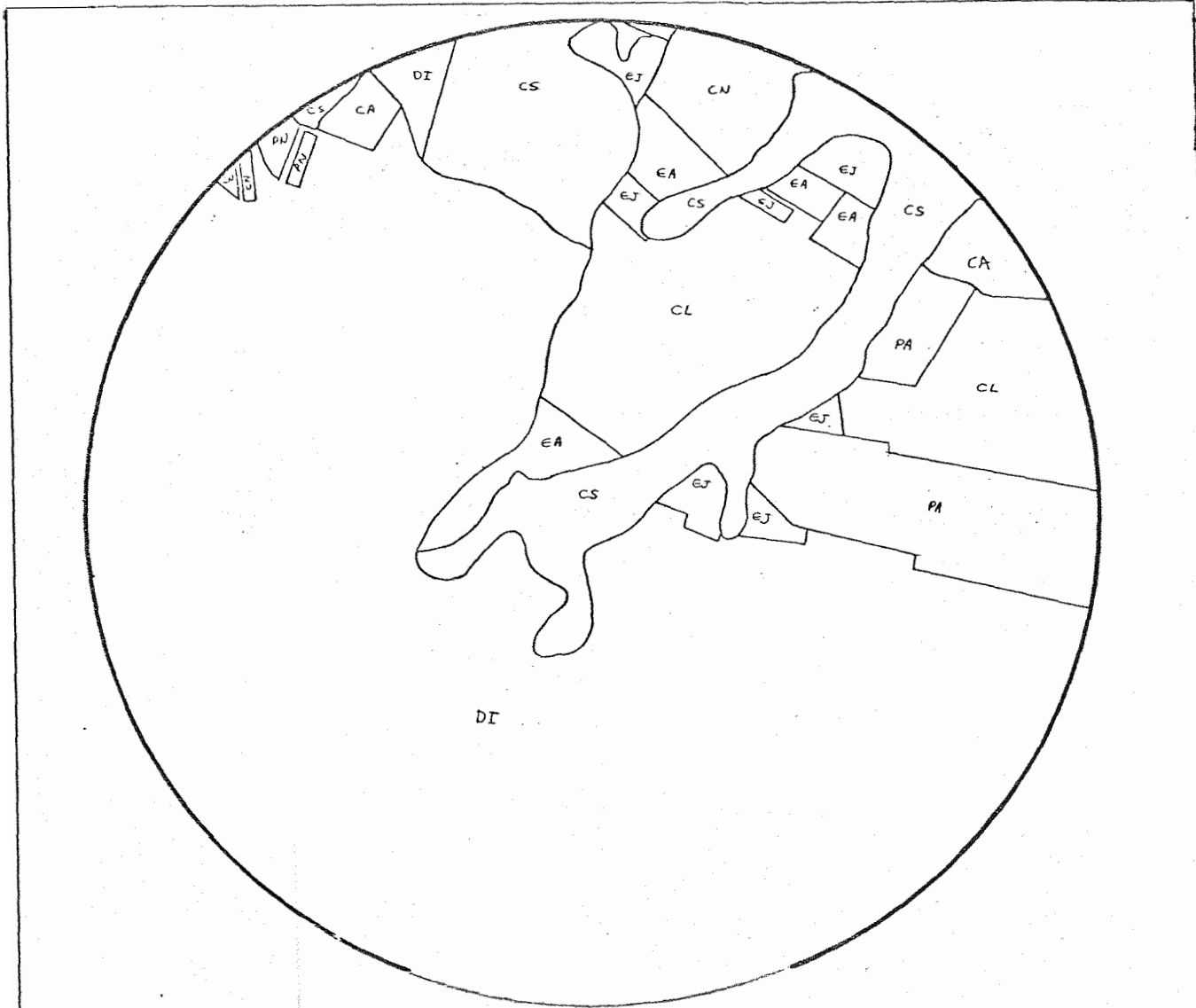


FIGURA 48 - Divisão da vegetação para a fotografia infravermelha colorida.



