



ASTROFOTOGRAFIA

PRETO E BRANCO

EM 35MM

Por André de Castro Milone

Projeto Final de Curso de Graduação apresentado ao
Departamento de Astronomia - Instituto de Geociências - Centro de Ciências
Matemáticas e da Natureza - Universidade Federal do Rio de Janeiro ,
como requisito à obtenção do grau de Astrônomo.

Em 1988.

Orientação: Prof. Jacques Augustowski - Departamento de Artes Utilitárias - EBA - CLA - UFRJ.

Financiamento parcial: Fundação Nacional de Arte

Orgão de vínculo: Fundação José Bonifácio

Número do convênio: 64/87

Número do processo da FUNARTE: 339/87.

Fóton

- o fóton quântico
- o fóton eletromagnético
- o fóton onda
- o fóton vagueia
- o fóton ilumina
- o fóton aquece
- o fóton colore
- o fóton esclarece
- o fóton escreve
- o fóton grafia
- a fotografia

André Milone

Ora direis ouvir estrelas. Certo
Perdeste o senso! E eu vos direi, no entanto,
Que, para ouvi-las, muita vez desperto
E abro as janelas, pálido de espanto...
E conversamos toda a noite, enquanto
A via-láctea, como um pálio aberto,
Cintila. E, ao vir do sol, saudoso em pranto,
Inda as procuro pelo céu deserto.
Direis agora: "Tresloucado amigo!
Quê conversas com elas? Que sentido
tem o quê dizem, quando estão contigo?"
E vos direi: "Amai para entendê-las!
Pois só quem ama pode ter ouvido
Capaz de ouvir e entender estrelas."

Olavo Bilac

Ao meu Pai, e
a todos aqueles que
admiram o pôr-do-Sol e
apreciam o Céu Noturno.

ÍNDICE

SEÇÕES e TÓPICOS	PÁGINAS
RESUMO	1
1- INTRODUÇÃO	2
2- NATUREZA DA LUZ E ILUMINAÇÃO	5
Características e propriedades da luz	5
Características relevantes de uma fonte de luz	8
Iluminação	9
Conceitos e comentários	10
3- LENTES, OBJETIVAS E TELESCÓPIOS	13
Formação da imagem	13
Lentes	15
Objetivas	15
Telescópios	16
Características de lentes, objetivas e telescópios	17
Defeitos de lentes, objetivas e telescópios	22
Conceitos	24
4- EQUIPAMENTO	27
Astrocâmeras	27
Amplificador	34
Microdensitômetro	36
Outros	39
5- EMULSÕES	41
O que é emulsão fotosensível?	41
Características das emulsões	42
Filmes adotados	48
Papel adotado	50
6- SOLUÇÕES QUÍMICAS	51
Preparo de soluções	51
Revelação e reveladores	52
Reveladores adotados	54
Interrupção e interruptores	55

SEÇÕES e TÓPICOS	PÁGINAS
Banhos interruptores adotados	56
Fixação e fixadores	56
Fixador adotado	57
Outras	58
7- SENSITOMETRIA	60
Exposição, <u>E</u>	61
Transmissão, <u>T</u> , opacidade, <u>O</u> , e densidade <u>D</u>	62
A curva característica	66
Gradiente médio ou índice de contraste	69
Sensibilidade ou velocidade	70
Escala de luminosidades e de densidades	70
Análise da curva característica	71
Curva gama-tempo	76
Falha da reciprocidade	77
Curva característica para positivos	78
Escala de tonalidades	81
Reprodução tonal	81
8- PROCESSO FOTOGRÁFICO PRETO E BRANCO	82
Determinação da exposição	83
Determinação da revelação	83
Impressão de positivos	84
Análise	84
Métodos e procedimentos adotados	87
Notas	90
9- OBSERVAÇÃO ASTROFOTOGRAFICA	92
Noite astronômica	93
Altura do astro	94
Programação de observações	94
Fórmula para a exposição	95
10-LUA	97
Sistema de Zonas de Ansel Adams e procedimentos adotados	99

SEÇÕES e TÓPICOS	PÁGINAS
Calibração de sensibilidade efetiva	104
Calibração para revelação normal	113
Análise dos resultados das calibrações	128
Aplicação dos resultados na astrofotografia da Lua	131
11-SOL, PLANETAS E CONSTELAÇÕES	139
Método da Ação Conjunta da Exposição e Revelação do Filme	139
Sol	139
Planetas	148
Constelações	160
12-CONCLUSÕES	164
13-ASTROFOTOGRAFIAS	167
14-AGRADECIMENTOS	168
15-APÊNDICE	169
Nikon FE-2	169
Filmes	173
Endereços	180
16-REFERÊNCIAS	181

RESUMO

Basicamente, adaptou-se um corpo de câmera 35 mm, reflex e com fotômetro TTL, ao telescópio Refrator-Coudé do Observatório do Valongo- UFRJ a fim de obter reproduções fotográficas em preto & branco dos seguintes objetos celestes: Lua, Sol e os planetas Vênus, Marte, Júpiter e Saturno. Imagens de constelações foram conseguidas com a montagem simples denominada de câmera fixa.

As emulsões adotadas são comerciais, de fácil aquisição por amadores e profissionais, como exemplos, adotei o filme TRI-X e o papel Talbot. As soluções químicas empregadas foram clássicas e universais, o revelador D-76 e fixador F-5 são exemplos. O processamento de filmes foi feito na residência do autor e o de papéis, no laboratório fotográfico da Escola de Belas Artes- UFRJ.

Incluiu-se estudos sensitométricos das emulsões representados por dois métodos adotados para otimizar a obtenção de astrofotografias de qualidade tonal e com bastante informações sobre o objeto percebido. Na astrofotografia da Lua, apliquei o método do Sistema de Zonas desenvolvido e divulgado por Ansel Adams, e para os demais adotei o método empírico, denominado por nós, de a Ação Conjunta da Exposição e Revelação do Filme. Ambos métodos procuram uma calibração do instrumental óptico (astrocâmera e ampliador) com o material fotográfico (emulsões e reveladores), sistematizando a aplicação da técnica fotográfica.

Na aplicação do Sistema de Zonas, descobriu-se um experimento para determinar a sensibilidade efetiva de um filme. O filme TRI-X PAN ISO 400 apresentou sensibilidades de ISO 320 e de ISO 400 para duas astrocâmeras distintas.

No caso da Lua, basicamente, precisou-se revelar o filme acima do tempo normal e expor de acordo com a leitura de zonas a fim de proporcionar um contraste bom. Para o Sol, revelou-se muito e expôs-se abaixo da leitura do fotômetro, exagerando assim o contraste de imagem. Para planetas, fez-se o contrário, a revelação foi pouca e a exposição foi, relativamente, alta. No caso das constelações, aumentou-se o contraste com revelação.

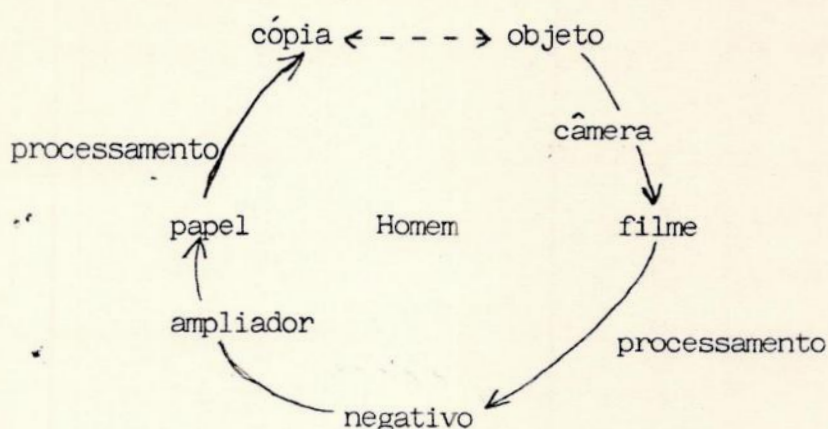
1- INTRODUÇÃO

Figura 1- Círculo Fotográfico

Seria interessante abordar, um pouco, o processo fotográfico como técnica e como tentativa de representar a "realidade", apontando as pectos filosóficos, artísticos e científicos.

O processo é apresentado no diagrama acima, denominado, por mim, de Círculo Fotográfico. Primeiramente, o objeto a ser fotografado é percebido pelos olhos humanos e, em seguida, usando uma câmera obtém-se sua imagem latente num filme a partir de uma exposição. O processamento desta imagem consiste, basicamente, na revelação, interrupção, fixação, lavagem e secagem do filme, proporcionando, assim, uma imagem negativa do objeto. Manuseando o negativo, sensibiliza-se outra emulsão (papel) fo tosensível com auxílio de um ampliador. Obtem-se, novamente, outra imagem latente que será processada de maneira similar e, finalmente, consegue-se a cópia reproduzindo o objeto percebido. Nota-se a presença constante do homem em todo Círculo que é, bastante, artesanal se pensarmos na fotografia p & b.

É de grande importância, que o fotógrafo domine a técnica en volvida no Círculo a fim de conseguir, de acordo com seu interesse, uma cópia final representativa do objeto.

A princípio, afirmaríamos que o objeto percebido é o objeto "real", porém, na verdade, ele é apenas uma imagem obtida pelo sentido visual humano. A imagem do objeto está sujeita, portanto, aos vícios perceptuais, subjetivos e culturais do homem.

A imagem final(reprodução positiva, no caso) representativa da imagem percebida do objeto dependerá do interesse de sua utilização. Os interesses são, basicamente, artísticos, científicos e educacionais.

No ramo da astronomia, o uso da fotografia revolucionou a obtenção de dados devido, principalmente, a sua capacidade temporal de acumular informações. Com auxílio desta técnica, pôde-se registrar espectro de estrelas, obter imagens de galáxias distantes e descobrir satélites em planetas do Sistema Solar. Tem sido usada até hoje apesar do advento de outros detectores de estado sólido. Basicamente, utiliza-se placas fotográficas(negativo) de emulsões específicas, telescópios determinados, assim como o emprego de filtros especiais e técnicas avançadas, tais como a hipersensibilização.

Neste trabalho, aplicou-se dois métodos da fotografia básica a fim de conseguir imagens de qualidade de objetos celestes, visto a peculiaridade dos mesmos. O Sistema de Zonas de Ansel Adams, aplicado para a Lua , visou uma calibração do instrumental óptico(astrocâmera e ampliador) com o material fotográfico adotado(emulsões e reveladores). O estudo empírico da ação conjunta da exposição e revelação do filme, aplicado para os demais, objetivou a determinação da exposição e revelação corretas para cada conjunto de objeto-câmera-filme.

A intenção central na obtenção da imagem final de cada objeto celeste foi buscar uma reprodução que contivesse a maior quantidade possível de informação e melhor qualidade tonal. Os aspectos estéticos e científicos para a utilização das astrofotografias foram colocados de lado neste Projeto, cuja preocupação maior foi o estudo da técnica fotográfica. Porém, a partir do domínio da técnica, as imagens dos astros po

derão ser direcionadas para ambos corpos de conhecimento.

Finalmente, pode-se dizer que as astrofotografias, aqui obtidas, poderão ser aplicadas, principalmente, no ramo educacional e de divulgação astronômica, em exposições e publicações. Pode-se, também, divulgar os métodos adotados e resultados obtidos, popularizando, assim, a astrofotografia básica em 35 mm em nosso país, como tem sido feito pelo executor.

2- NATUREZA DA LUZ E ILUMINAÇÃO

Como o próprio nome diz, a fotografia representa a escrita da luz. Portanto, é importante que se discuta algo sobre a natureza física deste fenômeno.

A luz tem sido objeto de estudo de muita especulação no decorrer da história da ciência. Atualmente, trata-se a luz como radiação eletromagnética interpretada por duas teorias físicas, a quântica e a ondulatória.

Na teoria quântica, a radiação é transportada por meio de pacotes ou quantuns de energia, os fótons, que carregam momento, p , e energia, E .

A teoria ondulatória interpreta a radiação como uma onda que transporta energia de um campo eletromagnético, E_c , possuindo comprimento de onda, λ , e frequência, ν .

Em resumo, a luz, que é radiação eletromagnética, possui uma natureza dual, ora é tratada como partícula, ora como onda. Os caracteres corpuscular e ondulatório da radiação são complementares, e as características de onda (λ, ν) se combinam com as características de partícula (E, p) por meio das expressões abaixo:

$$E = h \times \nu$$

$$p = h/\lambda$$

-Características e propriedades da luz-

- não necessita de um meio de propagação, podendo viajar no vácuo.

- a velocidade de propagação, c , só depende do meio físico e é constante no meio em questão. No vácuo, $c = c_0 = 2,998 \times 10^8$ m/s que é aproximadamente igual a 300.000 km/s. No ar, a velocidade é praticamente a mesma, no vidro, $c = \frac{2}{3} \times c_0$ e na água, $c = \frac{3}{4} \times c_0$.

- o comprimento de onda e frequência estão relacionados por $\lambda \times \nu = c$.

- pode sofrer reflexão e/ou refração na transmissão entre meios diferentes.

- pode sofrer o fenômeno da difração, absorção e espalhamento
- a propagação é retilínea na ausência de intensos campos gravitacionais.

- transporta energia eletromagnética e cinética (onda e fóton, respectivamente) e momento (fóton), além de exercer pressão de radiação, P_r , em superfícies.

- é originada a nível molecular, atômico e nuclear.

- sua intensidade é dada pela amplitude de onda, A .

- possui um espectro eletromagnético.

- é uma onda transversa composta, ou seja, os campos elétrico e magnético vibram perpendicularmente ao sentido de propagação. É uma onda plana onde os dois campos oscilam perpendicularmente entre si. Pode possuir polarização.

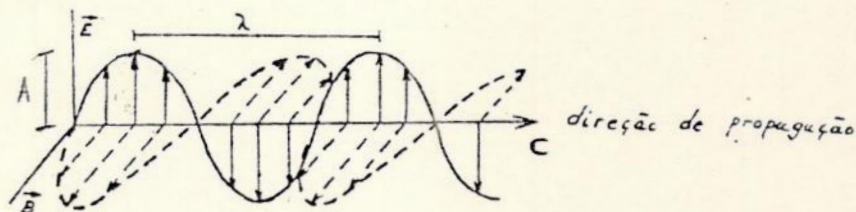


Figura 2- A onda eletromagnética.

\vec{E} : vetor de campo elétrico.

\vec{B} : vetor de campo magnético.

A : amplitude de onda.

λ : comprimento de onda.

c : velocidade de propagação.

Na fotografia, o termo luz é usado para designar a radiação compreendida no espectro visível e em regiões próximas ao visível, tais como o infravermelho e ultravioleta próximos. Porém, no senso comum luz é, somente, referida à radiação capaz de estimular a visão humana, melhor denominada de luz visível.

A luz visível corresponde a um restrito intervalo de radiação do espectro eletromagnético correspondendo a sensibilidade cromática do olho humano, que é, aproximadamente, localizada entre 4000 \AA e 7000 \AA onde podemos perceber as cores.

Para a fotografia, em geral, podemos dividir o espectro visível em três bandas ou cores primárias: o azul de 4000 Å a 5000 Å, o verde entre 5000 Å e 6000 Å e o vermelho de 6000 Å a 7000 Å. Contudo, uma separação mais detalhada, apresenta sete cores no total, ou seis: o azul, o cian, o verde, o amarelo, o magenta e o vermelho. A luz branca consiste na mistura de todas as cores do espectro visível, e também pode ser chamada de luz visível. A luz branca do Sol, que é a parte visível do espectro solar, se aproxima bastante dos limites em λ da luz visível.

Na natureza, as ondas eletromagnéticas nunca são perfeitamente monocromáticas, isto é, com λ bem definido. Na realidade, a radiação apresenta-se como uma superposição de ondas monocromáticas. Algumas ondas possuem comprimentos de onda menores que a luz visível e outras têm comprimentos de onda maiores. O espectro eletromagnético consiste no conjunto completo de ondas ordenadas em comprimento de onda ou frequência.

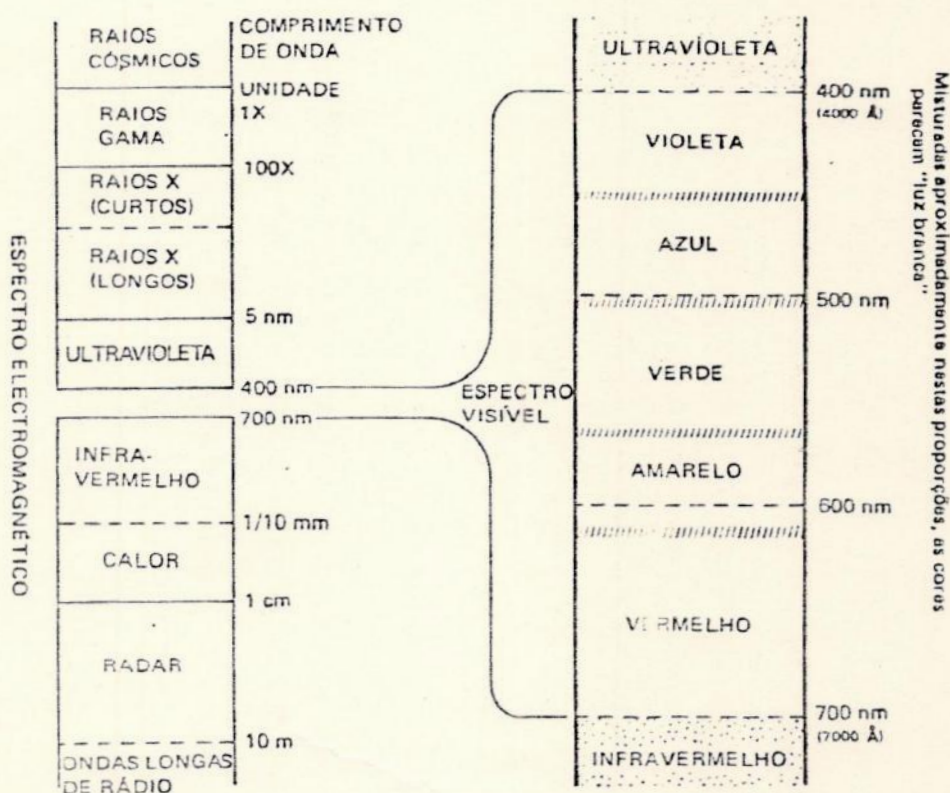


Figura 3- Os espectros, eletromagnético e visível.

- Características relevantes de uma fonte de luz -

-Qualidade espectral, que define como a radiação eletromagnética emitida pela fonte é distribuída no espectro. Pode ser expressa com precisão, de três maneiras: pela curva de distribuição espectral de energia, fotometricamente pela porcentagem de radiação emitida nas três bandas principais (azul, verde e vermelho) e pelo cálculo da temperatura de cor da fonte.

O método mais empregado na fotografia para definir a qualidade de espectral de uma fonte luminosa é a determinação de sua temperatura de cor. A temperatura de cor de uma fonte é a temperatura de um corpo negro ideal que emitiria radiação com a mesma distribuição espectral que a fonte irradia na região visível. Este corpo negro possuiria a mesma cor da fonte. A temperatura de cor é apresentada em $^{\circ}\text{K}$ e pode ser medida com instrumentos comerciais.

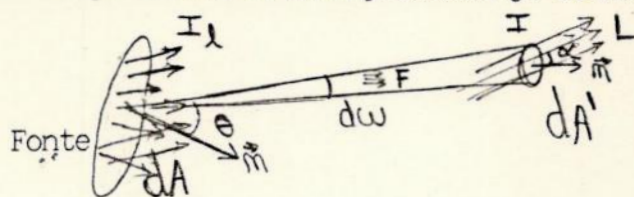
Para a fotografia p&b, o uso desta temperatura é limitado no trabalho prático, porém, pode ser levado em conta na sensitometria.

-Intensidade, fluxo e luminância, são características que estão relacionadas entre si. A intensidade, também chamada de intensidade luminosa, é a quantidade de luz emitida pela fonte por unidade de tempo. A intensidade, I_1 , é medida em unidades de candela. O fluxo de uma fonte é a intensidade luminosa medida por unidade de ângulo sólido, $d\omega$, e é dada em lúmens. A luminância consiste na intensidade por unidade de área, e sua unidade é $\text{candela}/\text{m}^2$. Existe outra grandeza relacionada com uma fonte, é a iluminação, I , proporcionada por ela. A iluminação é o fluxo luminoso da fonte por unidade de área medido na posição do objeto iluminado. Abaixo tais grandezas são expressas analiticamente:

Intensidade luminosa, I_1 , $I_1 = dE/dt$	candela(cd)
Fluxo luminoso, F , $F = I_1/d\omega$	cd.sr lúmen(lm)
Luminância, L , $L = I_1/dA \cdot \cos e$	candela/ m^2
Iluminação, I , $I = F/dA \cdot \cos \alpha$... $\text{lm}/\text{m}^2 = \text{cd.sr}/\text{m}^2$..	lux(lx)

As definições para intensidade específica e fluxo de radiação encontradas na astrofísica diferem dos conceitos de intensidade lu-

minosa e fluxo luminoso usados na fotografia. A intensidade específica intrínseca da fonte corresponde à iluminação da fonte, medida na própria fonte. O fluxo de radiação seria algo semelhante à luminância. Abaixo é feita uma conceituação das grandezas, I_1 , F , L e I , análoga aquela da astrofísica, complementando as expressões já citadas.



$$I_1 = dE/dt \text{ , na fonte}$$

$$F = dE/dw \cdot dt \text{ , " "}$$

$$L = dE/dA' \cdot \cos \alpha \cdot dt \text{ , no objeto}$$

$$I = dE/\cos \alpha \cdot dA' \cdot dw \cdot dt \text{ " "}$$

$$dE = I_e \cdot \cos \theta \cdot dA \cdot dw \cdot dt, I_e : \text{intensidade específica}$$

Figura 4- Grandezas I_1 , F , L e I .

Outra característica de uma fonte é sua dimensão física real, ou sua dimensão aparente ditada pela distância que a separa do objeto iluminado. Fisicamente, dizemos que as fontes são pontuais ou extensas. As pontuais proporcionam sombras duras no objeto enquanto que as extensas dão uma iluminação mais suave.

Constância, é apenas mais uma característica de uma fonte luminosa, existem outras tais como custo, eficiência e conveniência. Contudo, neste trabalho apenas as quatro primeiras são relevantes: a qualidade espectral, a intensidade de luz, a dimensão física e a constância. A constância da intensidade de luz e da qualidade espectral de uma fonte são desejadas no trabalho fotográfico, porém devemos saber trabalhar com uma fonte se ela possuir uma intensidade e temperatura de cor variáveis no tempo.