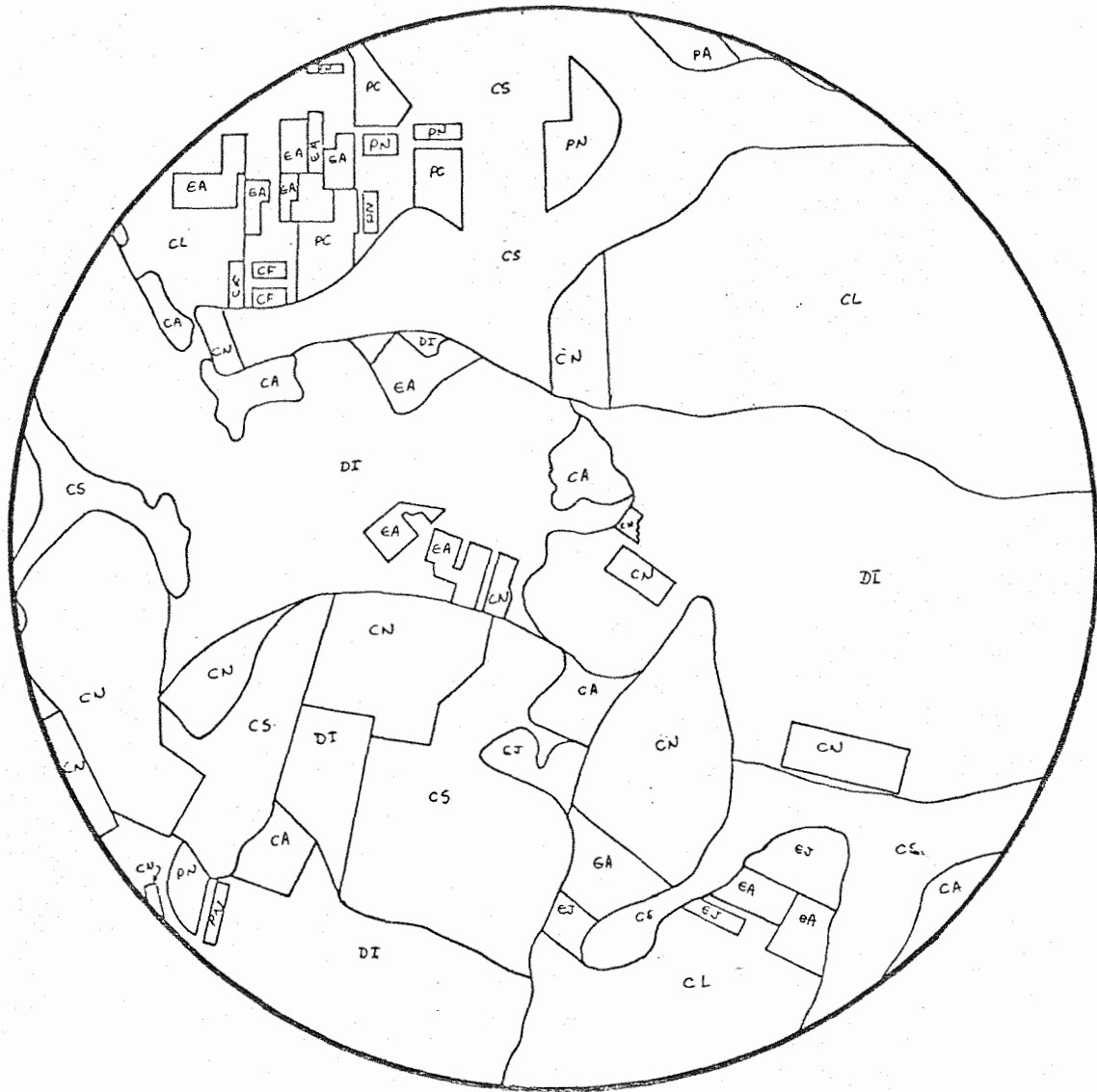
AMOSTRA 5

Esc. aprox. 1:24.700

LEGENDA

- |                    |                        |                       |
|--------------------|------------------------|-----------------------|
| CA - Mata alta     | CN - Culturas anuais   | EJ - Eucalipto jovem  |
| CB - Cerrado baixo | CP - Café              | EA - Eucalipto adulto |
| CL - Campo limpo   | PC - Pomar cítrico     | PA - Pastagens        |
| CS - Campo sujo    | PN - Pomar não cítrico |                       |

FIGURA 49 - Divisão da vegetação para a fotografia infravermelha colorida.