<u>Fonte</u>	<u>Temperatura de cor ($^{\circ}K$)</u>
Luz solar no crepúsculo	2000
Luz solar do meio-dia médio (Washington)	5400
Luz solar média (sol + céu)	6500
Luz do céu azul diurno	12000 a 18000

Tabela 1- Temperaturas de cor.

- Iluminação -

A iluminação de um objeto, ou cena, proporcionada por uma fonte de luz consiste no fluxo luminoso da fonte em questão que atravessa

uma unidade de área perpendicular à direção de propagação do feixe de luz, $dA' \cdot \cos \alpha$, medida na posição do objeto. Pode ser definida também, como sendo a intensidade luminosa emitida pela fonte, contida num elemento de ângulo sólido, atravessando uma unidade de área iluminada do objeto, normal ao sentido de propagação. Abaixo a iluminação, I , que é medida em lúmen/m^2 ou em lux, é expressa analiticamente; a figura 4 auxilia na compreensão.

$$I = F/dA' \cdot \cos \alpha = I_1/dw \cdot dA' \cdot \cos \alpha = dE/\cos \alpha \cdot dA' \cdot dw \cdot dt$$

Como podemos perceber, a iluminação produzida por uma fonte depende da intensidade luminosa intrínseca à fonte e da distância do objeto até a fonte. A iluminação é diretamente proporcional à intensidade e inversamente proporcional ao quadrado da distância, dada pela lei do quadrado do inverso.

Quando é feita uma exposição de uma emulsão fotosensível, a emulsão está registrando a iluminação que recebe. Portanto, a fotografia mede a iluminação de forma direta.

- Conceitos e comentários -

Luz natural - é, também, denominada de luz do dia. Consiste na luz proveniente do Sol, de forma direta, e do céu diurno e nuvens, de forma indireta. Entende-se por forma indireta, efeito conjunto da reflexão e espalhamento da radiação. A luz natural possui um espectro contínuo desde o ultravioleta próximo até o infravermelho próximo. Sua qualidade espectral e de intensidade variam no tempo, hora do dia e estação do ano, e no espaço, localização geográfica do lugar, além de depender das condições meteorológicas. Geralmente a temperatura de cor é usada para apontar sua qualidade, a tabela 1 fornece alguns dados a respeito.

Luz artificial - é denominada para toda luz que não é natural. Como exemplos, são consideradas fontes de luz artificial, a chama de uma vela, uma lâmpada de filamento de tungstênio, uma lâmpada fluorescente e um flash eletrônico. As fontes artificiais são mais estáveis e a temperatura de cor, também, dita a sua qualidade.

Tipos de iluminação -

Na astrofotografia, basicamente, trabalha-se com a iluminação natural, que pode ser classificada em:

- a) Luz solar direta
- b) Luz solar difusa- luz refletida e espalhada
- c) Uma combinação das duas acima

Escala de luminosidades-como já foi dito, a emulsão fotográfica recebe e mede a iluminação provinda de um objeto que é iluminado por uma ou duas fontes de luz. O objeto reflete a luz incidente de acordo com suas propriedades físicas. A luz incidente contém informações da fonte, intensidade e qualidade espectral, e a luz refletida além de trazer indiretamente estas características da fonte, carrega informações sobre o objeto. Informações tais como, textura, forma, volume, cor e brilho aparente. Na fotografia preto e branco, levamos em conta, a textura, a forma ou volume e a escala de luminosidades ou tonalidades. Qualquer objeto, que não for monotonal, possui áreas mais escuras, baixas luzes, áreas mais claras, altas luzes, e regiões com tonalidades médias, tons médios. É chamada de escala de luminosidades, a escala de tons contínuos observada no objeto que dependerá das características da luz incidente e das propriedades de reflectância de cada elemento de área da superfície do objeto.

Agora, a partir dos conceitos e definições para os tipos de fontes de luz e iluminação pode-se comentar algo a respeito dos objetos celestes de estudo neste projeto. Em primeiro lugar, gostaria de dizer que a temperatura de cor da fonte não foi levada em conta, pois tratei com emulsões de tom contínuo.

O Sol, como objeto fotografado, representa uma fonte extensa de luz natural de intensidade muito alta e qualidade espectral bem conhecida, sua temperatura de cor intrínseca corresponde a sua temperatura efetiva aproximadamente, 5800°K . É observado através da atmosfera como tendo fluxo luminoso e temperatura de cor variáveis devido à extinção atmosférica (absorção e dispersão da luz).

A Lua possui uma iluminação natural combinada, a luz direta do Sol e a luz solar refletida pela Terra (difusa) que incide na Lua. Po

rém, em certas fases da Lua podemos desprezar a iluminação difusa vinda da Terra. Possui uma escala de luminosidades , praticamente em tons de cinza, onde as altas luzes correspondem às crateras mais claras e as baixas luzes às regiões próximas ao terminador. Esta escala muda de acordo com a fase observada e depende da extinção atmosférica sofrida pela luz solar refletida de sua superfície.

Os planetas são basicamente iluminados pela luz do Sol e refletem parte de acordo com seu albedo. Vistos da Terra a olho desarmado aparecem como "fontes" pontuais de luz(refletida), ao telescópio apresentam diâmetro angular, possuindo escalas de luminosidades peculiares. Estas escalas são percebidas diferentemente de um instrumento para o outro e seu "brilho" aparente depende da época e instante de observação e da extinção da atmosfera terrestre.

As constelações e campos estelares extensos possuem as estrelas como fontes pontuais de luz "natural" e outros objetos, tais como nebulosas, galáxias e aglomerados, como fontes extensas de luz "natural". O céu noturno, também, apresenta iluminação difusa, a luz espalhada dos próprios objetos celestes e a luz artificial da cidade difundida na baixa atmosfera. A extinção, também, provoca alterações na luz dos objetos em questão. Portanto, a transparência do céu noturno dependerá do local e do instante de observação.

A fim de complementar dados em relação ao tipo de iluminação que um objeto recebe, é relevante citar que a iluminação direta proporciona sombras escuras, duras, e altas luzes bem claras no objeto. A iluminação difusa, ao contrário, suaviza o contraste entre as baixas e altas luzes. A analogia do tipo de iluminação com o tamanho da fonte é construtiva, geralmente, a iluminação direta provem de fontes pontuais e a difusa de fontes extensas.

O Sol, quando fotografado, é uma fonte extensa e para a Lua e planetas é considerado como sendo uma fonte pontual, os raios de luz incidentes são, praticamente, paralelos entre si. Agora, os planetas e a Lua , quando fotografados, podem ser considerados como "fontes" de luz refletida. Nesta seção, o termo fonte de luz foi apenas usado para designar fonte de emissão de luz.

3- LENTES, OBJETIVAS E TELESCÓPIOSFORMAÇÃO DA IMAGEM-

Basicamente, quando a luz interage com a matéria vários fenômenos podem acontecer. Estes fenômenos, alguns tratados pela óptica geométrica, são divididos em:

a) Absorção- a luz, que é radiação, quando atravessa um meio físico sofre perda ou ganho em sua intensidade específica, ou de maneira análoga, sua iluminação. A quantidade absorvida dependerá, diretamente, da dimensão linear do caminho percorrido, da intensidade incidente, da densidade material do meio, do coeficiente de absorção do meio, e do comprimento de onda da luz. A absorção pode ser parcial ou total, e seletiva ao λ ou não.

b) Reemissão- o meio físico de propagação pode ser estimulado pela radiação incidente, absorver uma parte e reemití-la de acordo com suas propriedades físicas. Exemplos, para isto, são os "lasers" e os "maser" que são fontes de radiação estimulada. O meio, também, pode emitir intrinsecamente, tal emissão depende de suas propriedades físicas; dimensão, densidade e coeficiente de emissão. Outra vez, a emissão ou reemissão pode ser seletiva ou não.

c) Reflexão- quando a luz incide sobre uma superfície, limite de separação entre dois meios físicos, pode ser refletida de volta. A reflexão é dada pelo ângulo de incidência, e características físicas dos dois meios, pode ser parcial ou total e não depende do comprimento de onda. Será difusa, se a superfície for irregular, e direta, ou especular, se a superfície for regular, onde o ângulo de incidência será igual ao ângulo de reflexão.

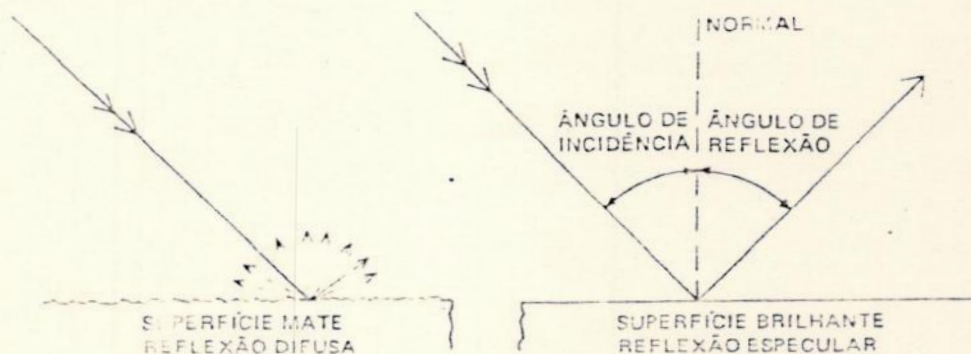
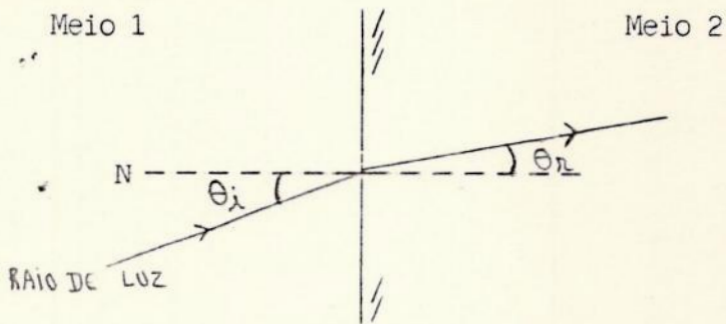


Figura 5- Reflexão da luz

d) Refração- se a luz atravessa uma superfície, certamente, sofrerá um desvio em sua trajetória, tal desvio é denominado de refração que é ditada pela lei de Snell. A refração, mais uma vez, dependerá das propriedades dos dois meios físicos(índice de refração, n), do sentido e direção da luz incidente(ângulo de incidência) e do comprimento de onda, λ , da radiação.



Lei de Snell ou Lei dos senos:

$$n_1 \cdot \text{sen} \theta_i = n_2 \cdot \text{sen} \theta_r$$

Figura 5- Refração da luz.

e) Dispersão- também chamada de difração. Ocorre por causa do efeito de refração, que depende do comprimento de onda, quando a luz atravessa meios diferentes, e ocorre quando a radiação passa por fendas de larguras de mesma ordem de grandeza de λ . Quando um feixe de luz policromática atravessa uma superfície e imersa num meio mais refringente, a luz de menor comprimento de onda é mais refratada, ou dispersa.

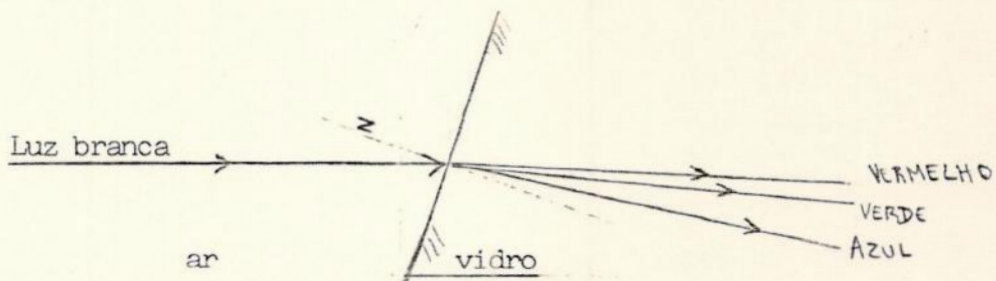


Figura 6- Difração e decomposição da luz branca.

f) Espalhamento- ocorre quando a radiação luminosa é transmitida num meio, de forma não direta, e sim de maneira difusa. A luz é espalhada em todas as direções, produzindo uma iluminação difusa. O espalhamento é devido à composição do meio físico e varia com o comprimento de onda também.

A partir dos fenômenos citados e manipulando os princípios da óptica geométrica, pode-se compreender a formação da imagem quando utilizamos uma câmera fotográfica, para registrar a imagem percebida de um objeto.

LENTE-

Uma lente consiste em um sistema de uma ou mais peças de vidro delimitadas por superfícies esféricas. São classificadas em: lentes simples, que possui um único componente, e lentes compostas, ou complexas, com vários componentes (elementos).

As lentes simples são divididas em dois tipos:

-convergentes, que concentram um feixe incidente de luz paralelo ao eixo óptico num ponto. Podem ser: meniscos convergentes, plano-convexas e biconvexas. São, também, chamadas de lentes positivas.

-divergentes, que espalham a luz de um feixe paralelo ao eixo a partir de um ponto, Podem ser: meniscos divergentes, plano-côncavas e bicôncavas, e são, também, chamadas de lentes negativas.

OBJETIVAS-

A definição para objetiva confunde-se com aquela para lente. Uma objetiva pode ser considerada como sendo uma lente simples ou uma lente composta, nas máquinas fotográficas, emprega-se, geralmente, objetivas (ou lentes) compostas. Contudo, as objetivas fotográficas e telescópios refratores são do tipo convergentes, pois formam imagens reais no plano do filme, no caso da fotografia. As imagens formadas por uma lente negativa, sempre, são virtuais, e a lente positiva é capaz formar os dois tipos de imagens.

As objetivas fotográficas são de três tipos:

Grande angular- que possui distância focal curta, ângulo de visão amplo, e distorce a imagem.

Normal- possui ângulo de visão aproximadamente igual à visão humana, distância focal média e, praticamente, não distorce a imagem.

Tele-objetiva- tem distância focal longa, campo de visão restrito e amplia as imagens.

Esta classificação depende do formato de filme que a câmera

suporta. Basicamente, esta classificação é ditada pela relação entre a distância focal da objetiva e a dimensão da diagonal do retângulo do negativo. Se a focal for menor que a diagonal, temos uma grande angular, se a distância focal for maior temos uma tele-objetiva, e quando as dimensões das duas são semelhantes, possuímos uma objetiva normal. A diagonal do negativo do formato 35 mm mede, aproximadamente, 43 mm.

TELESCÓPIOS-

Na astronomia, telescópios são instrumentos de coleta de dados, concentrando luz de uma fonte em seu foco. Geralmente, apresentam-se montados em abrigos, tais como as cúpulas.

Quanto à estrutura, possuem dois tipos básicos de montagens:

-altazimutais, com movimento em azimute e altura.

-equatoriais, com movimento em ascensão reta e declinação, e

podem ser do tipo:

"springfield"

.alemã

.inglesa

.forca

."cradle"

."horseshoe".

Quanto ao sistema óptico, são de dois tipos básicos que se subdividem:

-refrator, onde o elemento coletor é uma objetiva:

.luneta de campo, portátil

.telescópios de porte, tais como astrógrafo e "Coudé".

-refletor, cujo elemento coletor principal é um espelho, parabólico ou esférico:

.newtoniano- espelho parabólico

."Cassegrain"- idem

."Coudé"- idem

."Schmidt"- espelho esférico

."Schmidt-Cassegrain" ou "Maksutov"- idem

."Maksutov-Cassegrain"- idem.

Leite em contato com dentes

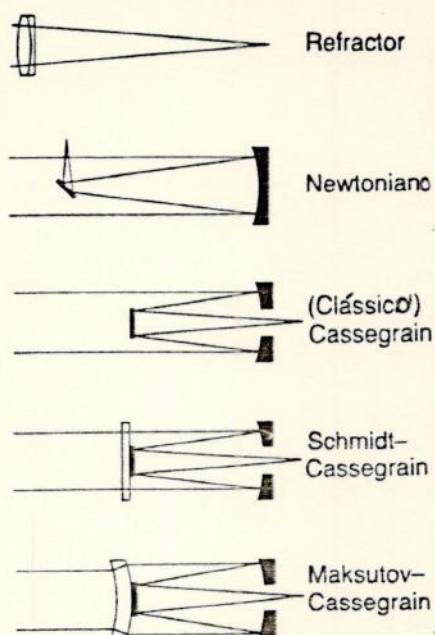


Figura 7- Cinco tipos de telescópio.

CARACTERÍSTICAS DE LENTES, OBJETIVAS E TELESCÓPIOS-

São apresentadas, sumariamente, a seguir características relevantes inerentes às lentes e objetivas e, também, aos telescópios. A figura abaixo ajuda na compreensão de alguns conceitos.

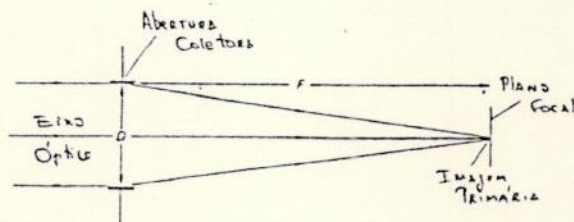


Figura 8- Esquema simples de um telescópio.

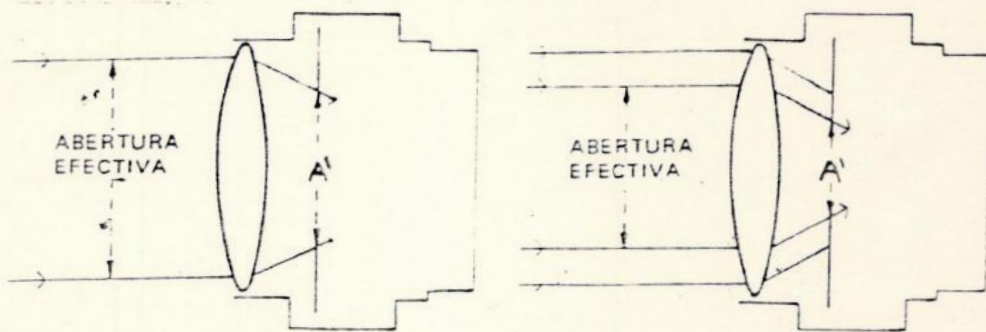
-Plano focal, é o plano onde a imagem de um objeto muito distante é formada. Este plano é perpendicular ao eixo óptico da lente e o ponto de intersecção dos dois é denominado de ponto focal principal, ou, simplesmente, foco, que pertence ao plano focal.

-Distância focal, consiste na distância entre o centro óptico da lente ou objetiva e seu respectivo plano focal, é designada pela letra, F.

junto modal

↳ quando o objeto está no infinito

-Diâmetro ou abertura, representa o diâmetro do feixe de luz paralelo ao eixo óptico da objetiva que incide sobre ela e preenche a abertura dada pelo diafragma. É melhor chamado de diâmetro ou abertura e-fetiva, D, sendo diferente do conceito de abertura física (máxima) da objetiva ou lente.



A' diâmetro do diafragma.

Figura 9- Abertura efetiva.

- Relação focal, razão focal, número f/, ou abertura relativa, é a razão aritmética entre a distância focal, F, e o diâmetro e-fetivo, D, de uma objetiva.

$$f/ = F/D$$

- Luminosidade, ou velocidade de uma objetiva é uma propriedade importante que depende de outras propriedades tais como, geometria das lentes, poder de transmissão dado pela transparência do vidro, e, finalmente da abertura relativa. Geralmente, as lentes mais luminosas, ou rápidas, são aquelas cuja relação focal é pequena. Definindo melhor, a velocidade de uma objetiva representa sua abilidade de transmitir luz do objeto até o plano focal, e, também, dependerá, indiretamente, das perdas de luz em seu interior.

-Escala de imagem, também chamada de escala de placa, ou escala no plano focal, está relacionado com a ampliação de imagem obtida no plano focal. Consiste na relação entre a dimensão angular de um objeto, e, e a sua correspondente ampliação, s, no plano focal, expressa pelas fórmulas, a seguir:

$$s = F \cdot \text{Tg}(e)$$

$$de/ds = \frac{1}{F} \cdot \sec^2(e)$$

*considero se o objeto estiver no infinito
se não F ser substituído por distância
me fonde da ampliação*

$de/ds \approx 1/F$, quando $e \rightarrow 0$

de/ds ("/mm) $\approx 206265/F$, usado na prática astronômica.

de/ds : escala de placa.

F, distância focal .

Pode-se perceber que a escala de imagem só depende da distância focal da objetiva da câmera ou telescópio.

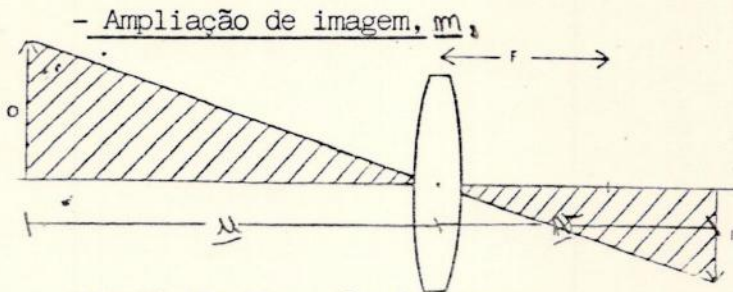


Figura 10- Formação da imagem.

O: objeto, I: imagem respectiva (dimensões) ,

F: distância focal,

u: distância do objeto até a lente,

v: distância da imagem até a lente

f: ponto focal

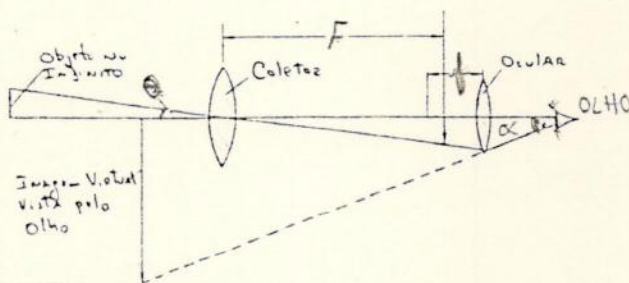
Fórmula óptica clássica: $\frac{1}{u} + \frac{1}{v} = \frac{1}{F}$

Ampliação ou razão de reprodução, m , $m = \frac{I}{O} = \frac{v}{u}$, na astronomia, esta fórmula não é prática, pois a distância dos objetos são e normes tendendo ao infinito, relativamente ($u \gg F$). O plano onde as imagens de objetos distantes, $u \gg F$, são formadas é definido como plano focal. Para telescópios, a ampliação é definida a partir de outra fórmula:

$$m = \frac{e}{\alpha} = \frac{F}{f} = \frac{D}{d}$$

e: diâmetro angular do objeto

α : diâmetro angular da imagem percebida pelo olho através de uma ocular.



F: distância focal de objetiva
 f: dist. focal da ocular
 D: diâmetro de objetiva
 d: " da ocular

Figura 11- Uso visual de um telescópio.

- Campo de visão, depende da distância focal e do formato de película, quando trata-se de uma câmera ou astrocâmera. Corresponde ao tamanho angular da área total observada através do visor ou ocular. É calculado a partir da expressão seguinte:

$$e = \text{arctag}(s/F), \text{ onde } F: \text{distância focal}$$

s: dimensão linear no plano focal

e: dimensão angular correspondente.

O formato 35 mm, possui uma dimensão de 24 x 36 mm, cuja diagonal mede aproximadamente 43 mm. Quando trabalha-se com o formato de filme fixo, o campo de visão só depende de F. O conceito de ângulo de visão é também usado e tal ângulo representa dimensão angular da diagonal do negativo.

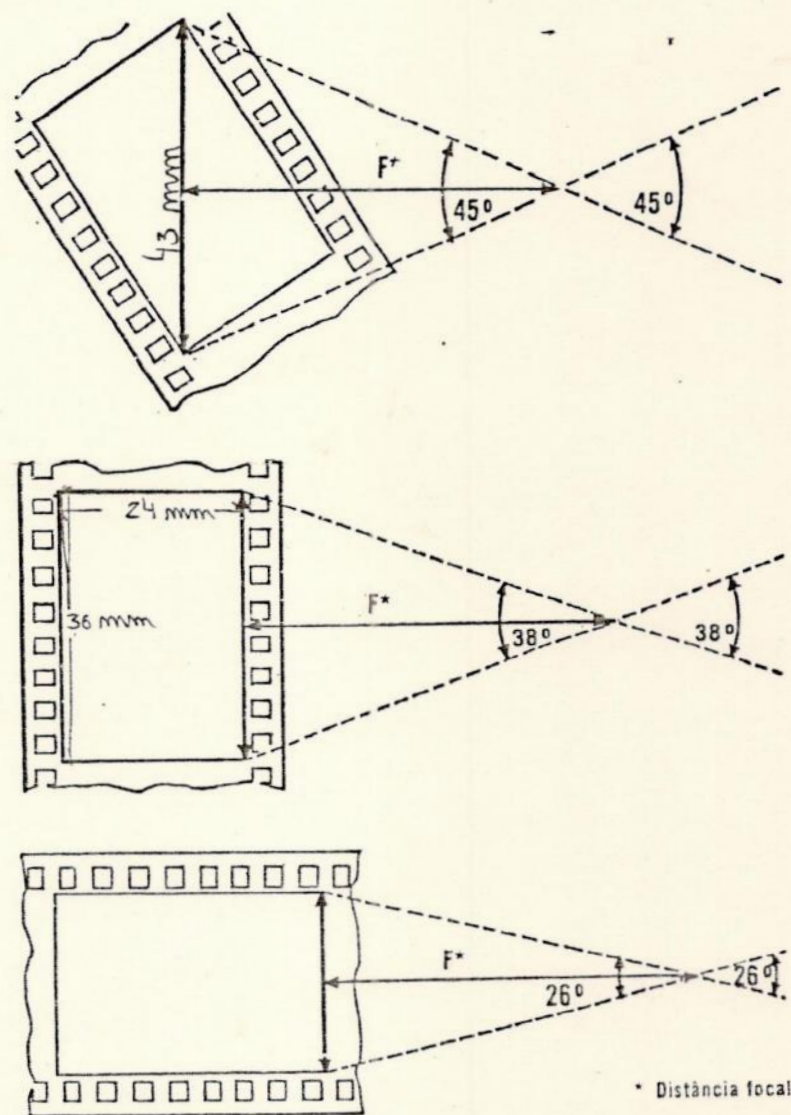


Figura 12- Campo de visão e ângulo visual de uma normal para

35 mm.

-Poder de cobertura de uma lente ou objetiva mede o grau de diminuição da iluminação do círculo projetado de luz. O limite do círculo de iluminação depende das aberrações da objetiva, assim como, o limite do círculo de boa definição, que se encontra bastante próximo ao eixo óptico do sistema de lentes. O negativo deve se encontrar dentro deste último círculo a fim de fornecer boas imagens.

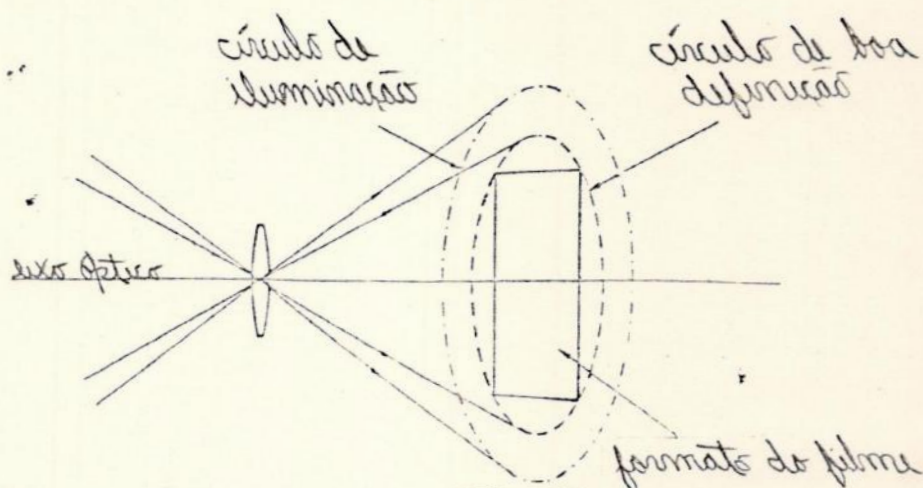


Figura 13 - Poder de cobertura de uma lente.

-Profundidade de campo e profundidade de foco, são duas características importantes para se obter uma imagem nítida. A profundidade de campo é a distância medida na cena a ser fotografada cujos pontos mais próximos e distantes reproduzirão uma imagem de nitidez aceitável no plano focal. A profundidade de foco é o intervalo de distância medido no eixo óptico onde poderá se obter imagens com nitidez tolerável. As duas profundidades representam graus de liberdade para se conseguir uma boa definição de imagem, e, basicamente, aumentam quando a distância focal diminui, o número $f/$ aumenta e/ ou o objeto encontra-se distante.

-Perda de luz por reflexão e absorção interna -, as perdas de luz dentro de uma objetiva e, também, de uma câmera, provoca uma redução na iluminação e contraste da imagem formada. Tais perdas são devido à absorção de luz pelos componentes da objetiva e às inúmeras reflexões nas superfícies das lentes. O estado de conservação da objetiva também contribui.

-Cobertura, consiste no revestimento superficial dos componentes de uma objetiva a fim de reduzir as reflexões. Geralmente, empre-

ga-se uma fina camada de um fluoreto, porque possui um índice de refração apropriado, é capaz de formar camada fina e uniforme e adere muito bem ao vidro. A cobertura de uma lente, aumenta sua velocidade.

-Número T, é um conceito novo, análogo ao número f/, que visa definir melhor a rapidez, ou luminosidade, de uma objetiva, porque a razão focal efetiva não determina bem tal característica por causa das perdas internas de luz. A transmissão de uma ^{LENTE} nunca é 100 %. O número T representa a medida de quantidade de luz transmitida pela lente em relação a transmissão de uma lente ideal. É medido fotometricamente, levando em conta a geometria e transmitividade da objetiva.

-Variação da iluminação no plano focal-, como já foi dito, a iluminação no plano de foco diminui do centro para as extremidades e é indicado pelo poder de cobertura da lente. O decréscimo da iluminação ocorre devido à vinhetagem e à "lei do \cos^4 ". A vinhetagem é devido ao corte dos raios de luz oblíquos, que não atingem o plano focal provocando sombras nas bordas do campo, sua causa é a construção geométrica das lentes. A lei do cosseno a quarta diz que a iluminação decai proporcionalmente à 4ª potência do cosseno do ângulo de incidência, é um efeito próprio da iluminação e da geometria das lentes e não consiste num defeito.

DEFEITOS DE LENTES, OBJETIVAS E TELESCÓPIOS

-Aberração cromática, é a deficiência da lente em não focar a luz de diferentes comprimentos de onda num mesmo ponto. Ocorre porque o índice de refração de qualquer material constituinte das lentes varia com λ . Na prática da fotografia p&b, faz surgir imagens ligeiramente desfocadas.

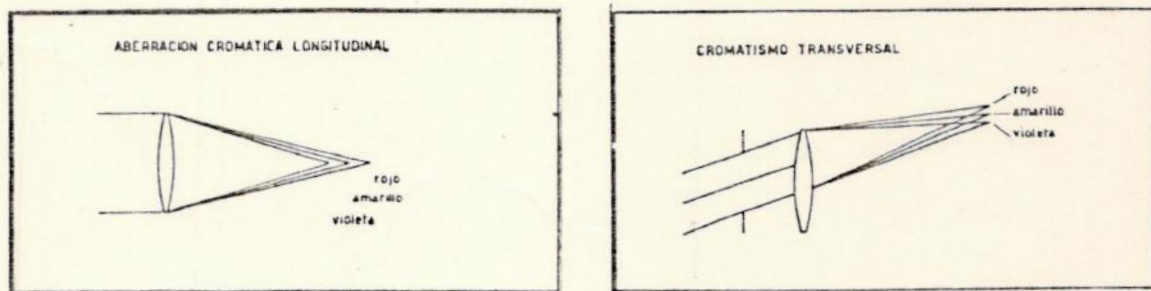


Figura 14-Aberração cromática.

Aberração esférica, é o espalhamento do ponto focal, ou plano focal, devido aos raios de luz paralelos e distantes do eixo óptico, que não possuem o mesmo foco. Em outras palavras, a distância focal também depende da distância do raio ao eixo da lente. Esta aberração não pode ser corrigida, totalmente, para as lentes e espelhos esféricos, apenas ser reduzida pela escolha adequada dos raios de curvatura das superfícies. Estas duas aberrações citadas afetam toda área do plano focal da imagem, os defeitos seguintes não estão presentes no centro do campo da imagem, são ditos erros oblíquos.

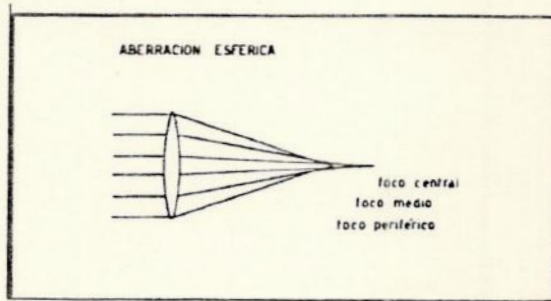


Figura 15 Aberração esférica.

Curvatura de campo, é o defeito que proporciona uma superfície focal curva e não exatamente plana como é idealizado. É mais acentuado em regiões distantes do centro do campo.

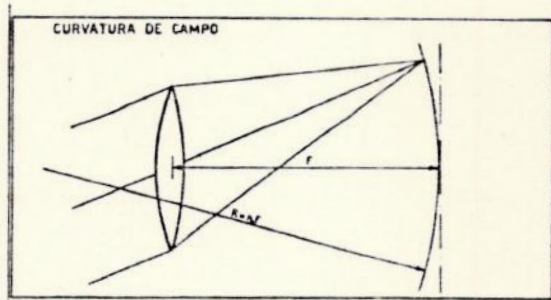


Figura 16 Curvatura de campo.

Coma, ocorre em pontos distantes do eixo da objetiva no plano da imagem, formando pontos difusos em forma cometária.

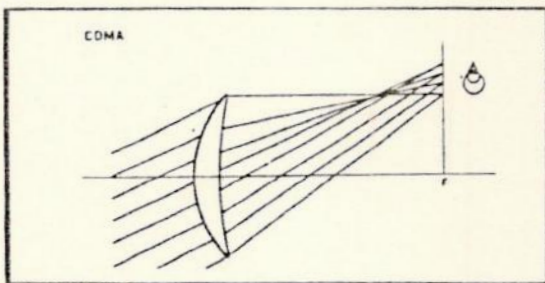


Figura 17-Coma

- Astigmatismo, é o defeito que desfoca, em forma de cruz, a imagem de um objeto pontual, que está fora do eixo da objetiva.

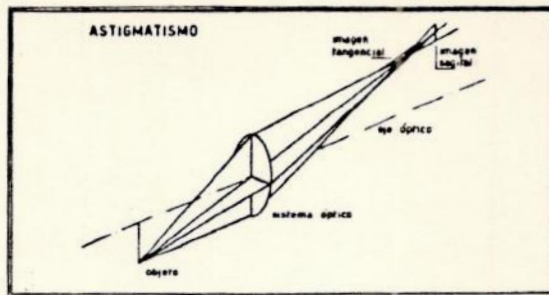


Figura 18-Astigmatismo.

- Distorção, neste caso, a escala de imagem varia ao longo do plano focal, principalmente, nas extremidades do campo.

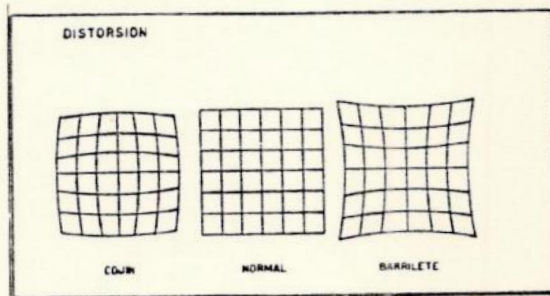


Figura 19-Distorção de campo.

- Difração, é o fenômeno que dispersa a luz em diferentes comprimentos de onda e em graus distintos quando, por exemplo, atravessa fendas estreitas. Na formação da imagem, produz círculos finitos de luz para fontes pontuais. Ocorre muito na obtenção de imagens estelares, no caso da astronomia óptica, onde 84% da energia da imagem se concentra no disco central, que é chamado de disco de Airy e seu diâmetro é dado por:

$$d = 2,44 \times \lambda \times \frac{F}{D} \quad , \quad d: \text{diâmetro do disco de Airy}$$

$$F/D = f \quad : \text{razão focal efetiva e } \lambda: \text{comprimento de onda}$$

CONCEITOS

O poder de resolução fornecido por uma objetiva de câmera ou telescópio, que é definido como a habilidade de separar pontos angularmente próximos, depende de todos defeitos referentes às lentes, porém, é fortemente ditado pelo efeito (defeito) da difração. Por exemplo, é comum definir o poder de resolução teórico de um telescópio como sendo dado pelo disco de Airy, e expresso por:

$$\alpha = 1,22 \cdot \lambda / D \quad , \quad \alpha: \text{dimensão angular do raio do disco de Airy (em rad).}$$

D: abertura efetiva do telescópio.

A definição de imagem, comumente chamada de nitidez, conseguida na fotografia depende de diversos fatores ligados às objetivas, às emulsões e aos processamentos delas, que ocorrem em todo processo fotográfico desde a exposição do filme até a ampliação final. Em relação às lentes, dependerá de suas características ópticas-geométricas e do conjunto total de seus defeitos. Quanto aos filmes, será dependente de suas qualidades, por exemplo, a granulação e de sua respectiva revelação, basicamente, e que, juntas, influenciarão na definição do positivo ampliado.

A fotografia astronômica representa, apenas, uma técnica adotada para a obtenção de dados na área da astronomia óptica, sendo a placa fotográfica seu respectivo detector de radiação. Outros detectores são usados, como, por exemplo, a válvula fotomultiplicadora, as matrizes de estado sólido (CCD e Reticon), os intensificadores de imagem e, antigamente o olho humano.

A visão humana assemelha-se bastante ao processo fotográfico onde o olho seria a câmera e o cérebro representaria o processamento das imagens percebidas. Basicamente, o olho do ser humano consiste de uma pupila, que regula a entrada de luz (diafragma), uma lente, o cristalino, e uma região fotosensível, a retina, onde se forma a imagem. A sensibilidade cromática relativa do olho parece ter^{se} adaptado, de acordo com a evolução da espécie, à qualidade espectral da nossa fonte principal de luz (e natural), o Sol, principalmente, na região espectral de maior irradiação solar.

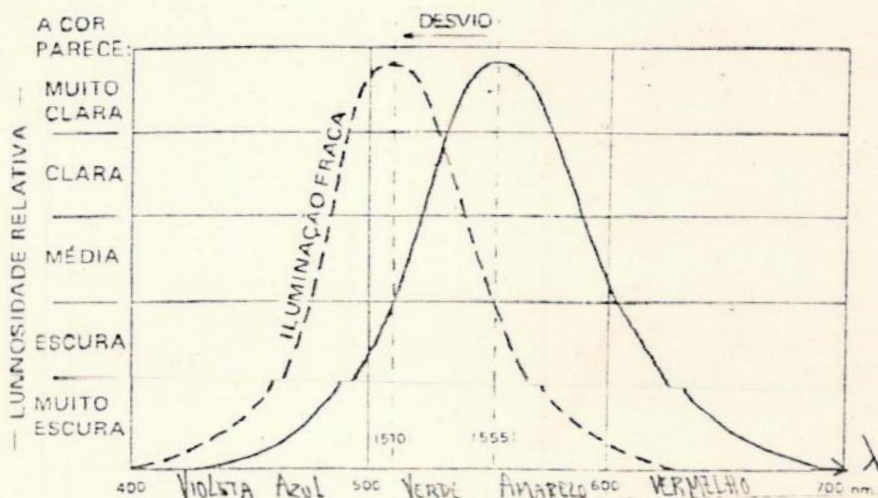


Figura 20- Curvas de sensibilidade cromática do olho.

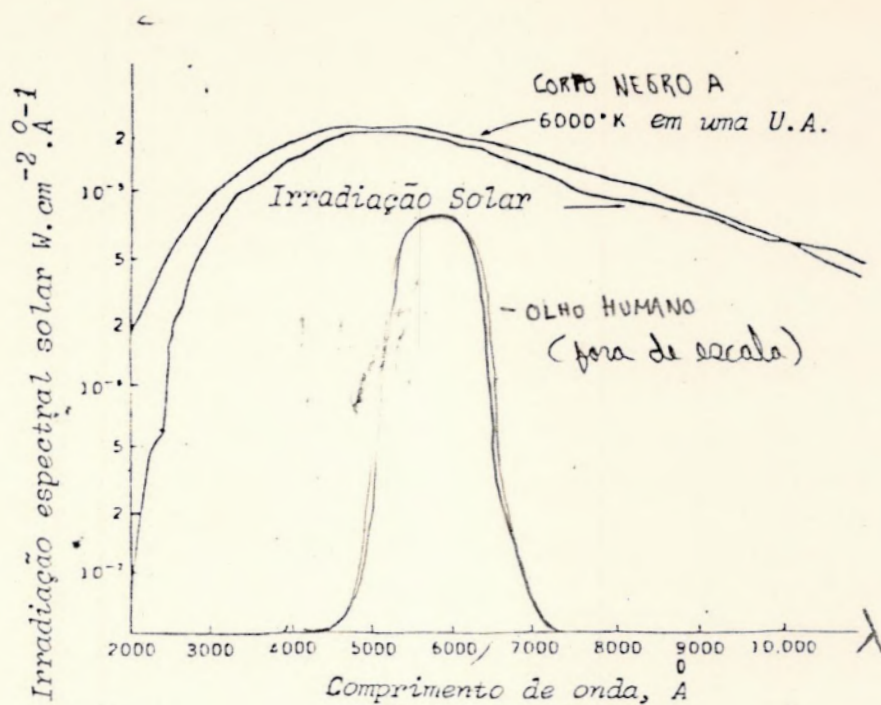


Figura 21- Curva espectral solar, de um corpo negro ideal e sensibilidade cromática do olho.

Como curiosidade, o poder de resolução do olho humano é, em média, 1 minuto de arco. Para propósitos fotográficos, basicamente, na percepção de imagens de contrastes médios, o limite de resolução aumenta para 3 minutos de arco, que representa a capacidade de perceber uma parte em mil (1: 1000).

4- EQUIPAMENTOASTROCÂMERAS-

Basicamente, a construção de uma astrocâmera assemelha-se bastante com a das câmeras fotográficas. Portanto, possui um coletor óptico de luz, uma objetiva ou espelho, estruturado numa montagem específica, um sistema óptico secundário formado por lentes e/ou espelhos, um chassi onde se coloca o filme, um obturador, frequentemente de plano focal, e, às vezes, um diafragma regulando a entrada de luz, sem esquecer do visor e do sistema de focalização. Assim como, existem diversos tipos de máquinas fotográficas de uso amador e profissional, há muitos tipos de câmeras astronômicas, como, o astrógrafo usado na astrometria e a câmara "Schmidt" de uso quase que exclusivo à fotografia (campo corrigido de até 5°).

A câmara mais utilizada na astrofotografia amadora é a do tipo mono-reflex de formato 35 mm, tendo uso bastante versátil, desde a fotografia de constelações até planetas, pode ser facilmente acoplada em qualquer telescópio. Como a visão do objeto dá-se através do visor, é de fácil focalização visual.