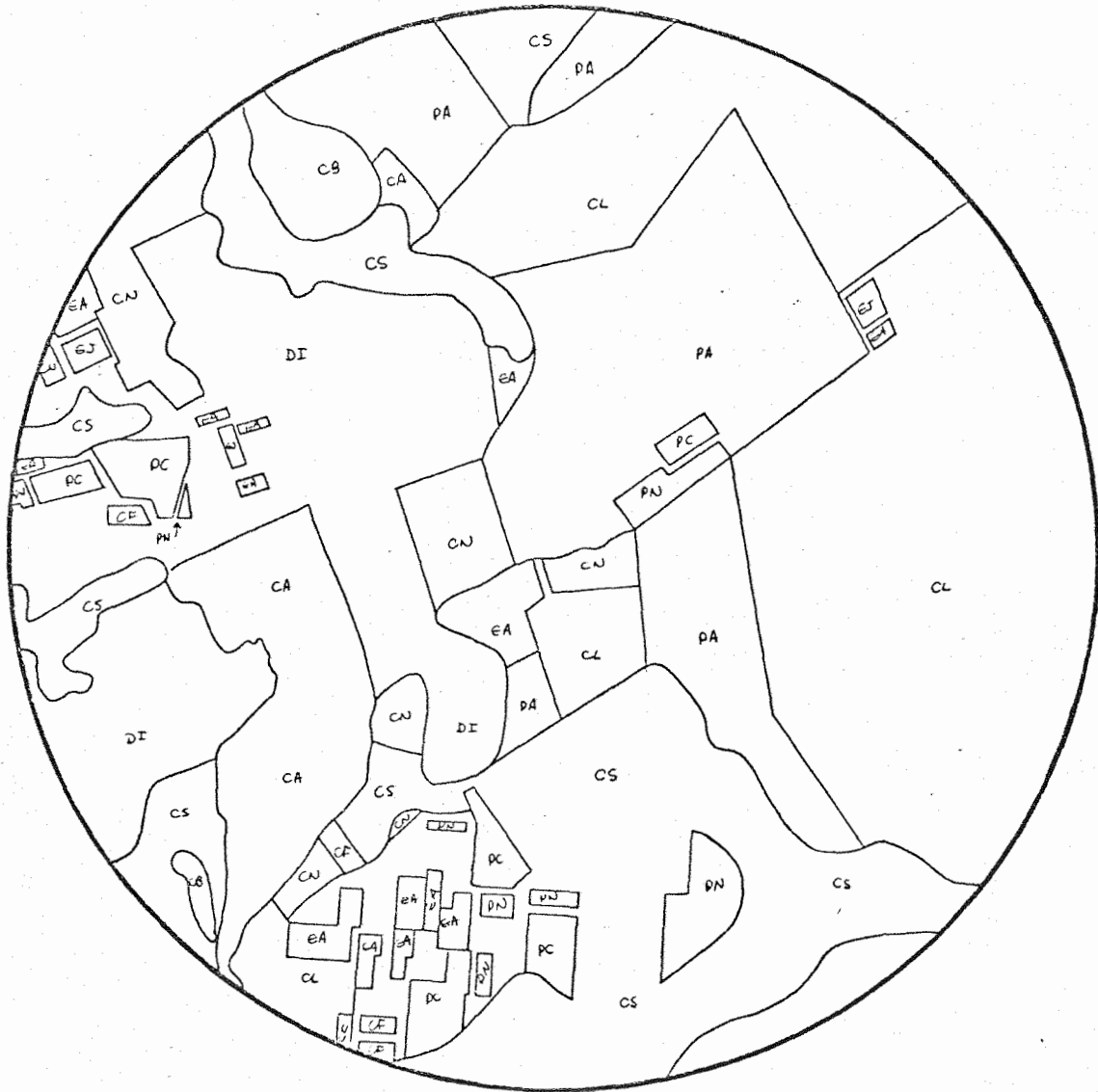
AMOSTRA 6

Esc. aprox. 1:24.700

LEGENDA

- |                    |                        |                       |
|--------------------|------------------------|-----------------------|
| CA - Mata alta     | CN - Culturas anuais   | EJ - Eucalipto jovem  |
| CB - Cerrado baixo | CF - Café              | EA - Eucalipto adulto |
| CL - Campo limpo   | PC - Pomar cítrico     | PA - Pastagens        |
| CS - Campo sujo    | PN - Pomar não cítrico |                       |

FIGURA 50 - Divisão da vegetação para a fotografia infravermelha colorida.



AMOSTRA 7

Esc. aprox. 1:24.700

LEGENDA

- |                    |                        |                       |
|--------------------|------------------------|-----------------------|
| CA - Mata alta     | CN - Culturas anuais   | EJ - Eucalipto jovem  |
| CB - Cerrado baixo | CF - Café              | EA - Eucalipto adulto |
| CL - Campo limpo   | PC - Pomar cítrico     | PA - Pastagens        |
| CS - Campo sujo    | PN - Pomar não cítrico |                       |

FIGURA 51 - Divisão da vegetação para a fotografia infravermelha colorida.

## 5. DISCUSSÃO

O presente trabalho tem por objetivo definir quantitativamente a eficiência das fotografias pancromática, colorida e infra vermelha colorida.

Para um mesmo solo, os elementos estudados foram a rede de drenagem e a vegetação.

### 5.1. Drenagem.

Nos itens abaixo são comentados os resultados obtidos, para os parâmetros considerados.

#### 5.1.1. Número de segmentos de rios.

No presente estudo o número de segmentos de rios apresenta-se como uma das variáveis mais importantes.

A análise de variância dos dados obtidos para os três tratamentos revelou que os resultados foram significativos ao nível de 1% de probabilidade até 3ª ordem, para os dados em monoscopia.

Para os dados em estereoscopia a significância para os valores de 3ª ordem foi ao nível de 5% de probabilidade.

A comparação de médias feita pelo teste de Tukey, tanto para os dados monoscópicos como estereoscópicos, mostrou que os tratamentos 1 e 2 são estatisticamente semelhantes, diferindo significativamente do tratamento 3. Quanto aos dados de 3ª ordem em estereoscopia, somente o tratamento 2 difere significativamente do tratamento 3, conforme pode-se observar pelo QUADRO 4 .

Os resultados contrariam em parte os obtidos por KUHL (22), que se utilizando de fotografias na escala 1:12.000 não encontrou diferenças estatísticas entre os três tipos de imagens, embora as fotografias colorida e infravermelha colorida tenham sido superiores a pancromática.

No presente trabalho utilizou-se de fotografias na escala 1:15.000, o que pode ter concorrido para aumentar a sensibilidade dos tratamentos, fazendo com que as tendências observadas por KUHL (22), tivessem significação estatística.

A análise de variância dos resultados monoscópicos e estereoscópicos analisados conjuntamente mostrou que os valores obtidos foram significativos ao nível de 1% de probabilidade até 3ª ordem, não ocorrendo significância para os dados de 4ª ordem.

A comparação de médias feita pelo teste de Tukey mostrou que os tratamentos 1 e 2 (monoscopia) são estatisticamente semelhantes, bem como os tratamentos 3 (monoscopia), 1 e 2 (estereoscopia). O primeiro conjunto difere estatisticamente do segundo, e estes diferem estatisticamente do tratamento 3 (estereoscopia), conforme mostra o QUADRO 5

O fato do número de segmentos de rios, para a fotografia infravermelha em monoscopia, ser semelhante ao número de segmentos de rios para a fotografia pancromática em estereoscopia, revela-se interessante. Desse modo, havendo fotografia infravermelha de uma região, a drenagem poderia ser estudada em monoscopia, facilitando os trabalhos e obtendo valores comparáveis aos já obtidos através de análise estereoscópica de fotografias pancromáticas de outras regiões.

KUHL (22), também comenta que a drenagem pode ser interpretada com maior precisão através de estereoscopia, do que em fotografias simples, embora as interpretações monoscópicas da drenagem sejam mais completas quando se usa fotografias infravermelhas e infravermelhas coloridas comparativamente às fotografias pancromáticas.

O efeito do tipo de fotografia revelou-se maior em monoscopia, e isto se deve à maior sensibilidade do filme infravermelho à umidade do solo. Embora os canais de 1ª ordem sejam, em sua maioria, cursos temporários de água, é de esperar que o solo apresente, dentro de certos limites, teores maiores de umidade, sendo possível a localização desses canais. Em estereoscopia o efeito do tipo de fotografia apresenta-se um pouco menor. O fato dos canais de primeira ordem já apresentarem um certo sulcamento possibilita a sua visualização em estereoscopia, minimizando o efeito do tipo de fotografia.

Os melhores resultados obtidos por PARRY e TURNER (34) foram para canais de 2ª e 3ª ordem. Isto no entanto pode ter sido decorrência das condições da área estudada, visto a mesma ser recoberta de vegetação natural, dificultando a localização dos canais de 1ª ordem.