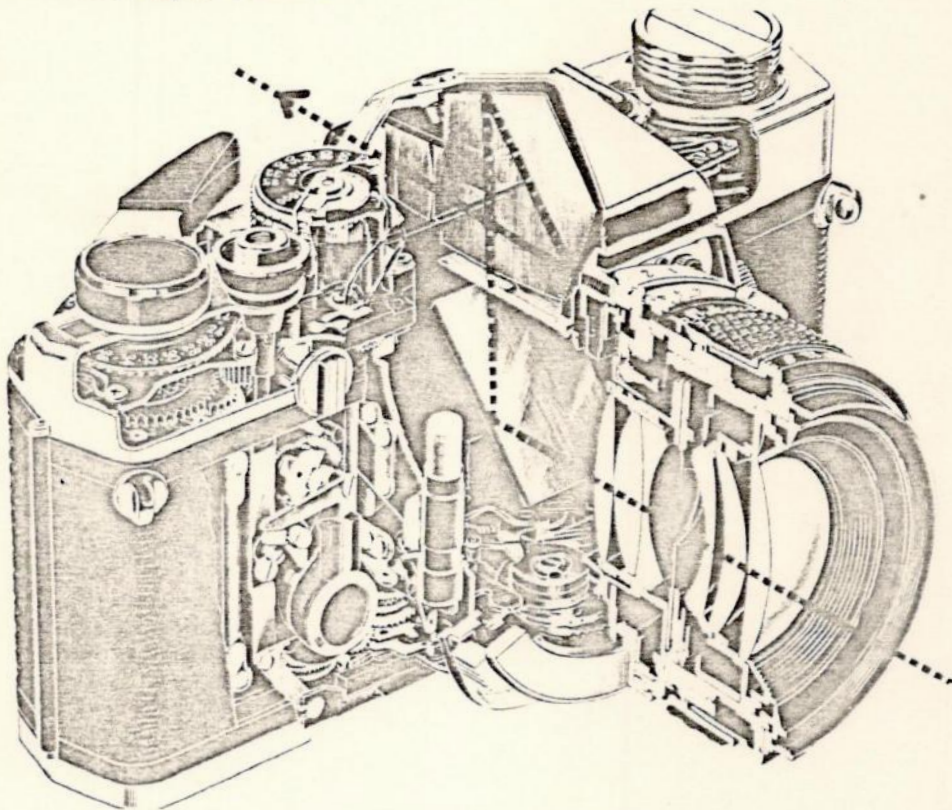


Figura 22- Câmera mono-reflex 35 mm.

O equipamento básico para a construção das astrocâmeras adotadas aqui consistiu:

- num corpo de máquina mono-reflex 35 mm, fabricante NIKON, tipo FE-2 cujas características relevantes são apontadas abaixo
 - .eletronicamente controlada, com obturador de plano focal.
 - .montagem, de objetiva, a baioneta Nikon
 - .três modos para a velocidade de obturação: A- automático, M250- 1/250 mecânico e B- para longas exposições ;multiexposições são possíveis.
 - .16 velocidades de obturação, de 8 s a 1/4000s, controladas a quartzo com possibilidade de disparo automático
 - .tela de focalização tipo Matte/ Fresnel, com anel de micro-prisma e disco central de deslocamento de imagem para auxiliarem na focalização
 - .fôtometro de leitura através da lente(TTL), cuja leitura é central, aproximadamente, numa área de 12 mm de diâmetro do visor e é feita por dois fotodiodos de silício(SPD's)..e é dada na escala de veloc.
 - .intervalo de sensibilidade de filme de ISO 12 a ISO 4000
 - .e de peso aproximadamente de 550 g.
- numa objetiva normal, marca Nikon Series E, de distância focal de 50 mm e relação focal de 1: 1.8 .
- num teleconversor (x2), marca Marexar para Nikon AI, que duplica a distância focal da objetiva onde é acoplado reduzindo, porém, a luminosidade(razão focal) efetiva. É similar a uma lente Barlow, negativa.
- num cabo disparador de metal
- num transversor de baioneta para rosca, Nikon, usado para encaixar o corpo de máquina no anel adaptador abaixo. Todos instrumentos até agora citados são de fabricação japonesa.
- num anel, especialmente fabricado sob encomenda num torneiro mecânico e pintado de tinta fosca preta em seu interior, para a adaptação do corpo da máquina ao telescópio descrito adiante . Todo instrumental, citado até aqui, é de propriedade do autor.
- = num tripé, marca VIOLA- Japão, do patrimônio da UFRJ.
- num filtro solar espelhado, tipo Sph 150, que reflete

99,99 % da luz incidente(fator de filtro = 10000 x), acessório do telescópio Coudé(OV- UFRJ)

- e, finalmente no telescópio refrator tipo Coudé, instalado no Observatório do Valongo* UFRJ cujas características principais são:

- . montagem equatorial, tipo alemã, marca ZEISS JENA
- . apontamento com círculos de ângulo horário e declinação
- . precisão no apontamento de 10 min em ângulo horário e de 10' em declinação, com respectivas estimativas de 1 min e 2'
- . calagem manual
- . guiagem manual
- . acompanhamento elétrico para o movimento diurno dos astros

com possibilidade de ajuste visual- manual

- . possui rotação axial
- . possui jogo de oculares removível
- . sistema óptico refrator coudé
- . diâmetro da abertura igual a 150 mm
- . distância focal = 2250 mm
- . relação focal = f/ 15
- . escala de imagem no plano focal = $91,7''/\text{mm} = 1,5/\text{mm}$
- . diâmetro do campo útil =
- . focalização visual-manual a vernier
- . não possui luneta procuradora nem telescópio de guiagem
- . *coordenadas geográficas:

longitude, = $2^{\text{h}} 52^{\text{min}} 44,66^{\text{s}}$ (oeste)

latitude, = $- 22^{\circ} 53' 51''$ (sul)

A fim de conseguir fotografias de constelações e campos estelares, usou-se o corpo Nikon 35 mm com sua respectiva objetiva normal, além do teleconversor, montado no tripé citado sem qualquer tipo de acompanhamento para o movimento aparente dos astros. Tal montagem é denominada de câmera fixa. Abaixo, estão descritas, duas astrocâmeras conseguidas:

- N 1- corpo Nikon FE-2 com objetiva normal Nikon Series E. F= 50 mm, razão focal fixada a f/ 1.8 . Dimensão do campo visual:

27,0° x 39,6°. Escala de placa = 1,15/mm .

- N 2- corpo Nikon FE-2 com teleconversor(x2) Marexar e objetiva normal Nikon Series E montado no tripé Viola. Razão focal fixada a $f/ 3.6$, $f/1.8 \times 2$, $F = 100$ mm. Dimensão de campo visual: 13,7° x 19,8°. Escala no plano focal = 34',4/mm .

Nestas duas astrocâmeras de montagem fixa, o uso do cabo disparador torna-se imprescindível. Abaixo, é mostrado um desenho de tal tipo de montagem astrofotográfica e como ocorre a distorção em campos extensos. O uso de um pára-sol é aconselhável para eliminar a luz espúria.

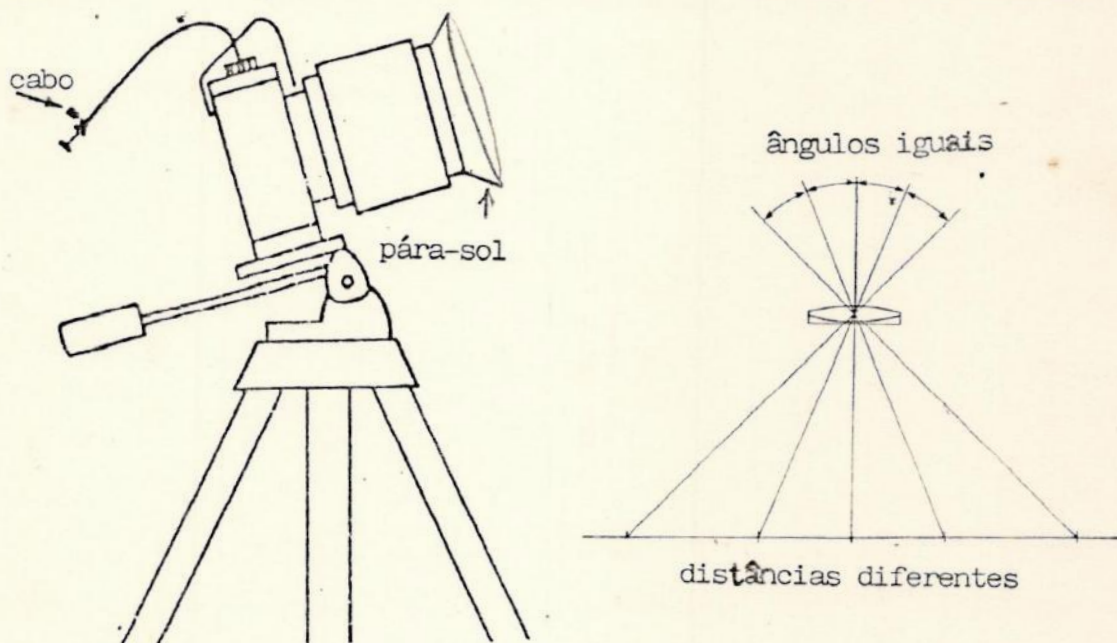


Figura 23- Câmera fixa e distorção de campo respectiva.

Para obter fotografias dos demais objetos celestes, usou-se o mesmo corpo de máquina 35 mm acoplado, por meio do transversor e do anel adaptador, ao telescópio Coudé. Abaixo, são definidas mais duas astrocâmeras:

- A 1- corpo Nikon FE-2, com transversor e anel de adaptação acoplado no plano focal do telescópio Coudé. Distância focal efetiva, $F = 2250$ mm e razão focal efetiva, $f/ 15$. Tipo de acoplamento: foco primário. Dimensão de campo: 36' x 55'. Escala de imagem: 1',5/mm.

- A 2- corpo Nikon FE-2 e teleconversor(x2) Marexar, com transversor e anel de adaptação, acoplados ao telescópio Coudé. Distân-

cia focal efetiva, $F = 4500$ mm, e razão focal efetiva, $f/30$. Tipo de acoplamento: projeção negativa. Dimensão de campo: $18' \times 27'$. Escala de imagem: $46''/\text{mm}$.

A astrocâmera A 1 foi usada para se fazer fotografias do Sol e da Lua, enquanto a A 2 foi utilizada para o Sol, a Lua e os planetas, Vênus, Marte, Júpiter e Saturno em vista da sua maior ampliação de imagem. No caso do Sol, usei o filtro solar Sph 150, colocado na parte frontal da objetiva do telescópio. Abaixo, são mostradas as duas configurações ópticas feitas neste projeto.

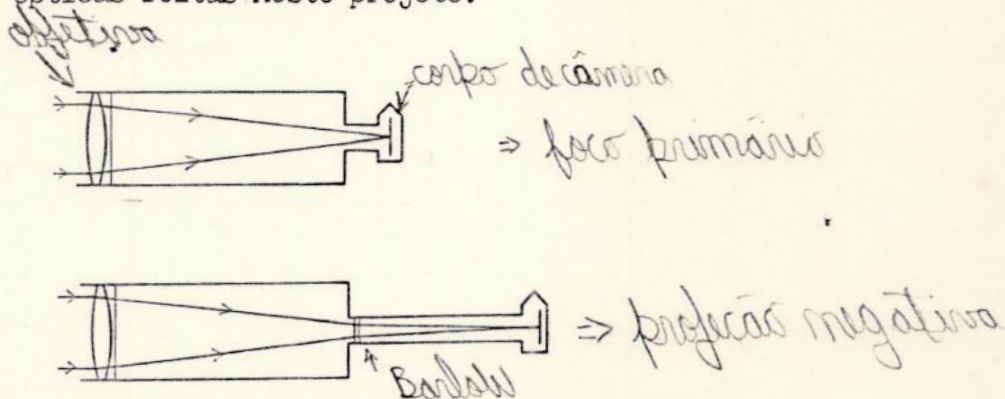


Figura 24- Foco primário e projeção negativa.

Existem outras maneiras de acoplamento de máquina fotográfica a um telescópio. Além daquelas citadas, há três outras configurações básicas para a astrofotografia, são elas, a montagem afocal, a projeção de ocular e a compressão, cada uma proporcionando vantagens e desvantagens em relação ao aumento, iluminação e distorção da imagem. Não é de interesse adentrar em detalhes, contudo, é mostrado a seguir esquemas de las.

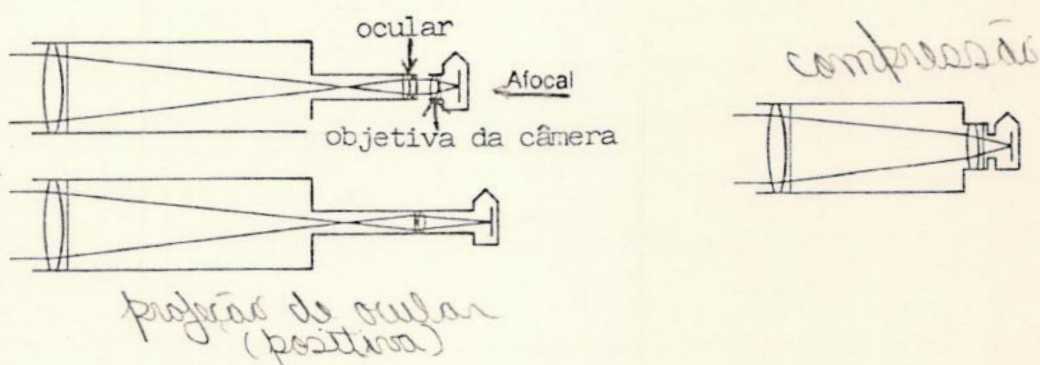


Figura 25- Outras configurações ópticas da astrofotografia.

O motivo da escolha em montar os acoplamentos de foco primário e de projeção negativa foi devido a disponibilidade do material, anel adaptador e teleconversor, pelo autor.

Na projeção negativa, dois tipos de lentes são usados, a lente Barlow, projetada originalmente para uso visual em telescópio, e o teleconversor para uso com tele-objetiva de câmeras. Contudo, os teleconversores têm sido adotados em montagens com telescópios, proporcionando bons resultados (Covington, M. A., 1985- pag.65). Se o teleconversor é montado no corpo da câmera da maneira usual, como foi feito nas astrocâmeras A2 e N2, obtém-se um fator de aumento igual aquele indicado por seu fabricante (x2, x3, ...). O fator de aumento é que determinará a distância focal e número f/ efetivas da montagem.

O aumento estimado para a astrocâmera A1 é de 46 vezes, sendo possível com seu uso obter negativos contendo o disco lunar, ou solar por inteiro, que têm, aproximadamente, $0,5^\circ$, ou 30' de arco, de diâmetro angular. A A1 foi destinada, portanto, às observações das fases da Lua e do Sol, como um todo, em dias diferentes. Para estimar o aumento da astrocâmera A2, basta, apenas, duplicar aquele da A1, ou seja, a estimativa é de 92 vezes. A A2 foi usada para as observações fotográficas das crateras e mares da Lua, manchas solares e dos discos planetários, sendo possível para Júpiter, a detecção do movimento de seus quatro satélites galileanos.

Todos os defeitos citados na seção anterior estão presentes na maioria das objetivas em diferentes graus de influência na formação e definição da imagem. Neste trabalho, verificou-se um tipo de vinhetagem na astrocâmera A2, devido ao uso conjunto do anel adaptador e do teleconversor (x2) que provocaram um sombreamento nas bordas do campo visual. Porém, isto não atrapalhou em nada porque os planetas, sempre, foram fotografados em regiões centrais do campo assim como as manchas do Sol. Somente para a Lua, os cantos dos negativos não foram incluídos nas ampliações positivas.

Na outra página é apresentado um esquema do telescópio Coudé Refrator 150/2250 instalado no Observatório do Valongo- UFRJ.

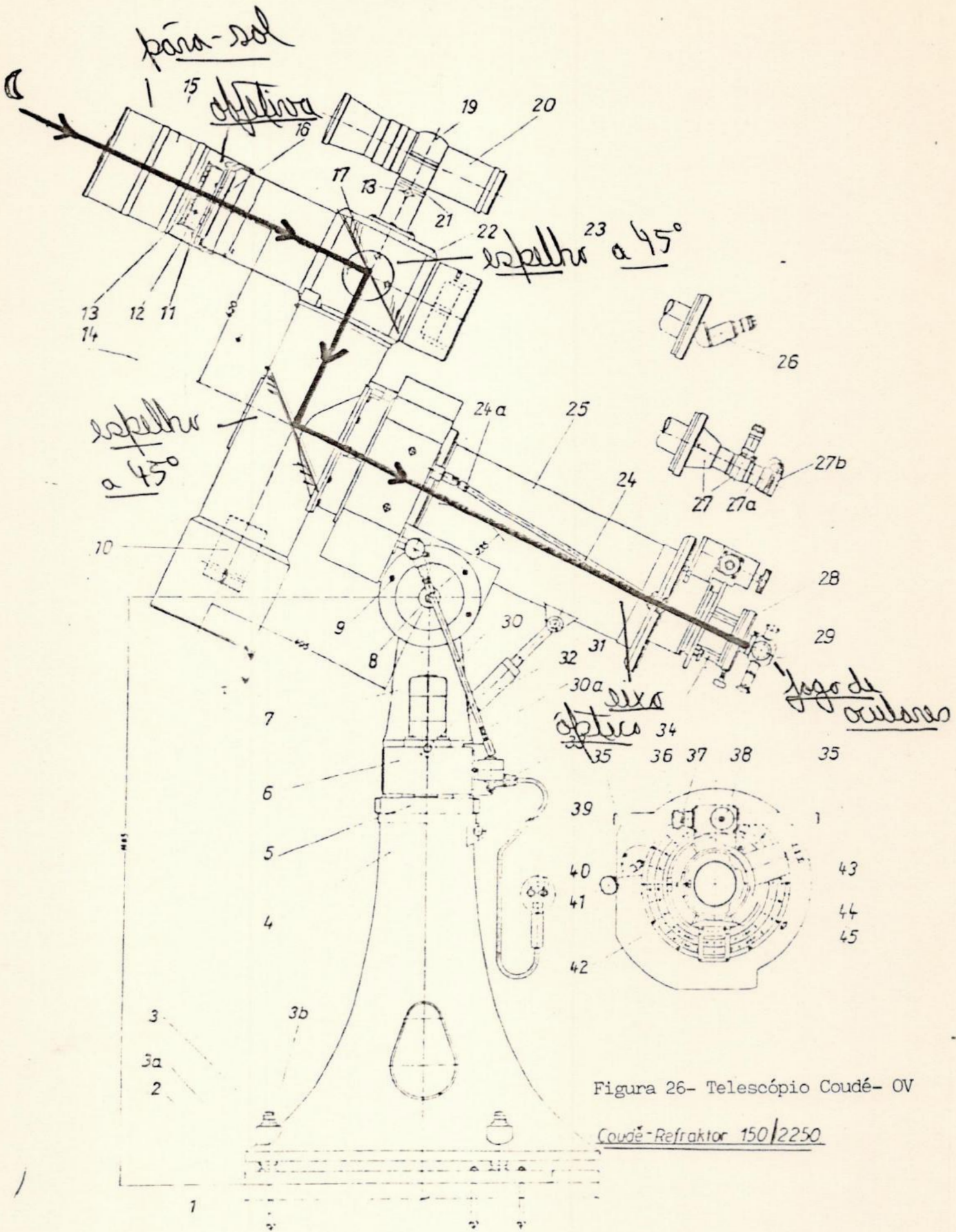
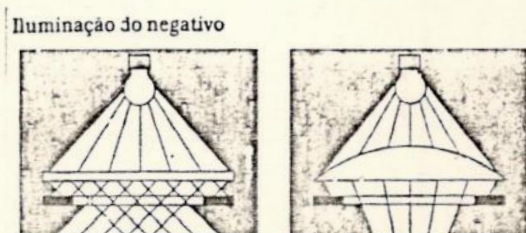


Figura 26- Telescópio Coudé- OV

Coudé-Refraktor 150/2250

AMPLIADOR-

O ampliador representa a peça mais importante no laboratório de reproduções fotográficas. Basicamente, funciona como um projetor de slides, ampliando imagens negativas de filmes. Quanto à iluminação sobre o negativo, que deve ser uniforme e que não transmita calor excessivo ao negativo, os ampliadores possuem dois tipos principais, os de difusão e os a condensadores.



ampl. de difusão - ampl. a condensador

Figura 27- Iluminação do negativo por 2 tipos de ampliadores.

O ampliador difusor reduz a ampliação dos grãos da emulsão e diminui ligeiramente o contraste da imagem ampliada. O ampliador a condensador, ao contrário, aumenta a granulação do filme proporcionando um máximo de contraste e luminosidade.

O ampliador adotado para a impressão de positivos foi o de número 7 (sete) do laboratório fotográfico da Escola de Belas Artes-UFRJ. Sua marca é DURST-M605, e é um ampliador a condensador com lâmpada reflex, possuindo dois condensadores e duas objetivas disponíveis. Para ampliações de negativos do formato 35mm (24 mm x 36 mm), é usado com o condensador tipo Durst Siriocon 50, a objetiva, F= 50 mm f/3.5, de marca Componar-C Schneider-Kreuznach e porta negativo Durst Sirioneg. Tal ampliador foi usado sempre com um estabilizador de voltagem, um controlador de tempo ("timer") de exposição de escala de 0 a 60 s cuja menor divisão é a unidade do segundo (1s) e um marginador para cópias.

Os ampliadores a condensador proporcionam cópias positivas ampliadas levando em conta a densidade especular do negativo, porém, as folhas de contatos obtidas com eles consideram a densidade difusa.

Na página seguinte, é mostrado um esquema de um ampliador a condensador semelhante ao adotado aqui.

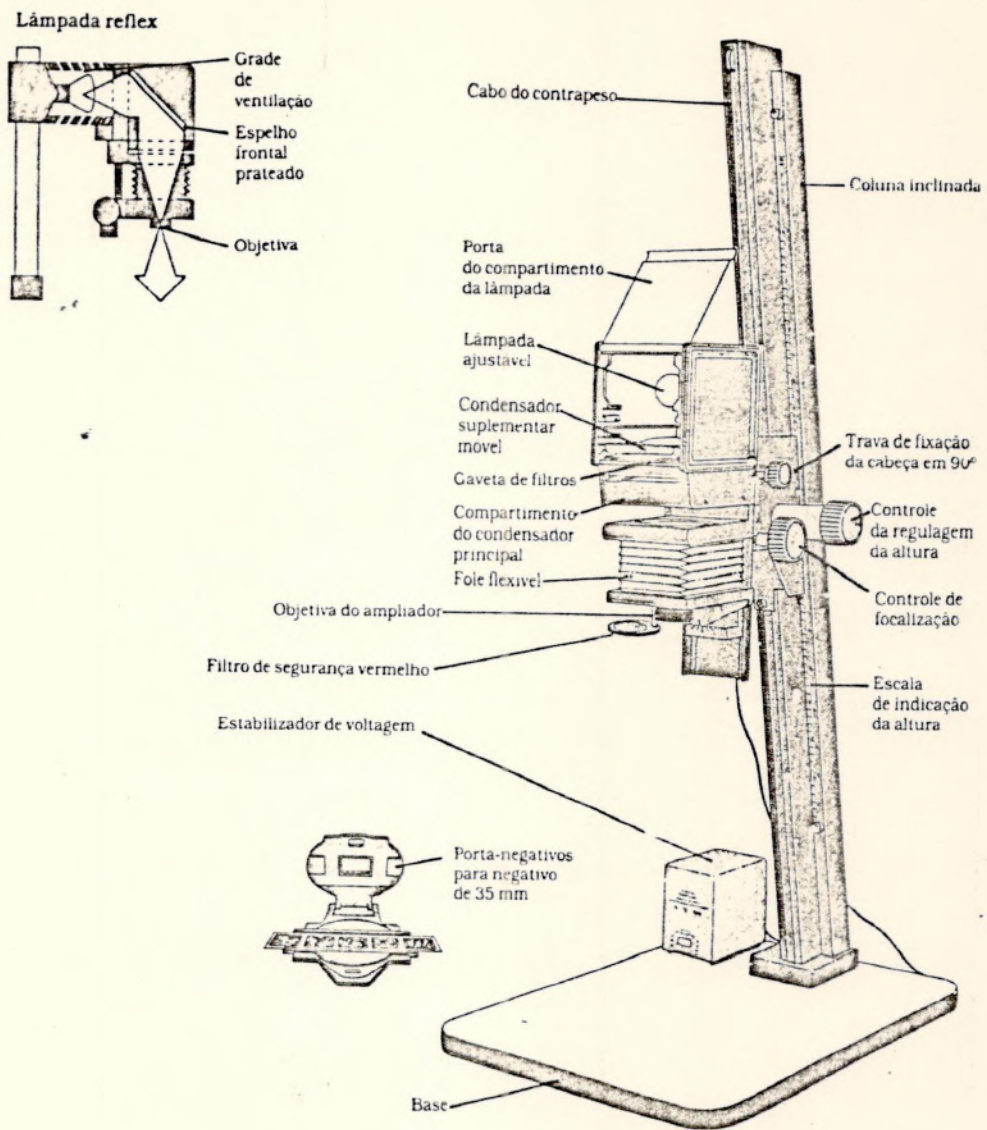


Figura 28- O ampliador fotográfico.

MICRODENSITÔMETRO -

Os densitômetros são instrumentos que medem a densidade fotográfica em filmes negativos, densidade de transmissão, e em papéis positivos, densidade de reflexão. São divididos, portanto, em dois tipos, os densitômetros de transmissão para medir densidades de imagens sobre suportes transparentes (negativos) e aqueles para fazer leituras de densidades de imagens sobre bases opacas (papéis), denominados de densitômetros de reflexão.

Os densitômetros de transmissão são, em geral, de duas classes: os de comparação visual onde o olho humano é que lê as densidades e os fotoelétricos que possuem uma célula fotosensível e fornecem leituras diretas das densidades.

O microdensitômetro é um densitômetro de transmissão que faz leituras de densidades em pequenas áreas de placas fotográficas ou filmes negativos. Usei o microdensitômetro do Observatório do Valongo, que é um instrumento óptico-eletrônico-mecânico e que mede densidades especulares, para a construção de curvas características dos filmes e para a determinação da sensibilidade efetiva de alguns filmes (seção sobre a Lua). A definição de densidade óptica é dada na seção Sensitometria.

Dados técnicos relevantes do microdensitômetro do OV-UFRJ:

-Sistema óptico-

- a) Objetiva, $f/10:0,3$, aumento de 21 vezes sem lentes de ampliação.
- b) Filtros de transmissão, descontínuos, de 50%, 25% e 12,5%.
- c) Escalas visuais,

de transmissão: 0 até 1000, linear e

de densidades: ∞ até 0, logarítmica.

-Sistema eletro-eletrônico-

- a) Lâmpada incandescente, 12 V e 50 w.
- b) Fotocélula, sensibilidade do cátodo de $60 \mu\text{A}/1 \text{ mm}$.

-Sistema mecânico-

- a) Fenda principal,

largura: de 0 até 3 mm, menor divisão 0,01 mm.

altura: de 0 até 20 mm, menor divisão 2 mm.

b) Fenda secundária, largura variável.

Antes de operar com tal microdensitômetro, deixei-o ligado, como é recomendado, com a fenda principal fechada durante, aproximadamente, uma hora e por mais de 15 minutos com a fenda aberta, com intuito de estabilizar a leitura fornecida pela fotocélula.

Em seguida, deve-se efetuar a calibração do instrumento na escala de leitura escolhida, a de interesse foi a de densidades para otimizar os cálculos posteriores. Na escala de densidades, a densidade da região mais transparente da placa fotográfica deve coincidir com o zero, e com a fenda principal totalmente fechada; ajusta-se o outro extremo da escala, o infinito. Porém, antes de calibrá-lo, deve-se, primeiro, escolher a lente de ampliação se alguma for usada, focalizar a imagem ampliada, escolher a largura e altura da fenda principal, ajustar a fenda secundária para eliminar a entrada de luz espúria, e, por fim, escolher o filtro de transmissão adequado.

Como não usei placas, e sim filmes negativos 35 mm, estes foram dispostos entre duas chapas de vidro a fim de efetuar as medições. O ajuste de zero na escala de densidades foi, sempre, feito na área do vidro sem negativo.

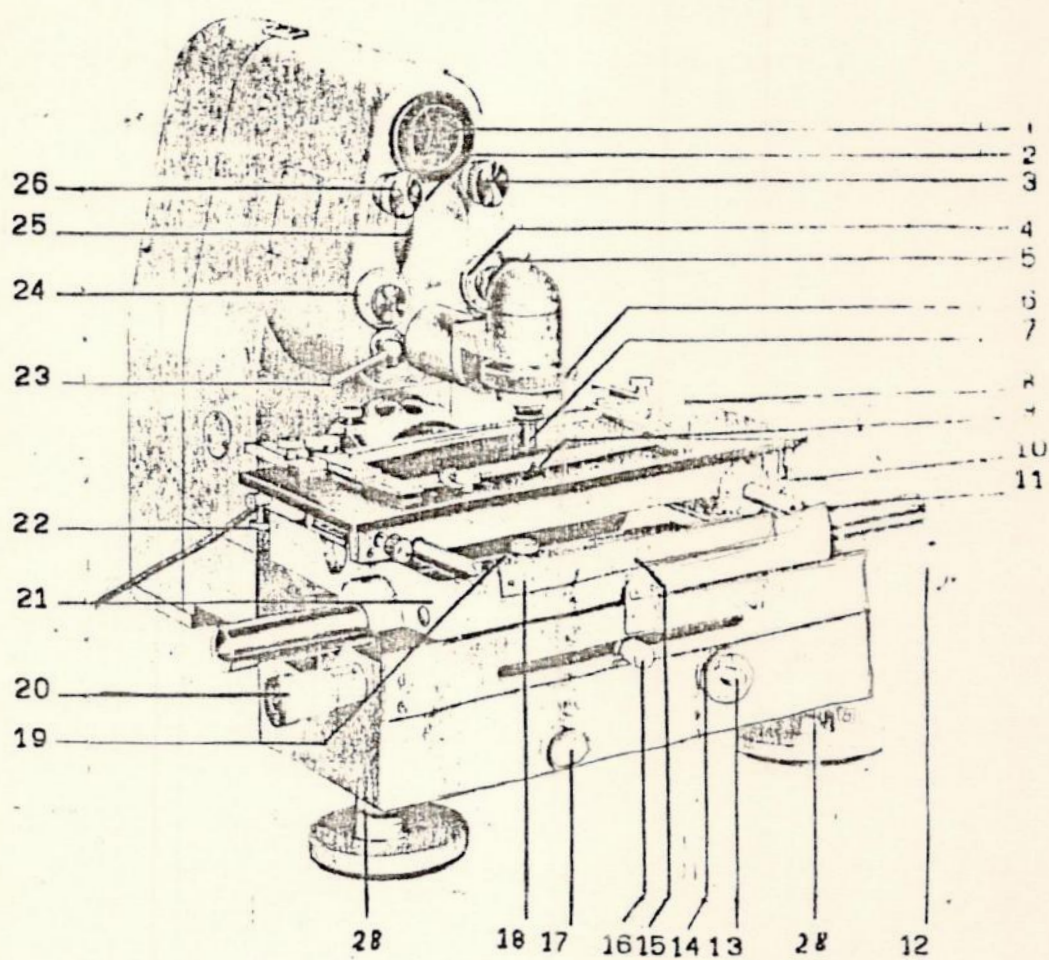


Figura 29- O microdensitômetro do OV- UFRJ.

OUTROS-

Para o preparo de soluções-

-Balança de precisão, marca Marte, modelo 1001 com:

.menor divisão de 1,0g , precisão de 0,5g

.carga máxima de 1610g

-Frasco de vidro graduado com:

.menor divisão de 50 ml, precisão de 12,5 ml

.capacidade máxima de 600 ml

-Mini-frasco de vidro graduado com:

.menor divisão de 5 ml, precisão de 2,5 ml

.capacidade máxima de 30 ml

-Dois baldes de plástico graduados com:

.menor divisão de 0,5 l , precisão de 0,25 l

.capacidade máxima de 6,0 l

-Misturador, marca Fisatom, modelo 713, 112 V e 80 W.

-Destilador, marca Biomatic, código 2102, 220 V, $i_{\text{máx}} = 20\text{A}$, até 2 l.

-Filtros de papel, marca Melitta, modelo 102, colheres de plást. e

-Funis de plástico; todos são pertencentes ao laboratório da EBA.

Para o armazenamento das soluções-

-Três frascos de plástico com tampa, capacidade máxima de 6 litros.

-Várias garrafas de plásticos, marca Pentaflex, de 1 litro;

pertencentes ao autor.

Para o processamento de filmes-

-Tanque de aço inoxidável, modelo 120, japonês com tampa plástica.

-Duas espirais de aço inoxidável para 35 mm, marca S&K.

-Dois cilindros graduados de plástico, marca Rolix, nacional:

.menor divisão de 50 cc, precisão de 12,5 cc

.capacidade máxima de 600 cc

-Jogo de três funis plásticos

-Termômetro químico a álcool, marca Arba com:

.menor divisão de 1,0 °C, precisão de 0,25 °C

.faixa de 0 a 60 °C, de vidro.

-Dois cobertores.

- Relógio com cronômetro, marca Casio, modelo nº211 com:
 - .leitura até 0,01 s, precisão adotada de 1 s.
- Tesoura e pregadores de plástico; todos de propriedade do autor.

Para o processamento de papéis-

- Seis bacias de plástico para o formato 24 x 30 cm,
- Frasco de vidro graduado idem ao do preparo de soluções,
- .Mini-frasco de vidro graduado idem ao do preparo, e
- Funis de plásticos; todos pertencentes ao laboratório da EBA.
- Duas pinças de aço inoxidável,
- Relógio Casio, modelo nº211
- Termômetro químico Arba, toalhas de papel e
- Pregadores de plástico; de propriedade do autor.

Para o armazenamento de negativos e positivos-

- Vários portadores, tipo Joberco protetor 35, para negativos:
 - .capacidade de guardar sete tiras de seis negativos
- Pastas de papel e de plástico.

Para ajudar nos cálculos matemáticos-

- Uma calculadora programável, fabricante Hewlett.Packard, modelo HP-15C com:
 - .448 bytes de memória programável
 - .4 funções matemáticas avançadas: cálculo com nº complexos, matrizes, raízes e integração numérica
 - .armazenamento em até 67 registradores
 - .funções hiperbólicas, trigonométricas, logarítmicas, exponenciais, de probabilidades e estatísticas; de propriedade do autor.

5- EMULSÕES

O QUE É EMULSÃO FOTOSENSÍVEL?-

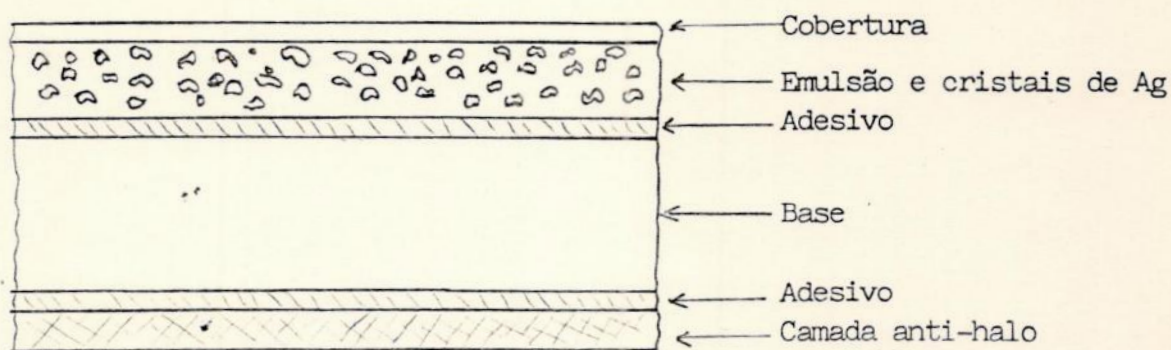


Figura 30- Secção transversal de um filme p&b.

A emulsão fotográfica fotosensível é composta de submicroscópicos grãos ou cristais de halogenetos de prata suspensos e distribuídos aleatoriamente numa camada de gelatina ou colóide. Os cristais sensíveis à luz são irregulares em forma e tamanho, tendo dimensão máxima em torno de 5 microns. A sensibilidade de um grão de halogeneto, ou haleto, de prata cresce diretamente com a sua dimensão, e a sensibilidade de uma emulsão aumenta com o número de grãos e suas dimensões.

Geralmente, emprega-se o brometo de prata, AgBr , nos materiais negativos e em pequenas quantidades pode-se encontrar iodeto de prata, AgI . Já em positivos usa-se, basicamente, o brometo de prata, o cloreto de prata, AgCl , ou uma mistura dos dois.

Atualmente, emprega-se a gelatina como o veículo de suspensão para os cristais de halogenetos de prata. Seu uso é devido à sua permeabilidade às soluções do processamento, transparência, resistência, permanência, fácil aplicação num suporte; além de impedir a aglutinação dos grãos e ser um agente ativo na blindagem dos cristais expostos, dificultando a recombinação e influenciando, portanto, na sensibilidade da emulsão.

Como é mostrado na figura acima, nos filmes de tom contínuo a emulsão, propriamente dita, é protegida em sua parte superior por uma cobertura resistente, transparente e solúvel. A emulsão é disposta so-

bre um suporte ou base de acetato de celulose por meio de um fina camada adesiva transparente. Abaixo da base, encontra-se a camada anti-halo presa por meio de outro adesivo. A função da camada anti-halo é absorver os raios de luz que, por ventura, conseguiram atravessar a base da emulsão, impedindo assim reflexões internas e consequentes sensibilizações.

No caso de placas e papéis fotográficos, os suportes são, respectivamente, chapas rígidas de vidro e papéis neutros e puros, de pigmento branco.

A estrutura de um papel fotográfico preto e branco é análoga àquela descrita, simplificada, para um filme.

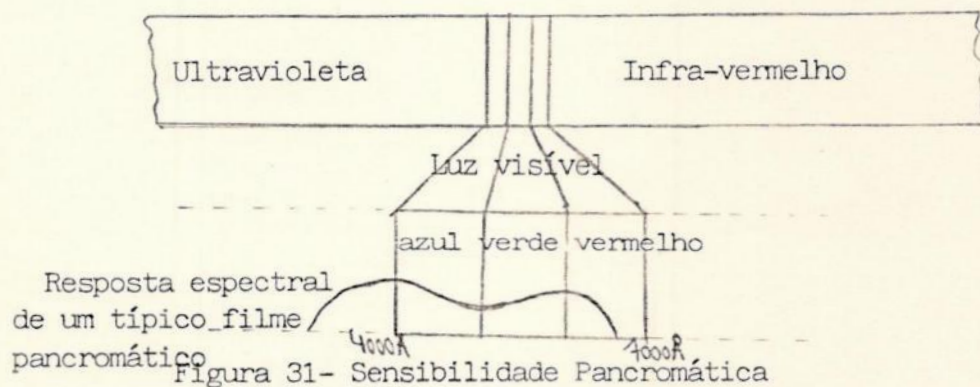
Comumente, chamamos os filmes e papéis de emulsões, porém, as emulsões correspondem apenas às suas camadas fotosensíveis.

CARACTERÍSTICAS DAS EMULSÕES-

Sensibilidade espectral

A sensibilidade à luz dos grãos de haletos de prata está limitada a uma pequena região do espectro eletromagnético, ou seja, o intervalo que vai dos raios X e γ até o infravermelho próximo incluindo a luz visível. A sensibilidade espectral consiste na resposta da emulsão a diferentes comprimentos de onda da radiação, é também chamada de sensibilidade cromática.

Existem três classes principais, em termos de sensibilidade cromática, para as emulsões fotográficas: ortocromático, sensível ^{do azul} ao verde; pancromático, sensível a todas cores da luz visível; e infra-vermelho, sensível à radiação infra-vermelha. As emulsões pancromáticas dividem-se em duas: sensíveis à luz visível, e sensíveis à luz de tungstênio.



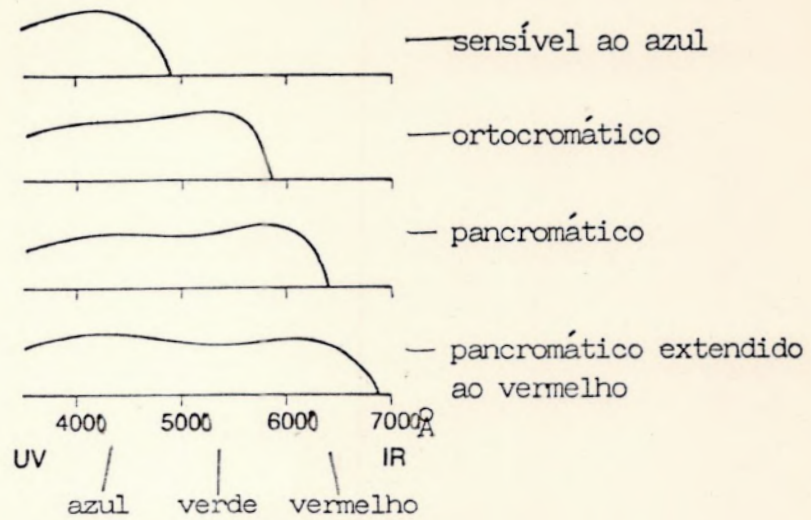


Figura 32- Sensibilidades espectrais relativas de diferentes filmes p&b.

Embora existam várias emulsões quanto a sensibilidade cromática, de uso científico, profissional e amador, nenhuma delas possui a mesma resposta espectral do olho humano. Em geral, as emulsões são muito sensíveis ao azul e ao ultravioleta e pouco sensíveis ao vermelho.

Geralmente, os papéis fotográficos são ortocromáticos a fim de se poder manipulá-los num laboratório com uma luz de segurança vermelha. Os filmes pancromáticos são os que melhor respondem a todas cores do espectro visível, proporcionando uma reprodução tonal bastante aceitável.

O olho humano percebe com mais intensidade a cor amarela (figura 20).

Sensibilidade ou velocidade

Existem vários métodos e sistemas para expressar e definir como uma emulsão reage a ação de luz. Dizemos que uma emulsão é mais sensível a outra, se a primeira necessitou uma menor exposição para gerar uma imagem de igual qualidade que a outra. A velocidade de uma emulsão (normalmente um filme) é expressa, frequentemente, por um número.

Na prática, a sensibilidade de uma emulsão fotográfica é ditada pela exposição e revelação que se adota. É fornecida pelo fabricante e determinada sob precisas e controladas condições de laboratório, porém, o número dado é apenas uma referência.

Os cinco principais métodos para expressar a velocidade são: sopé da curva característica, densidade fixa, inércia, gradiente mínimo útil e gradiente fracional. Os sistemas de velocidades foram muitos, no decorrer da história da fotografia, dentre eles, tivemos: o sistema H-D, o Scheiner, o DIN, o ASA e o ISO.

Neste trabalho, usou-se o sistema ISO, sigla de International Standards Organization, semelhante ao ASA, sigla de American Standards Association, ambos adotam o critério da densidade fixa e uma escala aritética para expressar a velocidade de um filme.

O método de densidade fixa procura determinar a exposição necessária para fornecer uma densidade dada acima da densidade mínima do filme (densidade da base do filme + densidade residual da revelação). Os sistemas ASA e ISO adotam a densidade de 0,1 acima da densidade mínima (Base + Véu).

Contraste

O contraste de uma emulsão fotográfica preto e branco consiste, em poucas palavras, na escala de tons cinzas que se obtém entre o tom mais claro e o mais escuro. Num filme, negativo, corresponde à escala de densidades entre a densidade mínima (Base + Véu) e a densidade máxima e num papel à escala de tonalidades entre o negro máximo e o branco máximo.

Se existir poucos tons cinzas entre o negro e o branco, dizemos que a imagem obtida é contrastada e se houver muitas tonalidades cin

zas sem a presença do negro e branco máximos, dizemos que é pouca contrastada, tudo isso quando pensamos nas imagens positivas.

O contraste depende da sensibilidade e da granulação (tamanho e número de grãos) da emulsão, porém, pode ser alterado, fortemente, com a revelação dada à ela.

Granulação

A emulsão fotográfica é formada por várias "camadas" de grãos de haletos de prata cujo tamanho médio está em torno de 2 μ m e não podem ser vistos a olho nu. Quando a luz incide sobre eles, são ionizados formando prata metálica que se agrupará. O agrupamento de Ag metálica é dito imagem latente ou centro de revelação que será ampliado através da revelação da emulsão e, então, poderá ser percebido "facilmente" no negativo.

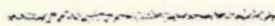
A estrutura original da emulsão em relação ao tamanho e número de cristais corresponde à granulação intrínseca, e a estrutura conseguida após o processamento corresponde à granulação do negativo (ou positivo). Esta última é a única que pode ser percebida visualmente.

Se a emulsão contém poucos grãos ou grãos grandes, dizemos que possui granulação alta e se ela tem muitos grãos ou grãos diminutos, dizemos que é pouco granulada. O mesmo é válido para a emulsão revelada. A granulação do negativo é, primeiramente, dependente da granulação intrínseca e, também, da exposição e processamento.

A granulação aumenta com a densidade do negativo e, consequentemente, com o nível de exposição dado ao filme. A granulação básica pode ser modificada pela solução reveladora que pode ~~exagerá~~ exagerá-la ou mantê-la num nível mínimo possível mas, nunca, diminuí-la. O grau da revelação, também, influencia e, em geral, um grau elevado acentua a granulação do negativo.