Porcentualmente a fotografia infravermelha colorida registrou maior número de segmentos de rios nas diversas ordens que a fotografia pancromática. Desse modo obteve-se 33,7%, 35,4% e 52,7% para os valores de 1ª, 2ª e 3ª ordem respectivamente. Em estereoscopia obteve-se 29,2%, 23,4% e 14,7% para os canais de 1ª, 2ª e 3ª ordem, respectivamente.

Pelos dados acima pode-se perceber que o número de segmentos de rios em monoscopia, cresceu a medida que aumentou a ordem de ramificação, enquanto que em estereoscopia ocorreu o inverso.

Isto pode ser devido ao fato de que em monoscopia, somente os canais perfeitamente visíveis são demarcados. Desse modo dificilmente os canais de ordens superiores deixariam de ser diagnosticados, aumentando em termos percentuais as suas participações.

Em estereoscopia maior número de canais de ordens inferiores são identificados, o que poderia ter ocasionado uma diminuição percentual dos canais de ordens superiores.

A análise conjunta dos dados monoscópicos e estereoscópicos (QUADRO 5 ), mostra ainda que o exame estereoscópico da fotografia infravermelha colorida forneceu o dobro de informações em relação ao exame monoscópico da fotografia pancromática para todas as ordens.

Em estereoscopia a fotografia infravermelha colorida forneceu 30% a mais de informações que a fotografia pancromática, revelando locais de passagem de água, superficial ou subsuperficial, sem sulcamento significativo. Isto indicaria a evolução futura da drenagem da região. Sua efetivação estaria relacionada com o tipo de solo, além do relevo e do clima, conforme relata LUEDER (24).

Esta drenagem, que poderia ser chamada de potencial, com os devidos estudos, teria condições de constituir-se em mais um índice no estudo quantitativo da mesma.

Obtendo-se resultados diferentes segundo o tipo de fotografia, pode-se esperar variações no cálculo da frequência de rios, visto a unidade de área ser a mesma.

No que se refere à utilização de amostras circulares, em substituição a bacias, percebe-se pelo QUADRO 4 que os resultados foram satisfatórios para a região estudada, bastante homogênea quanto aos solos, concordantemente com SOUZA (44) que já havia relatado a utilidade de amostras circulares.

#### 5.1.2. Comprimento de rios.

O comprimento de rios foi estudado como complemento ao estudo do número de segmentos de rios, e para o cálculo da densidade de drenagem.

A análise de variância dos valores medidos para os três tratamentos, em monoscopia, revelou que os resultados foram significativos ao nível de 1% de probabilidade para canais até 2ª ordem. Para os dados em estereoscopia os resultados foram significati



vos ao nível de 1% de probabilidade apenas para os canais de 1ª ordem.

Isto evidência o fato de que foram principalmente os canais de 1ª ordem que variaram segundo o tipo de fotografia.

A comparação de médias feitas pelo teste de Tukey, tanto para os dados monoscópicos como estereoscópicos, mostrou que os tratamentos 1 e 2 são estatisticamente semelhantes, e diferem significativamente ao tratamento 3, conforme mostra o QUADRO 8 .

Os resultados neste caso assemelham-se aos obtidos por PARRY e TURNER (34), que evidenciaram o maior efeito da fotografia infra vermelha colorida comparativamente a fotografia pancromática.

A análise de variância dos resultados monoscópicos e estereoscópicos analisados conjuntamente mostrou que os valores obtidos foram significativos ao nível de 1% de probabilidade até 2ª ordem, não ocorrendo significância para os dados de 3ª e 4ª ordem.

A comparação de médias feita pelo teste de Tukey mostrou que os tratamentos 1 e 2 (monoscopia) são estatisticamente semelhantes, bem como os tratamentos 3 (monoscopia), 1 e 2 (estereoscopia). O primeiro conjunto difere estatisticamente do segundo, e estes diferem estatisticamente do tratamento 3 (estereoscopia) conforme pode-se observar pelo QUADRO 9 .

Neste caso também, o comprimento de rios para a fotografia infravermelha colorida em monoscopia foi semelhante ao comprimento de rios para a fotografia pancromática em estereoscopia, o que poderia facilitar o estudo da drenagem de uma região.

Da mesma forma os resultados obtidos assemelham-se aos de KUHL (22), que afirma que o estudo da fotografia infravermelha colorida em monoscopia oferece maiores informações que a pancromática, para a rede de drenagem.

Para o comprimento de rios foram também os canais de 1ª ordem, que apresentaram as maiores variações, segundo o tipo de fotografia. Tomando-se como referência a fotografia pancromática, estas variações referiram-se a prolongamentos de canais já demarcados e por novos canais encontrados com o auxílio da fotografia infra

vermelha colorida.

O efeito do tipo de fotografia revelou-se maior em monoscopia do que em estereoscopia e, conforme já comentado, isto se deve à sensibilidade do filme infravermelho à umidade do solo.

Porcentualmente a fotografia infravermelha colorida registrou maior comprimento total de rios nas diversas ordens que a fotografia pancromática. Assim, obteve-se 36,6% e 26,0% para valores monoscópicos de canais de 1ª e 2ª ordem, respectivamente. Em estereoscopia obteve-se 31,3% para os canais de 1ª ordem.

Estes resultados realçam a menor sensibilidade dos tratamentos para a medida dos comprimentos de rios. Em estereoscopia, o recurso da 3ª dimensão diminuiria mais ainda esta sensibilidade.

Os dados monoscópicos e estereoscópicos analisados conjuntamente (QUADRO 9) revelam ainda que o exame estereoscópico da fotografia infravermelha colorida forneceu duas vezes e meia mais informações em relação ao exame monoscópico de fotografia pancromática, para os canais de 1ª ordem.