Finalmente, a granulação percebida nos positivos ampliados é devida à granulação do negativo, ao grau de ampliação, ao sistema óptico do ampliador e, também, à granulação do papel usado (e sua revelação).

KODAK
PANATOMIC-X



KODAK TRI-X

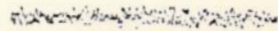


Figura 33- Variação local da densidade ou granulação relativa obtida com microdensitômetro.

Irradiação e halo

Ao incidir na emulsão, a luz interage de diferentes maneiras. Parte dos raios luminosos sensibilizam os cristais de haleto de prata sendo absorvidos por eles, outra parte é espalhada em todas direções dentro da emulsão e outra fração não é absorvida pelos cristais atravessando a emulsão e sendo refletida pela parte inferior da base.

A luz absorvida pelos grãos de haleto forma a imagem propriamente dita.

A luz espalhada produz o efeito chamado irradiação e será também absorvida pelos grãos sensíveis aumentando o centro de imagem. A irradiação aumenta com a exposição e espessura da emulsão.

A luz refletida pela base incidirá, novamente, na emulsão sensibilizando outros grãos, distantes do centro de imagem, formando halos em torno deste centro. O halo é reduzido, bastante, com o uso de uma camada absorvedora de luz abaixo da base da emulsão, é chamada de camada anti-halo.

A irradiação e halo são observados, principalmente, em imagens pequenas ou pontuais e são acentuados quando a imagem é super-exposta.

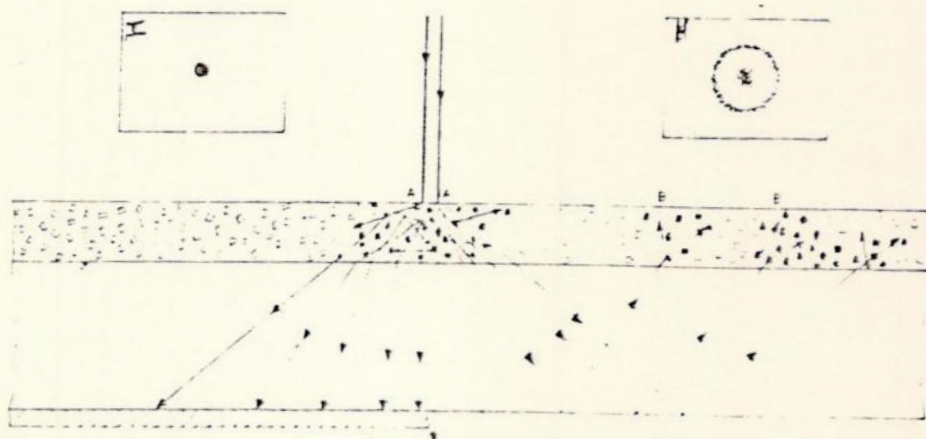


Figura 34- Irradiação e halo.

Poder de resolução

O poder de resolução de uma emulsão corresponde a sua capacidade de resolver detalhes finos de uma imagem. Depende de outras características como a granulação, contraste e espessura e, também, do processamento. O poder é alto quando a granulação e a espessura são reduzidas.

O poder de resolução é, geralmente, expresso como o número de linhas negras por milímetro que podem ser percebidas numa imagem. Varia de 50 a 400 linhas/mm.

Nitidez

É comumente chamada de definição de imagem, porém, a definição é algo mais complexo. A nitidez representa a capacidade de resolver bordas de uma imagem fotográfica, se a imagem possuir limites bem definidos dizemos que ela é nítida.

A quantidade chamada acutância tem sido usada para expressar a nitidez geral de uma imagem. A nitidez está diretamente relacionada com o poder de resolução, irradiação, halo e granulação assim como com a revelação. É a principal característica que influencia na definição da imagem.

Definição da imagem fotográfica

É usada para definir a clareza de detalhes de uma imagem fotográfica, é uma característica que engloba a granulação, a irradiação e halo, o poder de resolução e a nitidez de uma imagem conseguida com o uso de uma dada emulsão.

Na verdade, a definição da imagem, que é um conceito subjetivo, é algo mais complexo e depende de diversos fatores relacionados às emulsões, citados acima, fatores ligados à qualidade das objetivas, fatores ligados aos processamentos das emulsões (filme e papel) e, também, do aspecto final da ampliação final e sua respectiva observação.

Praticamente, todas as características das emulsões estão relacionadas entre si, em seguida, é fornecida uma tabela ilustrando, simplificada, o assunto.

	Emulsão: lenta	média	rápida
ISO	até 64	em torno de 125	de 400 em diante
Contraste	alto	médio	baixo
Granulação	reduzida	moderada	alta
Poder de resolução	alto	médio	baixo
Definição de imagem	muito boa	boa	regular

Tabela 2- Características de filmes.

FILMES ADOTADOS

TRI-X PAN ISO 400 Kodak(TX)

Bastante conhecido por fotógrafos profissionais e amadores, este filme é empregado para diversos propósitos. Esta emulsão foi adquirida em vários magazines 135 mm de 36 poses, de fabricação mexicana e cujo número foi 298024*. Foi empregado para a astrofotografia da Lua e de constelações, sendo indicado bastante indicado para as constelações (Sherrod, P.C.,1981) e para se iniciar na fotografia da Lua(Covington,M. A., 1985 e Rackham, T., 1959). Abaixo são listadas as características relevantes do TX: *(prazo de processamento até fevereiro de 88)

- .sensibilidade pancromática alta- luz do dia
- .ampla latitude de exposição
- .boa qualidade tonal
- .contraste moderado e controlado com o uso de diferentes reveladores
- .grão considerado fino em relação a sua rapidez
- .poder de resolução máximo de 100 linhas/mm (médio)
- .sua curva característica possui sôco suave.

PLUS-X PAN ISO 125 Kodak(PX)

É considerado um filme de muitas aplicações com boa definição de imagem. É indicado para a fotografia de planetas e Lua(Sherrod, P.C., 1981), porém, foi usado apenas para os planetas que necessitariam maiores ampliações. Foi adquirido em vários magazines 135 mm de 36 poses, de origem mexicana e número 44414.* Suas características principais seguem, abaixo: *(prazo de processamento até setembro de 88)

- .sensibilidade pancromática média- luz do dia
- contraste moderado
- .grão extremamente fino
- .poder de resolução alto, máximo de 125 linhas/mm
- .possui curva característica de sôco curto e parte reta extensa.

PANATOMIC-X ISO 32 Kodak(PNX)

Foi adquirido, também, em magazines 135-36 , de origem norte-americana, emulsões números D262034"e R265016"; e foi usado para a astrofotografia do Sol*; devido à sua velocidade e granulação reduzidas. Abaixo, são dadas suas características relevantes: *(Covington, M.A., 1985)

- .sensibilidade pancromática baixa- luz do dia
- .contraste moderadamente alto
- .grão extremamente fino com grau de ampliação elevado
- .poder de resolução muito alto, máximo de 200 linhas/mm
- *.curva característica de base média suave "(prazo até 06/88)

TECHNICAL PAN 2415 Kodak(TPAN)

Novamente, consiste num filme de tom contínuo de uso amplo, tanto na fotografia científica como na fotografia usual(pictórica).É um filme de excelente qualidade e na astrofotografia pode ser aplicado para todos objetos, sendo hipersensibilizado em alguns casos. Seu precessor é a emulsão SO-115 da Kodak. Aqui, foi empregado para o Sol*por causa da sua granulação microscópica, baixa velocidade e contraste bastante variável. Adquiriu-se poucos magazines 135-36"do TPAN devido ao seu custo relativamente elevado. Abaixo, seque as características principais:

- .sensibilidade pancromática extendida ao vermelho
- .velocidade variável dentro do intervalo de ISO 25 a 200
- .latitude de exposição e contraste, facilmente , controlados pelo revelador e grau de revelação
- .grão microscopicamente fino com extremamente alto grau de ampliação e definição de imagem
- .poder de resolução bastante elevado, máximo de 400 linhas/mm
- .curva característica variável e dependente da revelação
- .base ESTAR-AH kodak, fina e estável
- .com eficiente camada anti-halo
- .produz uma densidade da base + véu, bastante, reduzida
- .boa manutenção da imagem latente. "(prazo até 10/88)

*(Covington, M.A., 1985 e Dilsizian, R., 1987) (Made in USA)

No fim deste texto encontra-se no apêndice, mais informações acerca destes filmes fornecidas pelo fabricante Kodak, tais como, o processamento adequado e curvas características de laboratório.

PAPEL ADOTADO

TALBOLT RCBB3(TB3)

Este papel de tom contínuo foi o único adotado para as reproduções das imagens de todos objetos fotografados. Adquiriu-se folhas* no formato 50x60 cm, emulsão número 11604 e no formato 24x30 cm, emulsão nº 11986. Suas características principais são: *(origem uruguaia)

- .sensibilidade ortocromática
- .excelente qualidade tonal
- .de brometo de prata
- .brilhante
- .peso duplo
- .gradação de contraste 3, considerada moderadamente alta.

Todas emulsões adotadas aqui foram devidamente armazenadas, os filmes em refrigerador e os papéis em lugar fresco e ventilado. No entanto, não foi possível respeitar os prazos de processamento com certas películas, o TX principalmente.

Observação: a película 135mm possui negativos no formato 35 mm, ou seja, 24 x 36 mm.

6- SOLUÇÕES QUÍMICAS

Quando a luz incide sobre uma emulsão fotográfica, ocorre uma sensibilização dos grãos de haletos de prata, que são dissociados por efeito fotoelétrico. A quantidade de elétrons arrancados depende da intensidade da exposição, tais elétrons poderão se combinar com os íons de prata formando prata metálica. Geralmente, a prata metálica é formada em pequenos agrupamentos, chamados centros de imagem ou centros de revelação. Tais centros são denominados de imagem latente, literalmente oculta, pois sua visualização é, praticamente, impossível devido ao seu tamanho microscópico.

A fim de transformar a imagem latente numa imagem visível, as emulsões sofrem um tratamento chamado processamento fotográfico, que é dividido em etapas: a revelação, a interrupção, a fixação, a lavagem e a secagem. São etapas básicas para a fotografia p&b e estão ordenadas.

PREPARO DE SOLUÇÕES

Todas soluções, usadas aqui, foram feitas a partir de seus componentes básicos pelo autor. Parte dos produtos químicos era de propriedade do orientador e outra parte foi adquirida ao decorrer. Usou-se sempre água destilada (destilador Biomatic) e filtrada tanto no preparo das soluções de estoque como no preparo das soluções de uso. Preferiu-se a fabricação própria das soluções a fim de eliminar os possíveis erros de produção por parte dos fabricantes originais, além de reduzir, sensivelmente, os custos.

Para o preparo das soluções de estoque, segui as regras abaixo (Veibig, R., 1985):

- respeitar a ordem de dissolução fornecida pela fórmula
- agitar moderadamente para não formar bolhas de ar e de forma intermitente

- em algumas soluções, adicionar água morna (~ 60 °C) para facilitar a dissolução, nas outras usa-se água a temperatura ambiente

- nas fórmulas com indicação final de "água até", começar a

dissolução com cerca de 75% do volume indicado para a água

-antes de pesar os produtos químicos, calibrar a balança

-pesar as drogas, sempre que possível, encima de um pedaço de papel ou uma pequena bandeja

-filtrar sempre as soluções, antes de estocá-las

-anotar a data da fabricação e rotular o respectivo nome nos frascos de estoque

Para o armazenamento de tais soluções, é aconselhável guardá-las num lugar fresco e arejado, longe de crianças e pessoas curiosas, o mesmo é válido para os produtos químicos que foram guardados em local separado das soluções.

O material para o preparo das soluções de estoque e de uso estão descritos na seção Equipamento.

O preparo das soluções de uso, principalmente os reveladores e interruptores, era feito pouco antes do momento de sua utilização.

Não foi feito como se recomenda (Saltzer, J., 1979) a medição do pH, índice de alcalinidade ou acidez de uma solução, para a determinação do estado das soluções. Porém, usou-se sempre soluções novas.

Infelizmente, não ^{foi}respeitado em alguns casos o prazo de limite de validade da solução de estoque, contudo, não foi percebida nenhuma alteração substancial na ação da mesma.

REVELAÇÃO E REVELADORES

A revelação é a etapa principal do processamento de uma emulsão fotosensível, na verdade, é ela que torna a imagem latente em imagem visível amplificando os centros de revelação em cerca de 10^7 vezes. Esta etapa é um processo químico onde a solução reveladora cede elétrons aos cristais de haleto de Ag já expostos à luz induzindo, assim, à formação de uma maior quantidade de prata metálica negra. Neste processo cada cristal atua como unidade, ou seja, se ele já tiver sido exposto à luz e le será totalmente reduzido à prata metálica, caso contrário, ele não se rá revelado. Contudo, poderá ocorrer uma revelação residual de grãos não sensibilizados devido, basicamente, à ação do agente revelador da solução, denomina-se de véu químico, ou somente, véu.

Os reveladores são compostos, basicamente, por quatro tipos de químicos:

- agente revelador, que converte os grãos de haletos de prata, expostos ou não, em prata metálica negra. Atua mais rapidamente nos cristais expostos. Existem diversos agentes que atuam de modos diferentes, abaixo são listados alguns comumente usados. São substâncias orgânicas e, geralmente, são empregados dois tipos numa mesma solução reveladora.

.Metol, tem ação rápida, produz baixo contraste e grão fino, proporciona detalhes nas baixas luzes (negativo) e seu outro nome é sulfato ^{di}monometil-paraminofenol ($C_6H_4(OH)(NH.CH_3)1/2.SO_4H_2$).

.Hidroquinona, tem ação lenta, produz contraste alto e seu nome e fórmula química são: paradióxibenzeno, $C_6H_4(OH)_2$.

.Fenidona, possui ação semelhante ao metol, tem ação rápida, produz baixo contraste mas aumenta o véu. Seu nome e fórmula químicos são: 1-fenil-3-pirazolidona, $C_6H_5N(NH.CO)(C_2H_4)$.

.Outros agentes são: amidol, pirogalol, glicina, pirocatequina, paraminofenol e cloridrato de ortofenilentalamina.

-Conservador, que reduz a oxidação do agente revelador e previne a descoloração da solução usada. Geralmente, usa-se o sulfito de sódio e com menos frequência o metabissulfito de sódio. A fórmula do sulfito é: $Na_2SO_3 \cdot 7H_2O$.

-Álcali, ou acelerador, que torna o agente mais ativo. Geralmente é usado o carbonato de sódio (Na_2CO_3 ou $Na_2CO_3 \cdot 10H_2O$), outros tais como o carbonato de potássio, a soda cáustica e o bórax são usados, também. São substâncias alcalinas.

-Restrigente, ou retardador, que reduz a possibilidade de revelação dos grãos não-expostos no tempo da revelação impedindo a dissolução rápida da camada protetora ao redor de cada grão de haleto. Tem o efeito de diminuir o véu químico, portanto. Geralmente, usa-se o brometo de potássio (KBr), sendo usado, também, compostos orgânicos como retardadores.

-E finalmente, um solvente, comumente, a água (H_2O), se possível destilada com impurezas reduzidas ao mínimo.

Existem vários tipos de reveladores, em termos gerais podemos dividi-los nas seguintes categorias:

-os de contraste normal e de uso geral, são soluções que combinam metol e hidroquinona e outras que combinam fenidona - hidroquinona e carbonato. O acelerador e o retardador empregados são, respectivamente, o carbonato de sódio e o brometo de potássio. São reveladores de negativos de grande formato e de papéis. Exemplos: Dectol e DK72 (Kodak)

-os de grão fino e contraste normal, são soluções do tipo metol-hidroquinona e fenidona-hidroquinona, ambas com bórax. São usados para negativos que necessitarão de grandes ampliações. Em geral, é composto de grandes quantidades de sulfito de sódio que dissolve os grãos não-revelados contribuindo para a obtenção de um negativo com granulação fina. Exemplos: D-76 Kodak, e Ilford I D-68.

-os de alto contraste e ação rápida, são do tipo hidroquinona-soda cáustica e são muito alcalinos. São usados para a fotografia de alto contraste, ou seja, com apenas reprodução de tonalidades preto e branco. Exemplos: Kodak D-11 e D-19.

REVELADORES ADOTADOS

Filme

D-76, adotou-se o uso deste revelador Kodak idêntico ao da Ilford ID-11. É um revelador clássico de grão fino bastante popular e é do tipo metol-hidroquinona com bórax (tetraborato de sódio), pode ser usado para filmes e placas e tem boa conservação. A fórmula segue abaixo:

metol	-----	2,0 g
sulfito de sódio anidro	-----	100,0 g
hidroquinona	-----	5,0 g
bórax	-----	2,0 g
água até completar	-----	1000,0 ml

O tempo de vida útil da solução de estoque do D-76 é de 6 meses.

Papel

BEER, é um revelador de contraste variável que emprega duas soluções de estoque proporcionando diferentes diluições para as soluções

de trabalho as quais podem alterar a gradação de contraste original do papel. Tem entrado em desuso devido ao surgimento dos papéis de contraste variável, contudo é de grande utilidade no controle da qualidade das reproduções fotográficas. Abaixo, segue a fórmula, adaptada por Ansel

Adams(Viebig, R., 1985):	solução A	solução B
água a 45 °C -----	750,0 ml -----	750,0 ml
metol -----	8,0 g -----	-----
sulfito de sódio anidro -----	23,0 g -----	23,0 g
hidroquinoná -----	-----	8,0 g
carbonato de sódio anidro, ou -----	20,0 g -----	27,0 g
carbonato de sódio cristalizado ---	23,4 g ---	31,5 g
brometo de potássio a 10% -----	11,0 ml -----	22,0 ml
água até completar -----	1000,0 ml -----	1000,0 ml

Diluições

Contraste-→	baixo		normal				alto
Número:	<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>4</u>	<u>5</u>	<u>6</u>	<u>7</u>
solução A	8	7	6	5	4	3	2
solução B	0	1	2	3	4	5	14
água	8	8	8	8	8	8	0
total de partes	16	16	16	16	16	16	16

O tempo de vida útil das soluções de estoques A e B é de 6 meses, aproximadamente.

INTERRUPÇÃO E INTERRUPTORES

Após a revelação, etapa crítica do processamento, é feita a interrupção que tem como funções: remover o revelador da emulsão, neutralizar sua ação, interrompendo, assim, a revelação e, ainda, possibilita uma certa lavagem da emulsão "protegendo" o fixador (etapa seguinte).

Geralmente, são empregados banhos ácidos para a interrupção que são eficientes na neutralização da ação dos reveladores, que são soluções alcalinas. No entanto, banhos de interrupção usando água corrente são adotados também.

As soluções interruptoras ácidas, comumente, usam o ácido acético glacial (CH_3COOH) e o metabisulfito de potássio ($\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_5$) como agentes ácidos.

BANHOS INTERRUPTORES ADOTADOS

Filme

Banho de água corrente de 1 a 3 min.

Papel

Foram dois, sendo o primeiro mais usado:

ácido acético glacial	-----	20,0 ml
água até completar	-----	1,0 litro e
ácido bórico	---/---	100,0 g
água até completar	-----	1,0 l.

Ambos eram feitos um pouco antes do seu uso, Da mesma maneira que os reveladores, nunca foram reaproveitados. Tempo de interrupção entre 30 s e 1 min. Foi notado que a concentração fornecida pela fórmula para o banho a base de ácido bórico é alta, pois houve saturação e precipitação da solução e do soluto respectivamente.

FIXAÇÃO E FIXADORES

A função da fixação é dissolver e remover os grãos de haleto de prata que não foram expostos à luz, e considerados não-reveláveis, da emulsão. Esta segunda etapa mais importante de todo processamento fotográfico transforma os haletos em sais solúveis que serão removidos da emulsão pela etapa posterior, a lavagem. Com isso, a fixação torna a imagem revelada estável, que pode ser, até, observada à luz ambiente sem nenhum problema.

Como os grãos de haleto não são solúveis em água, emprega-se, comumente, como solventes os tiosulfatos (hipossulfatos), sendo o mais usado em soluções fixadoras, o hipossulfito de sódio ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$). Os fixadores fotográficos não usam isoladamente o tiosulfito de sódio pois se deteriorariam num tempo curto. Portanto, é usual adicionar conservadores no fabrico de tais soluções, que tornam-as mais ácidas e eficientes na neutralização do revelador residual. Os conservadores mais adotados são: o sulfito de sódio, o bissulfito de sódio e o metabissulfito de potássio.

Os banhos fixadores são divididos em dois tipos: aqueles que empregam soluções compostas de um tiosulfato e água sendo chamados de banhos de fixação simples, e aqueles que usam soluções mais complexas sendo denominados de banhos de fixação ácida. Os fixadores mais comuns são: Adox F-33, o Kodak F-5 e o F-6.

Podemos classificar as soluções fixadoras complexas em 2: os fixadores para papéis que são mais simples e os fixadores com endurecedor melhor indicado para filmes.

Os fixadores são soluções reaproveitáveis e, aqui, foram usadas como tal. Seu tempo de vida útil é ditado pelo seu estado e ação após vários usos. Em geral, o tempo de fixação varia de 5 a 10 min, de acordo com o tipo da solução, o grau de esgotamento, a temperatura, a agitação e a própria emulsão. Um método eficiente e prático para determinar a duração da fixação, adotado neste trabalho, é verificar o tempo necessário para tornar, quase, transparente um filme não revelado e duplicá-lo, este será o tempo ideal. Este método não se aplica aos papéis. (Langford, M.J., 1979).

FIXADOR ADOTADO

Filme e Papel

Usei o mesmo fixador para ambas emulsões, a fim de reduzir os gastos e ganhar tempo. A solução fixadora foi o fixador endurecedor ácido, de boa durabilidade e bastante conhecido, o F-5 da Kodak cuja fórmula se segue:

hipossulfito de sódio	-----	240,0 g
sulfito de sódio	-----	15,0 g
ácido acético glacial	-----	13,0 ml
ácido bórico	-----	7,5 g
alúmen de potássio	-----	15,0 g
água até completar	-----	1,0 litro

O tempo de vida útil, conforme a Kodak, do F-5 é de 2 meses.

OUTRAS

Após a fixação, deve ser feito uma lavagem da emulsão a fim de eliminar todos vestígios do tiosulfato do fixador e os sais de prata residuais da fixação e solúveis em água. A lavagem é de grande importância para a permanência da imagem fotográfica, tanto do negativo ou positivo. Se não é feito uma boa lavagem, as imagens aparecem com tons meio amarelados ou sépia.

Normalmente, emprega-se a lavagem com água corrente por 30 a 60 min, contudo, pode-se usar banho de soluções do tipo eliminador de hipossulfito a fim de acelerar a etapa de lavagem. O banho de eliminador de "hipo" pode ser executado antes ou no começo da lavagem. Os eliminadores mais frequentes são: o permanganato de potássio, o hipocloreto de só dio, o persulfato e o perborato de potássio, porém, uma solução de amoníaco (NH_4OH) com água oxigenada (peróxido de hidrogênio, H_2O_2) atua muito bem.

Aqui, usei para a lavagem de filmes, o banho de 30 minutos de água corrente. Para papéis adotei esta lavagem e, também, outra que combina a lavagem com água corrente e com um eliminador de hipossulfito. Este eliminador foi comprado e sua respectiva fórmula está abaixo:

água oxigenada a 3%	125,0 ml
amoníaco a 3%	100,0 ml
água até completar	1,0 litro (Kodak)

Nesta solução as cópias devem permanecer por 10 seg após 2 minutos iniciais de lavagem com água e depois continuar a lavagem por mais 30 min. Tal tipo de lavagem foi adotado para as cópias que serão utilizadas para exposições.

Para filmes, é, bastante, comum usar um agente umectante a fim de reduzir, ou eliminar, as manchas de água provocadas durante a se cagem posterior. Em geral, banha-se por um minuto a emulsão numa solução de água + agente umectante e, em seguida, coloca-se o filme para secar num lugar limpo à temperatura ambiente, ou numa estufa.

Para papéis não usei agentes umectantes embora seja recomen dado após a lavagem.

Adotei o uso do produto Aspergol, da Edict(nacional), como agente umectante para filmes, que é disponível numa solução concentrada. Normalmente, dissolvi 2 gotas deste agente em 300 ml de água para cada rolo de filme no momento de sua utilização. O banho umectante foi, sempre, de 1 minuto com agitação contínua seguido da secagem num ambiente fechado à temperatura ambiente. O tempo de secagem foi, sempre, da ordem de horas.

Para efetuar a limpeza dos negativos, usei a substância te tracloroeto de carbono(CCl_4), comumente usada para tal. Ela retira as manchas eventuais ocorridas na secagem por causa de uma lavagem insufici ente.

7- SENSITOMETRIA

Sensitometria é o ramo da física que estuda como as emulsões reagem com a radiação eletromagnética(na fotografia, simplesmente luz). Representa um estudo científico das características dos filmes, tais como, a velocidade e contraste, e dos papéis, como por exemplo, a reprodução tonal. A sensitometria, portanto, compreende a medição da exposição que uma emulsão fotosensível recebe e a medição do escurecimento resultante, devido aos grãos de haletos de prata revelados e transformados em grãos de prata metálica negra.

Na prática fotográfica, é perfeitamente possível fazer boas imagens sem qualquer conhecimento a cerca desta ferramenta que é a sensitometria. Isto tem sido observado, com frequência, entre os fotógrafos ligado à area artística e profissional em nosso país, uma nação subdesenvolvida do 3º mundo carente da parte técnica do processo fotográfico. Contudo, na área da ciência, esta ferramenta é de grande utilidade e é, bastante, empregada, até, no Brasil. O conhecimento sobre este corpo teórico da técnica fotográfica torna-se indispensável para a obtenção do melhor aproveitamento dos materiais fotográficos sob todas condições, favoráveis ou não; o que geralmente ocorre na área científica onde se emprega a fotografia como processo de medição, de coleta de dados e de documentação. A astronomia óptica é um bom exemplo, onde a fotografia é utilizada para registrar espectros estelares, fazer fotometria de estrelas e galáxias, fazer cartas celestes, registrar imagens de objetos celestes e detectar a dinâmica de asteróides, satélites e estrelas, dentre outros objetivos em condições, bastante, adversas. Apesar da sensitometria não ser usada pela fotografia usual e prática, um conhecimento básico desta ferramenta teórica ajudaria muito no aperfeiçoamento da aplicação da técnica fotográfica para qualquer pessoa. Nesta seção, apresento conceitos básicos existentes na sensitometria da fotografia p&b de modo introdutório e simplificado.

Frequentemente, o estudo sobre o rendimento das emulsões fotosensíveis é feito sob condições controladas e precisas, geralmente, em

laboratórios. No entanto, é possível aplicar uma sensotimetria mais elementar em condições com menor grau de precisão, ou seja, na fotografia prática de acordo com suas características e limitações. Os métodos, do Sistema de Zonas e da Ação Conjunta da Exposição e Revelação do Filme, aplicados neste projeto são bons exemplos da aplicação da sensitometria na prática fotográfica.

- .. Tanto a sensitometria de laboratório como a prática permite:
- comparar emulsões em termos de contraste(γ), sensibilidade, formação de véu químico e densidade máxima,
 - estudar o efeito da ação da revelação no contraste e sensibilidade de uma emulsão,
 - prever os efeitos das alterações da exposição e revelação na escala de densidades do negativo(contraste ...),
 - prever a distorção de tonalidades provável de uma subexposição ou superexposição,
 - comparar a latitude de exposição permissível entre emulsões e objetos diferentes,
 - comparar velocidades e contrastes de emulsões distintas com uso de reveladores diferentes,
 - medir o intervalo de exposição e a escala tonal de um papel e
 - determinar fatores de filtros,
- dentre outras finalidades.

EXPOSIÇÃO, E

Comumente, referimos o tempo de exposição de um filme como sendo a exposição fornecida a ele. Conceitualmente, está errado, pois a exposição é definida como o produto da iluminação, I, recebida pela emulsão com o tempo de exposição, t, dado. É expressa por:

$$E = I.t \quad , \quad \begin{array}{l} I \text{ em lux} \\ t \text{ em segundos} \quad e \\ E \text{ em lux.s} \end{array}$$

Como a luminância varia para cada elemento de área do objeto fotografado, a iluminação recebida pelo filme, por exemplo, através da objetiva da câmera será diferente para cada elemento de área da emulsão. Portanto, a exposição fornecida ao filme será distinta para cada elemento fornecendo uma escala de exposição ao filme devido à escala de luminosidades do objeto (seção Natureza da Luz e Iluminação). Como o tempo de exposição, às vezes, tempo de obturação, é fixo, a variação da exposição sobre o filme é, somente, função da escala de luminosidades do objeto.

* TRANSMISSÃO, T , OPACIDADE, O , e DENSIDADE, D

Quando o filme é exposto à luz, ele recebe uma escala de iluminação sobre sua emulsão, e após seu processamento, os grãos de haleto de Ag expostos são revelados e fixados, escurecendo-se formando uma imagem negativa visível devido à redução dos grãos em prata metálica negra. O escurecimento é proporcional à exposição fornecida e à revelação dada ao filme, sendo medido por três grandezas físicas, a transmissão, a opacidade e a densidade.

A transmissão, ou transmitividade, T , de uma área do negativo, é definida como sendo a razão aritmética entre a intensidade luminosa da luz transmitida, I_t , pelo negativo e a intensidade luminosa da luz incidente, I_i , na área considerada. É adimensional e expressa por:

$$T = I_t / I_i$$

É sempre um valor menor que 1, geralmente, apresentada percentualmente. Ela varia inversamente com o escurecimento da imagem

A opacidade, O , é definida como o inverso da transmissão, ou seja, a razão entre a intensidade luminosa da luz incidente e a intensidade luminosa da luz transmitida por uma área do negativo. Também é adimensional e expressa por:

$$O = I_i / I_t \quad \text{ou} \quad O = 1/T$$

É um valor sempre maior que 1, e varia diretamente com o escurecimento da imagem negativa.

A densidade, D , também denominada de densidade fotográfica ou densidade óptica, é definida como sendo o logaritmo na base 10, \log_{10} ou simplesmente log, da opacidade. Também é adimensional e expressa por:

$$D = \log O \quad \text{ou} \quad D = \log 1/T \quad \text{ou, ainda,} \quad D = \log I_i / I_t$$

É a grandeza mais empregada na fotografia para medir o grau de escurecimento de uma imagem negativa. Assim como a opacidade, cresce com o aumento do escurecimento, sendo um valor sempre maior que zero. Quanto mais escura a imagem, maior será sua densidade e opacidade, e menor será sua transmissão. O escurecimento da imagem depende, primeiramente, da exposição e depois do grau de revelação, sendo que quanto maior a exposição maior será o escurecimento de sua imagem negativa, e, conseqüentemente, maior será o valor da densidade.

A transmissão e a opacidade estão ordenadas, de maneira inversa, numa escala numérica linear e a densidade está ordenada numa escala logarítmica. Abaixo, é apresentado a relação entre elas numa tabela.

D	O	T(%)	D	O	T(%)
0.0	1	100	1.6	40	2.5
0.1	1.3	79	1.7	50	2
0.2	1.6	63	1.8	63	1.6
0.3	2	50	1.9	79	1.25
0.4	2.5	40	2.0	100	1
0.5	3.2	32	2.1	126	0.8
0.6	4	25	2.2	158	0.6
0.7	5	20	2.3	200	0.5
0.8	6.3	16	2.4	251	0.4
0.9	8	12.5	2.5	316	0.3
1.0	10	10	2.6	398	0.25
1.1	13	7.9	2.7	501	0.2
1.2	16	6.3	2.8	631	0.16
1.3	20	5	2.9	794	0.12
1.4	25	4	3.0	1000	0.1
1.5	32	3.2	4.0	10.000	0.01

Tabela 3- Densidade, Opacidade e Transmissão correlacionadas.

Os conceitos de transmissão, opacidade e densidade como foram definidos, são válidos, apenas, ^{para} denotar o escurecimento dos grãos de prata em emulsões cuja base é "transparente", ou seja, os negativos e placas fotográficas. Neste caso, a densidade é denominada de densidade de transmissão.

No caso de papéis, cuja base é opaca, os conceitos de trans-

missão e opacidade não são aplicados, e a densidade é melhor denominada de densidade de reflexão, sendo definida pelo logaritmo na base 10 da razão entre a intensidade luminosa incidente, I_i , ao papel e a intensidade luminosa da luz refletida, I_r , pelo papel; e é expressa por:

$$D_r = \log(I_i / I_r) = \log(1/R), \text{ onde, } R: \text{ fator de reflexão, ou reflectância do papel.}$$

A densidade de transmissão é medida por densitômetros (seção Equipamento, tópico Microdensitômetro) de transmissão e a densidade de reflexão por densitômetros de reflexão. Uma maneira simples, porém, de pouca precisão, para efetuar medições relativas de densidades de reflexão é utilizar um fotômetro, manual ou TTL, como foi feito na determinação da Zona V(seção Lua).

Existem três tipos de densidade de transmissão quanto ao efeito de espalhamento da luz na sua transmissão através do negativo ou placa fotográfica, são eles:

-Densidade especular, determinada quando se usa iluminação incidente paralela e se mede somente a iluminação emergente normal à superfície do negativo.

-Densidade difusa, ou densidade totalmente difusa, determinada quando se usa iluminação incidente paralela e se mede a iluminação total transmitida, ou quando se usa luz incidente difusa e se mede apenas a luz emergente normal.

-Densidade duplamente difusa, determinada quando se usa luz incidente difusa e se mede a iluminação total transmitida.

A razão entre a densidade especular e a densidade difusa é denominada de coeficiente Callier, Q , ou fator Q Callier, é adimensional e expresso por:

$$Q = D_e / D_d , \quad \text{onde} \quad \begin{array}{l} D_e : \text{densidade especular e} \\ D_d : \text{densidade difusa.} \end{array}$$

Nunca é um valor menor que a unidade, sendo igual a 1 para densidade ≈ 0 . O coeficiente Callier varia com o tamanho do grão, a densidade local e o tipo de emulsão. Uma típica relação entre as densidades

difusa e especular é (Heudier, 1981):

$$D_d = 0,75 \cdot D_e$$

fornecendo um valor de aproximadamente 1,3 para o coeficiente Callier.

Devido as peculiaridades de cada densitômetro que se utiliza para medir densidades, difusa, especular ou duplamente difusa, os valores obtidos não são iguais de um instrumento para o outro. O mesmo acontece quando se usa microdensitômetro. Geralmente, adota-se uma padronização das medidas em relação a uma densidade universal, a da Kodak, sendo expressa por (Latham, 1978):

Densidade-Kodak = $d_0 + d_1 \cdot$ Densidade-medida, onde,

d_0 : coeficiente linear do ajuste linear por mínimos quadrados

d_1 : coeficiente de contraste relativo, ou coef. angular

Geralmente, a Kodak adota a densidade difusa no controle de seus produtos e nas tabelas e curvas características de seus filmes.

Na prática fotográfica, os três tipos de densidade são levadas em conta, a seguir, é apresentada uma tabela demonstrativa:

Tipo de trabalho	Densidade Efetiva
Impressão por contato, numa caixa com luz difusa num ampliador	duplamente difusa difusa
Ampliação com ampliador, a condensador difusor	especular difusa

Tabela 4- Densidades na prática.

As densidades podem ser classificadas em quatro diferentes espécies quanto ao sistema de medição, são elas:

-Densidade a um dado comprimento de onda, λ , ou monocromática.

-Densidade visual, luz incidente de tungstênio e receptor de resposta espectral similar a do olho humano normal.

-Densidade de impressão, sistema de medição cuja luz incidente é de tungstênio e o receptor possui resposta espectral similar a dos papéis fotográficos, ortocromáticos.

-Densidade fotoelétrica, onde o instrumento possui luz de tungstênio como luz incidente e emprega célula fotoelétrica como receptor sem uso de filtros seletivos.

., Geralmente, para a maioria dos propósitos fotográficos, emprega-se a densidade visual difusa.

Aqui, tive que optar pela densidade fotoelétrica especular nas medições com o microdensitômetro do OV para construção de curvas características e para a calibração da sensibilidade efetiva. Nas reproduções de positivos ampliados, a densidade levada em conta foi a de impressão especular e para folhas de contato, a densidade de impressão difusa.

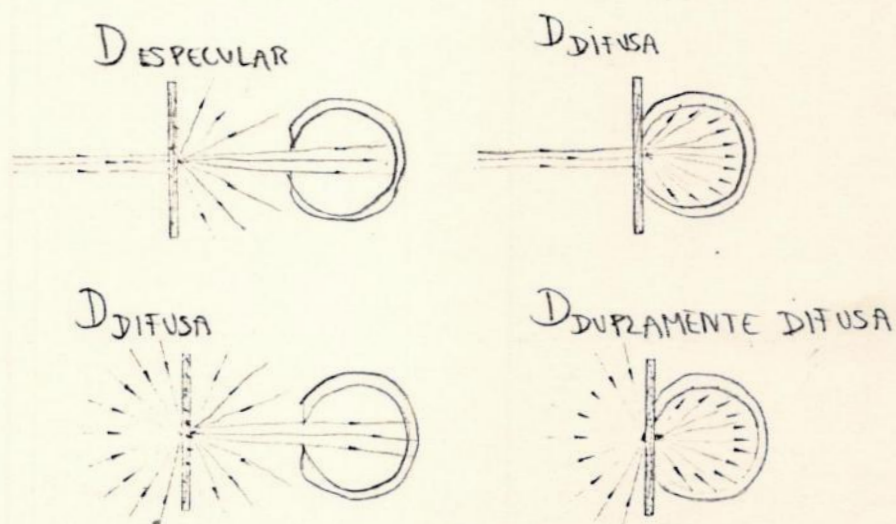


Figura 35- Sistemas ópticos para medição de diferentes tipos de densidade.

A CURVA CARACTERÍSTICA

Como vimos, quanto maior é a exposição dada a um filme maior será a densidade resultante devido à revelação dos grãos expostos à luz em grãos negros de prata metálica. A revelação, também, está relacionada com a variação em densidade. A relação entre a densidade resultante e a exposição recebida por cada área do filme é expressa graficamente pela chamada curva característica, também, denominada de curva $D \log E$ e curva

H & D, em referência aos cientistas e fotógrafos amadores F. Hurter e V. C. Driffield que foram os primeiros a investigar e publicar curvas deste tipo. A curva $D \log E$ representa, simplesmente, o efeito de diferentes exposições sobre a emulsão para uma dada revelação e revelador e é plotada num gráfico cuja abscissa é expressa em termos de $\log_{10} E$ e a ordenada é em termos de valores de densidade.

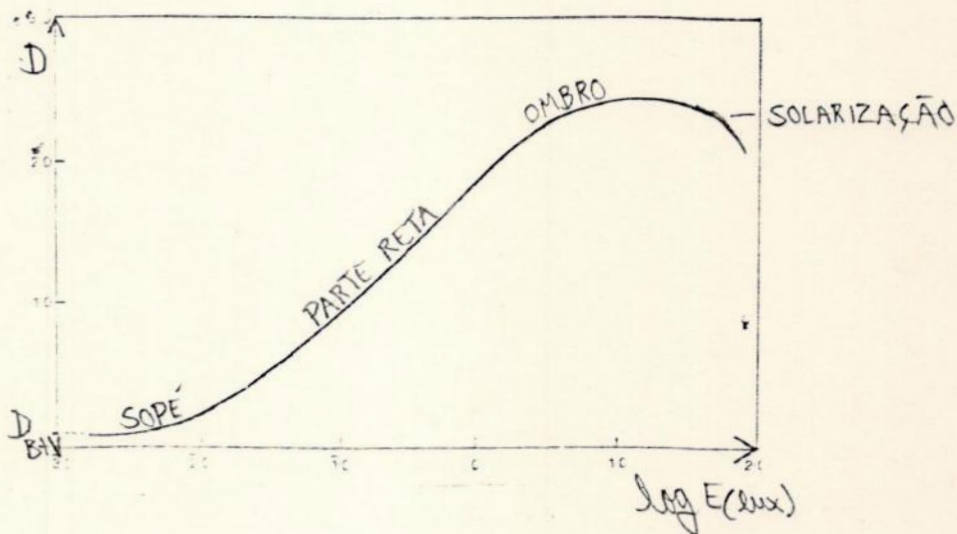


Figura 36- A curva característica e suas principais regiões.

A curva H & D pode ser dividida, basicamente, em cinco regiões: a base + véu químico, o sopé, a parte reta, o ombro e a região de solarização, no caso de emulsões negativas.

A região de densidade mínima corresponde a densidade da base da emulsão revelada por um certo revelador a um dado grau de revelação, representando a densidade da base mais o efeito da revelação em grãos não expostos à luz (véu químico). Não contém informação sobre o objeto fotografado, apenas do filme e revelação empregados. A densidade mínima muda ligeiramente com a ação da revelação e varia muito de filme para filme.

O sopé corresponde a região adjacente à base + véu, onde o filme começa a registrar informações do objeto devido ao aumento de exposição. O aumento da densidade com a exposição dá-se de um modo não linear, onde a variação pode ser suave ou brusca dependendo do filme e revelação. A revelação modifica de maneira pouca acentuada, a forma do so-

pé, e a exposição tem um efeito mais forte. O sopé, no Sistema de Zonas, é a região onde se encontram os baixos tons(mais escuros, no caso de po sitivos). Também referida como região de sub-exposição, ou limiar.

A parte reta da curva é onde o $\log E$ e a densidade se correspondem de modo linear cujo coeficiente angular é definido como gama, γ ,

$$\gamma = \operatorname{tg} \epsilon, \text{ onde } \epsilon : \text{ ângulo de inclinação da parte reta.}$$

É a região que contém maior quantidade de informações sobre o objeto e onde, no Sistema de Zonas, se encontram os tons médios de cinza(papel), também, dita de região de exposição correta. A ação da revelação(grau e revelador) atua, fortemente, na inclinação da parte reta, o γ . Sendo frequente, nos referimos ao grau de revelação através do valor do gama, que assume um intervalo amplo de valores. O γ indica o contraste da imagem.

O ombro é uma região onde, novamente, a relação entre a densidade e o log da exposição torna-se não linear. No Sistema de Zonas, é onde se encontra os tons altos de cinza(mais claros- papel), que transmitem pouca informações sobre o objeto. Corresponde à chamada região de su per-exposição. Nesta região, a revelação é que possui o maior efeito em comparação à exposição. É delimitada pela densidade máxima conseguida pelo filme e sua forma é definida pela revelação e o tipo de emulsão.

A região de solarização, embora não apontada na fotografia u sual, possui um certo interesse pois nela a exposição e a densidade variam inversamente, um aumento em exposição proporciona um decréscimo no valor da densidade. A exposição necessária para produzir solarização é da ordem de 1000 vezes maior que exposições normais, por isso é pouco ob servada. É delimitada pela densidade máxima também, uma maneira prática de observá-la é revelar o filme num gama reduzido e expô-lo sucessivamente até atingir a densidade máxima.

Outro conceito relativo às curvas H & D é o de ponto de inércia, que é a intersecção da porção extrapolada da parte reta da curva com a reta paralela ao eixo do $\log E$ cuja ordenada é igual ao valor da densidade da base + véu($D_{\text{mín}}$). O ponto de inércia foi bastante útil para antigas emulsões e, atualmente, usa-se o ponto de confluência que possui a mesma função para analisar o efeito da revelação sobre a forma da curva.

Geralmente, as curvas características são apresentadas num gráfico cuja abscissa é uma medida relativa do $\log E$ e a ordenada corresponde à densidade subtraída do valor de D_{\min} , ou D_{B+V} . O uso de medidas relativas de exposição não altera em nada a forma das curvas, sendo uma maneira prática quando não se pode obter exposições absolutas (em lux.sec).

GRADIENTE MÉDIO, OU ÍNDICE DE CONTRASTE

O uso do gama como indicador do contraste do negativo é válido quando sua curva característica não possui um sopé longo e a exposição foi feita dentro da parte reta da curva. Porém, hoje, com filmes modernos e ampliadores a condensador, a exposição situa-se ao longo de toda a curva incluindo a região do sopé. Portanto, o uso do gama tem sido trocado pelo do índice de contraste, IC , da Kodak, ou gradiente de contraste, também chamado de gradiente médio, \bar{G} , da Ilford. O índice de contraste é definido como sendo o coeficiente angular de uma reta que inclui o sopé da curva H & D. Mede-se a inclinação da reta que passa pelos pontos cujas ordenadas são valores de densidade de 0,1 e 2,0 acima da densidade mínima (D_{B+V}). O valor de IC sempre é menor do que o do γ .