Em estereoscopia a fotografia infravermelha colorida forneceu 50% mais informações que a fotografia pancromática, podendo-se neste caso avaliar de que maneira evoluirá um canal de 1ª ordem já perceptível na fotografia convencional.

Obtendo-se resultados diferentes para os diferentes tipos de fotografias, tais valores influenciarão os cálculos da densidade de drenagem, visto a unidade de área ser a mesma.

Quanto à utilização de amostras circulares para obtenção dos dados, pode-se perceber pelo QUADRO 8 que os resultados foram consistentes para a região estudada, bastante homogênea quanto ao solo, concordantemente com SOUZA (44), que já havia comentado da importância do uso de amostras circulares.

### 5.1.3. Frequência de rios.

A análise de variância dos dados obtidos para os três tratamentos, em monoscopia e em estereoscopia, revelou que os resultados foram significativos ao nível de 1% de proba

bilidade.

A comparação de médias feitas pelo teste de Tukey, tanto para os dados monoscópicos como estereoscópicos, mostrou que os tratamentos 1 e 2 são estatisticamente semelhantes e diferem significativamente do tratamento 3, conforme ilustra o QUADRO 12 .

A análise de variância dos dados monoscópicos e estereoscópicos estudados conjuntamente mostrou que os resultados foram significativos ao nível de 1% de probabilidade.

A comparação de médias desses dados, feita pelo teste de Tukey, revelou que os tratamentos 1 e 2 (monoscopia) são estatisticamente semelhantes, bem como os tratamentos 3 (monoscopia), 1 e 2 (estereoscopia). O primeiro conjunto difere estatisticamente do segundo, e estes diferem estatisticamente do tratamento 3 (estereoscopia), conforme mostra o QUADRO 13 .

Tais diferenças já eram esperadas, visto que o estudo do número de segmento de rios revelou que tais valores segundo o tipo de fotografia.

A fotografia infravermelha forneceu uma freqüência de rios 32,3% e 27,6% maior que a fotografia pancromática, em monoscopia e em estereoscopia, respectivamente.

O uso de amostras circulares em substituição ao uso de bacias de mesma ordem facilitou os trabalhos, podendo-se perceber pelo QUADRO 12 que os resultados foram consistentes para a região estudada.

Os resultados obtidos assemelham-se aos de SOUZA (44), que concluiu da validade do uso de amostras circulares no cálculo da freqüência de rios.

#### 5.1.4. Densidade de drenagem.

A análise de variância dos dados obtidos para os três tratamentos, em monoscopia e em estereoscopia, revelou que os resultados foram significativos ao nível de 1% de probabilidade.

A comparação de médias feita pelo teste de Tukey, tanto para

os dados monoscópicos como para os estereoscópicos, mostrou que os tratamentos 1 e 2 são estatisticamente semelhantes, e diferem significativamente do tratamento 3, conforme ilustra o QUADRO 16 .

Também ANSON (2) , trabalhando com os três tipos de fotografias em estereoscopia, obteve densidades de drenagem crescentes para os filmes pancromáticos, colorido e infravermelho colorido, respectivamente. Comenta ainda que os canais de primeira ordem, quase todos intermitentes, foram identificados em maior número na fotografia infravermelha, devido ao maior teor de umidade do solo nos locais.

A análise de variância dos dados monoscópicos e estereoscópicos analisados conjuntamente mostrou que os resultados foram significativos ao nível de 1% de probabilidade.

A comparação de médias desses dados, feita pelo teste de Tukey, revelou que os tratamentos 1 e 2 (monoscopia) são estatisticamente semelhantes, bem como os tratamentos 3 (monoscopia), 1 e 2 (estereoscopia). O primeiro conjunto difere estatisticamente do segundo, e estes diferem da mesma forma do tratamento 3 (estereoscopia), conforme mostra o QUADRO 17 .

Tais diferenças já eram previstas, considerando-se os estudos realizados com os comprimentos de rios, que mostraram as diferenças entre fotografias.

A fotografia infravermelha colorida forneceu uma densidade de drenagem 32,1% e 24,6% maior que a pancromática , em monoscopia e em estereoscopia, respectivamente.

Neste caso, o uso de amostras circulares também foi satisfatório, conforme já relataram FRANÇA (16) e SOUZA (44).

## 5.2. Vegetação.

No estudo da vegetação os dados percentuais referem-se aos itens identificados corretamente pelo total da amostra.

A análise de variância dos resultados obtidos mostrou que os tratamentos foram significativos ao nível de 1% de probabilidade.

A comparação de médias feita pelo teste de Tukey mostrou que os tratamentos 1 e 3 são estatisticamente diferentes, conforme pode-se notar pelo QUADRO 19.

Os resultados obtidos assemelham-se aos obtidos por SCHULTE (42), DUTTON (12) e NORTHROP e JOHNSON (32), onde os últimos autores relatam uma eficiência de 75% para a fotografia infravermelha colorida em relação a fotografia pancromática.

Analisando-se o número total de itens observáveis para cada tipo de fotografia, mostrados no QUADRO 18, pode-se perceber que há uma variação segundo o tipo de fotografia.

Assim, a média das sete amostras para a fotografia pancromática foi de 29,0, para a colorida 39,4 e para a infravermelha colorida 43,4.

Desse modo, as fotografias colorida e infravermelha colorida forneceram 26,4% e 33,2% mais informações que a fotografia pancromática.

Segundo GATES (17), as diferenças encontradas decorrem do fato de que as distinções entre as espécies vegetais podem ser mais facilmente observadas na porção infravermelha do espectro.

Analisando-se separadamente a vegetação natural e de culturas, conforme mostram os QUADROS 20 e 21, pode-se perceber que a eficiência dos três tipos de fotografias para a vegetação natural foi a mesma, embora a fotografia infravermelha colorida tenha fornecido 14,2% mais informações que a fotografia pancromática.

Quanto às culturas, a porcentagem de eficiência foi mais satisfatória para as fotografias colorida e infravermelha colorida, comparativamente a fotografia pancromática. Assim, as fotografias colorida e infravermelha colorida forneceram respectivamente, 31,1% e 40,2% mais informações que a fotografia pancromática.

Em trabalho semelhante, na escala 1:20.000, ANSON (2) relata que a quantidade de informações obtidas pelos três tipos de fotografias no estudo da vegetação natural foi aproximadamente igual, embora o filme infravermelho fornecesse quase o dobro de detalhes.

É provável que em escalas menores as diferenças entre os três tipos de filmes se amplie.

Desse modo, BECKING (4) comenta que para a identificação de tipos de vegetação pode-se usar escalas menores que 1:25.000.

HAACK (19) utilizando-se dos três tipos de filmes no estudo da vegetação, não encontrou diferenças significativas, na escala 1:5.000, embora o da fotografia infravermelha fornecesse mais de talhes.

A alta eficiência dos três tipos de fotografias obtida no presente trabalho pode ser atribuída em parte à escala utilizada, e em parte ao tipo de análise efetuada para a vegetação da área.

A região de Campinas é bastante desenvolvida, e a ocorrência de vegetação nativa é muito pequena, não oferecendo dificuldades à sua distinção.

Quanto às culturas anuais, talvez não tenham se constituído em grande problema por terem sido analisadas como um todo. É provável que com a sua individualização a eficiência média para cada tipo de fotografia fosse mais baixa, visto que a única cultura mais facilmente identificável foi a da cana-de-açúcar.

Quanto as culturas permanentes, os trabalhos foram bastante simplificados dividindo-se os pomares em cítricos e não cítricos e os povoamentos de eucaliptos, em jovens e adultos.

Os itens que mais apresentaram erros de identificação foram culturas anuais, pastagem artificial e eucalipto jovem, enquanto que os itens mais facilmente identificados foram mata alta, cerrado baixo e campo sujo,

## 6. CONCLUSÕES.

Para a região estudada os resultados permitem as seguintes conclusões principais:

6.1. No estudo da drenagem, para todos os parâmetros considerados, a fotografia infravermelha forneceu maior número de informações, comparativamente à fotografia pancromática e colorida, as quais ofereceram resultados semelhantes.

6.2. Na drenagem os resultados obtidos através da análise monoscópica da fotografia infravermelha, foram semelhantes aos resultados obtidos pelo estudo estereoscópico da fotografia pancromática, o que pode constituir-se numa facilitação no processo fotointerpretativo.

6.3. O uso de amostras circulares para o estudo da drenagem revelou-se satisfatório, considerando-se, no entanto, a grande uniformidade da região quanto ao solo.

6.4. No estudo da vegetação natural, os três tipos de fotografias revelaram a mesma eficiência no que se refere

a porcentagem de itens identificados corretamente.

6.5. No estudo das culturas, a fotografia colorida e a in  
fravermelha colorida forneceram resultados semelhantes, superiores entretanto à fotografia pancromática, quanto a porcentagem de itens identificados corretamente.

6.6. A fotografia infravermelha colorida foi superior a fo  
tografia colorida, e esta, superior a fotografia pan  
cromática, quanto ao total de itens identificados na área estu  
dada.



## 7. RESUMO.

O presente trabalho teve por objetivo avaliar quantitativamente as informações obtidas por diferentes tipos de fotografias.

Os estudos basearam-se em fotografias pancromáticas, coloridas e infravermelhas coloridas (falsa cor), de uma área teste localizada no município de Campinas - SP.

A cobertura fotográfica denominada Missão 96 resultou da colaboração científica entre INPE - Instituto de Pesquisas Espaciais, NASA - National Aeronautics and Space Administration e IAC - Instituto Agrônômico do Estado de São Paulo.

Os elementos estudados foram a drenagem e a vegetação da região. Quanto à drenagem, estudou-se para os três tipos de fotografias: o número de segmentos de rios, o comprimento de rios, a frequência de rios e a densidade de drenagem.

A vegetação foi dividida em dois grupos principais: natural e terras com cultura. A vegetação natural foi subdividida em mata alta, cerrado baixo, campo limpo e campo sujo, enquanto que as culturas, subdivididas em café, pomar cítrico, pomar não cítrico, eucalipto adulto, eucalipto jovem, pastagem e culturas anuais.

A rede de drenagem foi estudada em monoscopia e em estereoscopia, e para o estudo da vegetação elaborou-se uma chave de classificação do tipo de seleção, onde foi selecionado o exemplo correspondente à imagem que estava tentando-se identificar.

As medições foram efetuadas em amostras circulares de 10 km<sup>2</sup> (parcelas), sendo que o delineamento experimental foi o de parcelas inteiramente casualizadas.

Os dados obtidos foram utilizados para avaliar a eficiência de cada tipo de fotografia para as variáveis consideradas.

Para as condições estudadas, obteve-se as conclusões e resultados principais:

7.1. Quanto à drenagem, a fotografia infravermelha forneceu maior número de informações, comparativamente às fotografias pancromática e colorida, as quais ofereceram resultados semelhantes. Os resultados para cada parâmetro estudado foram os seguintes:

- a) O número de segmentos de rios de 1ª ordem para a fotografia infravermelha foi 33,7% e 29,2% superior que a fotografia pancromática, em monoscopia e em estereoscopia, respectivamente;
- b) O comprimento de rios de 1ª ordem para a fotografia infravermelha foi 36,6% superior que a pancromática em monoscopia e 31,3% em estereoscopia;
- c) Quanto a frequência de rios, a fotografia infravermelha forneceu valores 32,3% e 27,6% maiores que a fotografia pancromática, em monoscopia e em estereoscopia, respectivamente;
- d) A densidade de drenagem, em relação a fotografia infravermelha foi 32,1% e 24,6% maior que a fotografia pancromática, em monoscopia e estereoscopia, respectivamente.

7.2. Para a drenagem os resultados obtidos pela análise monoscópica da fotografia infravermelha foram semelhantes aos resultados obtidos pela análise estereoscópica da fotografia pancromática, o que poderia facilitar bastante o processo fotointerpretativo.

7.3. O uso de amostras circulares, em substituição a bacias semelhantes no estudo da drenagem, revelou-

-se satisfatório para a região estudada, bastante uniforme quanto a solos.

7.4. No estudo da vegetação natural, os três tipos de fotografias revelaram a mesma eficiência no que se refere a porcentagem de itens identificados corretamente.

7.5. No estudo das culturas, a fotografia colorida e infravermelha colorida forneceram resultados semelhantes, superiores entretanto à fotografia pancromática, quanto a porcentagem de itens identificados corretamente.

7.6. A fotografia infravermelha colorida foi superior a fotografia colorida, e esta, superior a fotografia pancromática, quanto ao total de itens identificados na área estudada.

8. SUMMARY.

The present work had as its main aim a quantitative evaluation of information obtained through different types of photographs.

The studies were based on panchromatic, color and color infrared photographs of a test area located in the municipality of Campinas - SP.

The photographic flight was carried on by means of a scientific cooperation of INPE - Instituto de Pesquisas Espaciais, NASA - National Aeronautics and Space Administration and IAC - Instituto Agrônômico do Estado de São Paulo and was known as Mission 96.

The drainage and the vegetation were the parameters analyzed.

Concerning the drainage the measures were: quantity and length of channels, river frequency and drainage density.

The vegetation was classified in natural and cultivated. The natural vegetation was classified in high forest, low cerrado, clean field, field with shrubs; and the cultivated in coffee, citrus, other orchards, mature eucalyptus, immature eucalyptus, pasture, annual cultures.

The drainage networks was studied monoscopically and stereoscopically, and the vegetation was identified with a classification key.

The measurements were made in circular samples  $10 \text{ km}^2$ , randomly oriented.

The obtained data were used to evaluate the efficiency of every type of photograph, for the studied variables.

On the basis of the present study, the quantitative analysis led to the following main conclusions and results:

8.1. Color infrared photography was the best in the study of the drainage network quantitative characteristics, comparatively to panchromatic and color photographs.

The obtained results are as follows:

- a) For the infrared color photography the quantity of 1<sup>st</sup> order channels was 33,7% and 29,2% superior, comparatively to the panchromatic, by monoscopy and stereoscopy, respectively.
- b) For the infrared color photography the length of 1<sup>st</sup> order channels was 36,6% and 31,3% superior, comparatively to the panchromatic, by monoscopy and stereoscopy, respectively.
- c) As to the river frequency, the infrared color photography was 32,3% and 27,6% superior to the panchromatic, respectively to monoscopy and stereoscopy.
- d) The drainage density for the infrared color photography was 32,1% and 24,6% superior, comparatively to the panchromatic, by monoscopy and stereoscopy, respectively.

8.2. The results obtained in studying drainage through the monoscopic study of infrared color photography were similar to the results of stereoscopic analysis of the panchromatic photography, which would present a better readiness in the photo interpretation process.

8.3. The use of circular samples in the quantitative characterizations of the drainage networks was satisfactory for the region.

8.4. The three types of photographs showed the same efficiency in the identification of natural vegetation.

8.5. The efficiency of color and color infrared photography was similar in the identification of cultivated vegetation, but superior comparatively to panchromatic photography.

8.6. The quantity of identified occurrences on the site was found to be superior for infrared color photography comparatively to color and the color photography superior to panchromatic.

9. LITERATURA CITADA.

- 1 - ALMEIDA, F.F.M. de. Geologia do Estado de São Paulo. São Paulo, Inst. Geogr. e Geol. da Secr. Agric., 1964. 294 p. (Boletim nº 41).
- 2 - ANSON, A. Color Photo Comparison. Photogram. Engng., 32:286-297. 1966.
- 3 - AUDI, R. Fotointerpretação de Atributos dos Canais de Drenagem em Solos da Região Noroeste do Estado de São Paulo. Piracicaba, 1972. 182 p. (Tese doutoramento - ESALQ).
- 4 - BECKING, R.W. Forestry Applications of Aerial Color Photography. Photogram. Engng., 25:559-565. 1959.
- 5 - BRADSHAW, K.E. Summary of World Progress in Photointerpretation in Natural Resource Inventories. Photogram. Engng., 18:400-411. 1952.

- 6 - CAMARGO, A.P. de. Balanço Hídrico no Estado de São Paulo. Campinas, Instituto Agrônômico, 1960. 20 p. (Boletim nº 116).
- 7 - CARROL, D.M. Remote Sensing Techniques and Their Applications to Soil Science. I - Photographic Sensors. Soil and Fertilizers, 36:259-266. 1973.
- 8 - CHRISTOFOLETTI, A. O fenômeno Morfogenético no Município de Campinas. Notícia Geomorfológica, 8:3-97. 1968.
- 9 - COLWELL, R.N. Photogrammetric Interpretation for Civil Purposes In: American Society of Photogrammetry. Manual of Photogrammetry. Virginia. 1952. p. 535-602.
- 10 - COMISSÃO DE SOLOS DO C.N.E.P.A. Levantamento de Reconhecimento dos Solos do Estado de São Paulo. Rio de Janeiro, Centro Nacional de Ensino e Pesquisas Agrônômicas. 1964, 634 p.
- 11 - DAMMES, H. The Use of Aerial Photographs in a Tropical Country (Surinam). Photogram. Engng., 18:152-158. 1952.
- 12 - DUTTON, J.A. Comparative Photointerpretation from Panchromatic, Color and Color IR Photography, Ohio, 1967. 181 p. (Tese M.S.-Ohio State University).
- 13 - EASTMAN KODAK COMPANY. Applied Infrared Photography. N.York, 1972. 88 p. (Kodak Technical Publication. M-28).
- 14 - ————. Kodak Data for Aerial Photography. N.York, 1971. 80 p. (Kodak Technical Publication. M-29).



- 15 - FADEL, H. Fotointerpretação de Bacias e de Redes de Drenagem de Três Séries de Solos da Fazenda Ipanema, Município de Araçoiaba da Serra (SP). Piracicaba, 1972. 92 p. (Diss. Mestrado - ESALQ).
- 16 - FRANÇA, G.V. de. Interpretação Fotográfica de Bacias e de Redes de Drenagem Aplicada a Solos da Região de Piracicaba. Piracicaba, 1968. 151p. (Tese Doutorado - ESALQ).
- 17 - GATES, D.M. Physical and Physiological Properties of Plants. In: National Academy of Sciences. Remote Sensing. Washington, 1970. p. 224-252.
- 18 - GEVAERD, I. Parâmetros Fotoanalíticos de Três Unidades de Solo da Região Nordeste Paranaense. Piracicaba, 1974. 110 p. (Diss. Mestrado - ESALQ).
- 19 - HAACK, P.M. Evaluating Color, Infrared and Panchromatic Aerial Photos for the Forest Survey of Interior Alaska. Photogram. Engng., 28:592-598. 1962.
- 20 - HORTON, R.E. Erosional Development of Streams and Their Drainage Basins: Hidrophysical Approach to Quantitative Morfology. Bull. Geol. Soc. Am., 56:275-370. 1945.
- 21 - HUECK, K. As Florestas da América do Sul. Brasília, Ed. Universidade de Brasília. 1972. 466 p.
- 22 - KUHL, A.D. Color and IR Photos for Soils. Photogram. Engng., 36:475-482. 1970.
- 23 - LEÃO, S.R.F. Interpretação Fotográfica dos Padrões de Drenagem Desenvolvidos em Dois Solos do Distrito Federal. Piracicaba, 1972. 110p. (Diss. Mestrado - ESALQ).

- 24 - LUEDER, D.R. Aerial Photographic Interpretation: Principles and Applications. N.York, McGraw-Hill. 1959. 162 p.
- 25 - MARCHETTI, D.A.B. Fotointerpretação de Atributos do Relevo Aplicada a Solos da Região de Piracicaba. Piracicaba, 1969. 58 p. (Tese Doutorado - ESALQ).
- 26 - MAXWELL, J.C. The Bifurcation Ratio in Horton's Law Stream Numbers (Resumo). Trans.Am.Geogr.Un., 36:520. 1955.
- 27 - MELFI, A.J. Intemperismo de Granitos e Diabásios no Município de Campinas e Arredores. Campinas, 1967. 166p. (Tese Doutorado - Inst. Geogr.).
- 28 - MINTZER, O.W. Aerial Color Photography for Soils. In: American Society of Photogrammetry. Manual of color aerial photograph. Virginia, 1970. p. 427-430.
- 29 - MOESSNER, K.E. Photo Interpretation in Forest Inventories. Photogram. Engng., 19:496-507. 1953.
- 30 - MUNSELL COLOR COMPANY INC. Munsell Book of Color. Baltimore. Mariland, 1966. 160 p.
- 31 - NAMI, A.J. e SLEPETYS, Z. Mosaicos Aerofotográficos. Engenharia Fotogramétrica. (2-6). 1953 - 1954.
- 32 - NORTHROP, E.K. & JOHNSON, E.W. Forest Cover Type Identification. Photogram. Engng., 36:483-490. 1970.
- 33 - NORTON, C.L. The Use of Color and Infrared Film in Photogrammetry. Photogram. Engng., 30:423-427. 1964.
- 34 - PARRY, J.T. & TURNER, H. Infrared Photos for Drainage Analysis. Photogram. Engng., 37:1031-1038. 1971.

- 35 - PARVIS, M. Drainage Pattern Significance in Airphoto Identification of Soil and Bedrocks. Photogram. Engng., 16:387-409. 1950.
- 36 - PIMENTEL GOMES, F. Curso de Estatística Experimental. São Paulo, Livraria Nobel. 1970. 430 p.
- 37 - POPE, R.B. The Effect of Photo Scale on the Accuracy of Forestry Measurements. Photogram. Engng., 23:869-873. 1957.
- 38 - RABBEN, E.L. Fundamentals of Photo Interpretation. In: American Society of Photogrammetry. Manual of Photographic Interpretation. Virginia, 1960. p. 99-186.
- 39 - RAY, R.G. Fotografias Aéreas na Interpretação e Mapeamento Geológico. Trad. Jesuino Felicissimo Jr. São Paulo, Instituto Geográfico e Geológico. 1963. 88 p.
- 40 ——— & FISHER, W.A. Quantitative Photography. A Geologic Research Tool. Photogram. Engng., 26:143-150. 1960.
- 41 - SCHREUDER, G.J. Manual de Fotogrametria Forestal. Turrialba. Costa Rica, Instituto Interamericano de Ciências Agrícolas. 1964. 91 p.
- 42 - SCHULTE, O.W. The Use of Panchromatic, Infrared and Color Aerial Photography in the Study of Plant Distribution. Photogram. Engng., 17:688-714. 1951.
- 43 - SIMONTACCHI et alii. Considerations in the Preparation of Keys to Natural Vegetation. Photogram. Engng., 21:582-587. 1955.
- 44 - SOUZA, M.L.P. Fotointerpretação das Redes de Drenagem de Três Solos com Horizonte B Latossólico Ocorrentes no Município de Ponta Grossa-PR. Piracicaba, 1975. 135 p. (Diss. Mestrado - ESALQ).