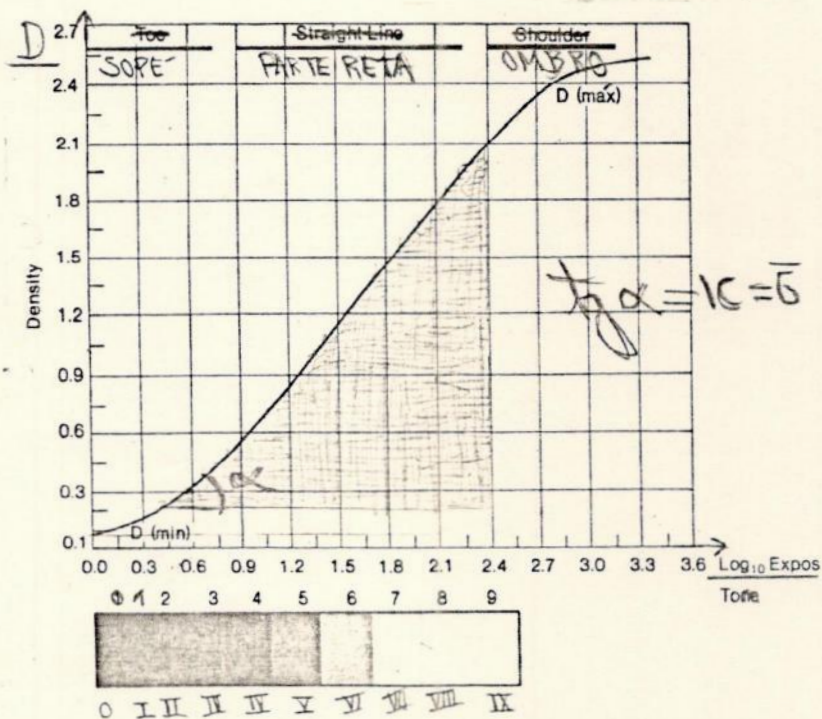


Figura 37- A curva característica, a escala tonal e o índice de contraste.

SENSIBILIDADE OU VELOCIDADE

Geralmente, o ponto a partir do qual a curva $D \cdot \log E$ começa a se elevar acima da densidade da base mais véu constitui uma boa indicação da velocidade de uma emulsão. O sistema ISO de determinação e de expressar a sensibilidade de um filme adota o cálculo da exposição mínima necessária para produzir uma densidade de 0,1 acima da densidade D_{B+V} (seção Emulsões, tópico Características de emulsões).

ESCALA DE LUMINOSIDADES E DE DENSIDADES

* É chamada de escala de luminosidades na fotografia p&b, a escala de tons contínuos entre o branco e o preto "observada" numa cena ou objeto. É nela que se aplicam os conceitos de altas luzes e baixas luzes, que indicam, usualmente, as áreas mais luminosas e mais escuras de uma imagem respectivamente. Quando a diferença entre as iluminações percebidas para as altas luzes e baixas luzes é acentuada, dizemos que a imagem é contrastada, caso contrário, se a diferença for pouca, a imagem terá contraste baixo. O contraste normal para a escala é algo relativo, em geral, é da ordem de 10 passos de exposição (fotômetro fotográfico).

A escala de densidades do negativo corresponde, na fotografia p&b, à escala de tons contínuos de densidades entre os valores mínimo e máximo assumidos para densidade. Quando a diferença entre $D_{\text{mín}}$ e $D_{\text{máxima}}$ é, relativamente, alta a imagem é dita contrastada, caso contrário será de baixo contraste. Novamente, o conceito de contraste normal é bastante relativo, dependendo de diversos fatores ligados ao filme papel e revelação. Em geral, a escala de densidades varia num intervalo de zero a três.

Estas duas escalas estão relacionadas por meio da curva característica onde a escala de luminosidades se dispõe no eixo horizontal sendo denominada, também, de escala de exposições. A escala de densidades, é claro, se encontra no eixo vertical. As baixas luzes da cena correspondem-se, quando o filme é devidamente exposto e revelado, com a região do limiar da curva (densidades baixas) e as altas correspondem-se com a região do ombro (valores altos de densidades).

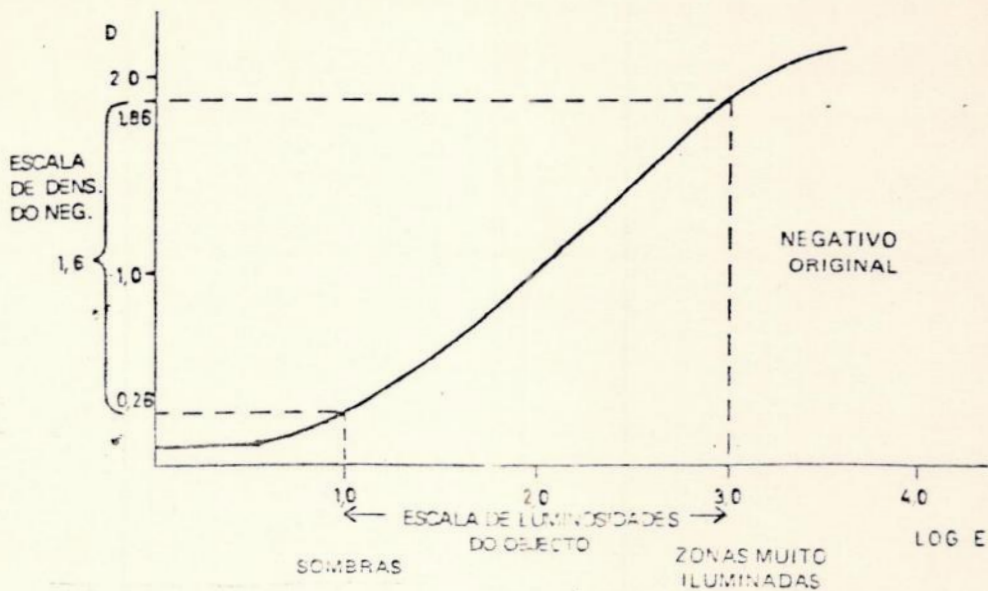


Figura 38- As escalas de luminosidades e de densidades para um negativo de contraste "normal".

ANÁLISE DA CURVA CARACTERÍSTICA

É bom lembrar que nenhuma curva característica de uma emulsão pode prever completamente os resultados da aplicação prática da fotografia, porém, representa uma grande ajuda compreender seu comportamento. As curvas H & D mudam de forma com a revelação e com a emulsão, e a escala de luminosidades de um objeto "passeia" ao longo delas devido à variações na exposição.

Efeito da exposição

Costuma-se dizer que a variação na exposição atua mais nas baixas luzes, densidades menores do negativo. Quando expõe-se corretamente o filme, a escala de luminosidades cai na parte reta e na região do sopé da curva, isto ocorre sob uma revelação normal do filme. Desta maneira, o negativo carregará bastante informações sobre o objeto de interesse.

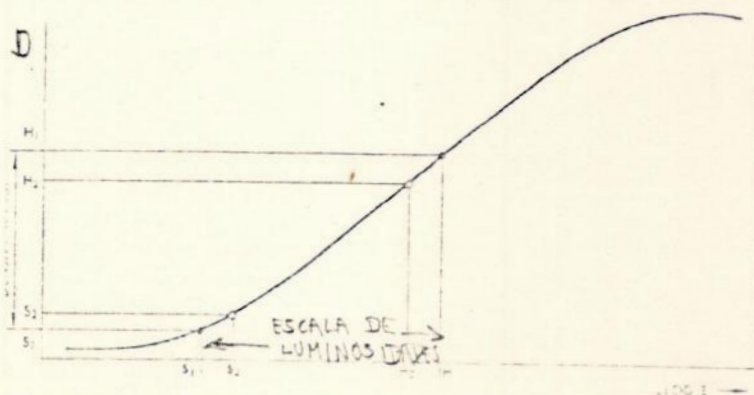


Figura 39- Exposição "correta" sob revelação "normal".

Quando se expõe um filme abaixo daquela exposição "correta" a escala de luminosidades do objeto cai na região do sopé principalmente, região das baixas luzes e de densidades baixas. Isto ocorre, se a revelação do filme não for modificada para corrigir esta sub-exposição. Neste caso, perde-se informações sobre as áreas de sombra do objeto.

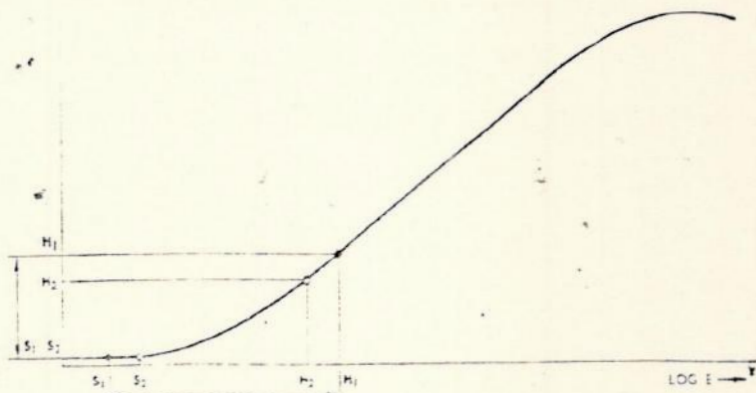


Figura 40- Sub-exposição sob revelação normal.

Quando o filme é exposto acima da exposição "correta", a escala de luminosidades do objeto cai na parte reta e no ombro da curva característica do negativo revelado normalmente. A super-exposição, ao contrário da sub-exposição, acarreta perda de detalhes a cerca das áreas de altas luzes do objeto.

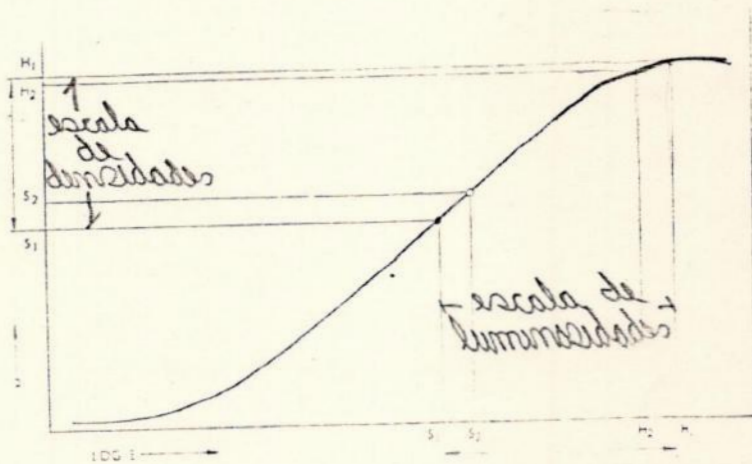


Figura 41- Considerável super-exposição sob revelação "normal".

Latitude de exposição

Também denominada de tolerância de exposição, a latitude representa a diferença tolerada, e medida no eixo de $\log E$, entre a sub-exposição e super-exposição sem perdas de detalhes nas baixas e altas luzes, respectivamente. A latitude de exposição depende tanto da amplitude da escala de luminosidades do objeto como da forma da curva característica (principalmente a inclinação, ou contraste, ditado pela revelação e emulsão). Um objeto de baixo contraste, reduzida escala de luminosidades, aceita uma tolerância maior de exposição do que um objeto mais contrastado, se os dois forem fotografados com a mesma emulsão com o mesmo gama de revelação. Agora se a curva possuir uma inclinação suave, baixo contraste, a latitude será grande.

Se tivermos um objeto de pouco contraste registrado num negativo conseguido com uma revelação reduzida, a liberdade que teremos em exposição será grande. E se quisermos registrar numa emulsão de alto contraste, devido à sua revelação ou tipo, um objeto de contraste alto, teremos muito pouca liberdade em exposição para fazer uma boa fotografia.

Normalmente é dito: "Expor para as sombras e revelar para as altas luzes", na aplicação da fotografia preto e branco. Isto significa o mesmo que: expor mais que o correto e revelar abaixo do normal. Super expondo ligeiramente o filme, consegue-se mais detalhes nas sombras do que sub-expondo, e revelando-o ligeiramente abaixo do normal, compensa-se a super-exposição sem perder detalhes nas altas luzes. Contudo, uma exposição acima do permitido pode provocar uma perda de informações nas altas luzes devido aos problemas de irradiação, halo e saturação. A latitude de exposição está relacionada, também, com impressão de positivos que transporta para as reproduções positivas as imagens negativas carregando as informações e detalhes das baixas e altas luzes do negativo (e do objeto). Em geral, é mais fácil corrigir uma imagem super-exposta, ligeiramente, na ampliação do que uma imagem que foi pouco exposta.

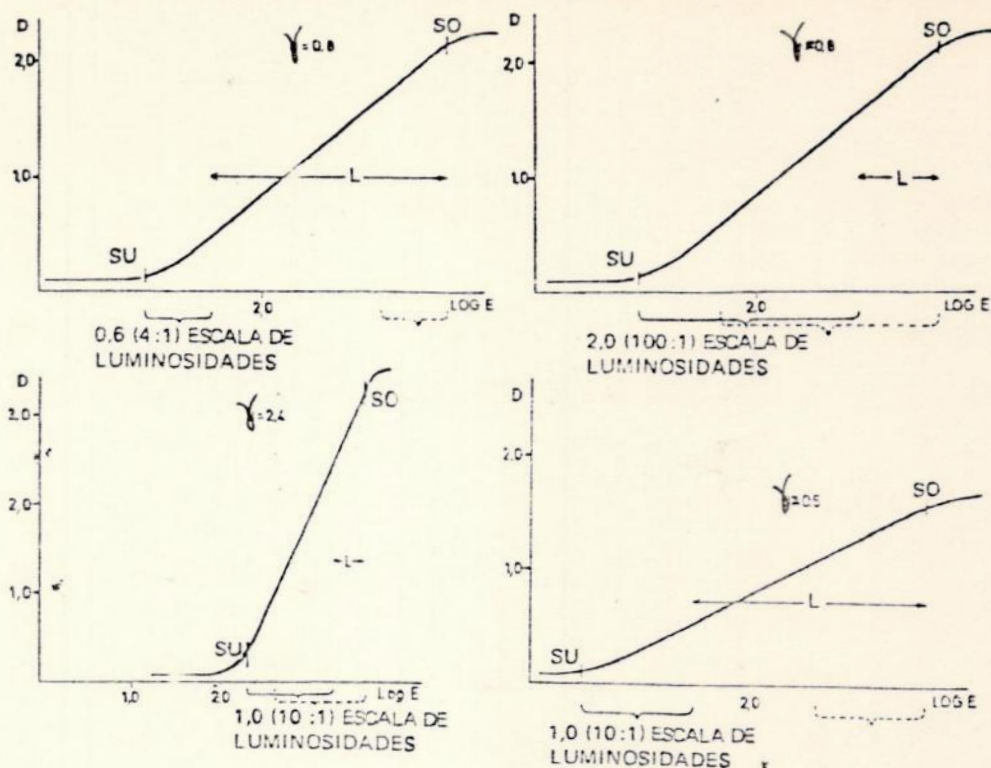


Figura 42- Efeito da escala de luminosidades e do contraste do negativo sobre a latitude de exposição. SU, limite tolerado para a sub-exposição e SO, limite tolerado para a super-exposição; L, latitude efetiva de exposição.

Efeito da revelação

Ao contrário do efeito da exposição, a revelação atua mais nas densidades altas, altas luzes, do negativo do que na região das sombras, o sopé da curva. O grau de revelação melhor definido pelo gama ou índice de contraste atua, principalmente, na inclinação da parte reta da curva $D \cdot \log E$. O grau de revelação é ditado pela temperatura da solução, o padrão de agitação durante a revelação e a duração, tempo, desta. Uma temperatura elevada, até 26°C , uma agitação acentuada, ou um tempo de revelação longo, até um limite aceitável, produzem o mesmo efeito de acentuar a inclinação da parte reta (contraste do negativo), de acordo com seu grau de atuação. Em geral, adota-se o efeito do tempo de revelação como o mais relevante. É mais fácil controlar o tempo do que a temperatura e o padrão de agitação (bastante pessoal para a fotografia p&b artesanal).

O maior efeito da variação do grau de revelação recai sobre a escala de densidades da imagem negativa, alterando o seu contraste. U-

ma emulsão revelada abaixo do normal produzirá um negativo com pouco contraste (escala reduzida de densidades), e um filme revelado acima do normal proporcionará uma imagem negativa com contraste elevado (ampla escala de densidades para a escala de luminosidades do objeto). Isto é válido, quando não se altera a exposição do filme aplicada a fim de compensar variações na revelação. Em outras palavras, a sub-revelação contrai a escala de densidades provocando perdas de informações nas altas luzes e a super-revelação expande a escala de densidades separando melhor os tons médios e as altas luzes e atuando pouco no sopé da curva.

É comum dizer que quando fazemos uma expansão de revelação, super-revelação, estamos aumentando a velocidade da emulsão (na maneira coloquial, estamos "puxando" o filme). Na verdade, ocorre um aumento de sensibilidade sim, porém, é apenas relativo, pois a expansão atua mais nas densidades altas alterando principalmente a inclinação da parte reta. As densidades baixas são pouco alteradas com a expansão (ou contração). A real alteração de sensibilidade faz a curva deslocar no sentido horizontal, paralelo ao eixo da exposição, e não mudar apenas de inclinação.

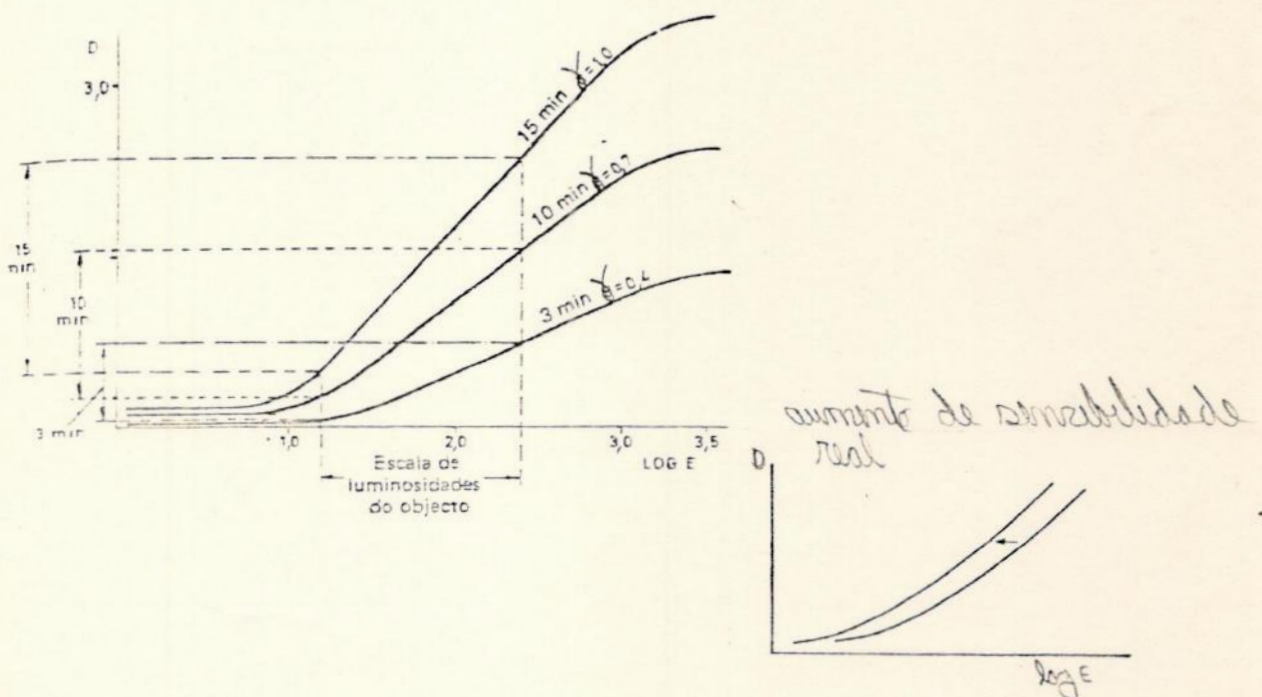


Figura 43- Efeito da revelação e real mudança de velocidade.

Variação da curva com a emulsão

As curvas H & D de diferentes emulsões variam de forma e de posição ao longo do eixo de logE. As principais variações na forma são: a inclinação da parte reta, o gama, e o extensão desta, outras são: a variação e extensão do sopé da curva. A posição da curva no eixo da exposição está relacionada com a sensibilidade da emulsão. É bom lembrar que o gama é facilmente manipulado pela revelação e que a exposição faz a escala de luminosidades caminhar pela extensão de toda curva, principalmente na parte reta. Estou querendo dizer que a forma da curva é variável, e não fixa, de acordo com a exposição e revelação efetuadas para a emulsão. Os fabricantes de emulsões publicam curvas características, que devem ser consultadas apenas como referência, pois foram obtidas em condições controladas de exposição e revelação específicas em laboratórios.

Emulsões negativas modernas fornecem, em geral, um gama entre 0,7 e 0,8 sob revelação "normal", tendo um sopé suave e longo além de um parte reta pouco extensa.

Em geral, as curvas das emulsões mais sensíveis encontram-se à esquerda das emulsões mais lentas.

CURVA GAMA-TEMPO

A fim de observar a ação do tempo de revelação, a principal variável que atua no grau desta, sobre o contraste conseguido para a escala de densidades da emulsão, é plotado uma curva gama-tempo. Esta curva é disposta num gráfico cuja ordenada é expressa em valores de gama e a abscissa representa o tempo da revelação, para um determinada emulsão e uma certa solução reveladora.

Tais curvas servem para comparar a ação de diferentes reveladores sobre uma mesma emulsão, e, também, comparar emulsões diferentes reveladas por um mesmo revelador.

O gama de uma revelação varia rapidamente no começo desta, diminuindo sua taxa de crescimento ao decorrer e finalmente estabilizando-se num determinado valor onde qualqueamento no tempo de revelação não alterará o contraste. O valor do gama neste ponto de estabilidade é dito gama "infinito". Uma emulsão que proporciona um valor elevado para o gama infinito é considerada uma emulsão de alto contraste.

Normalmente, os fabricantes publicam curvas semelhantes para suas emulsões, principalmente filmes. Estas curvas são chamadas de curvas de índice de contraste onde a ordenada do gráfico é expressa em valores de índice de contraste, e não de gama. Novamente, estas curvas são obtidas sob condições específicas de laboratório, servindo apenas como de referência para o fotógrafo, que poderia traçar suas próprias curvas.

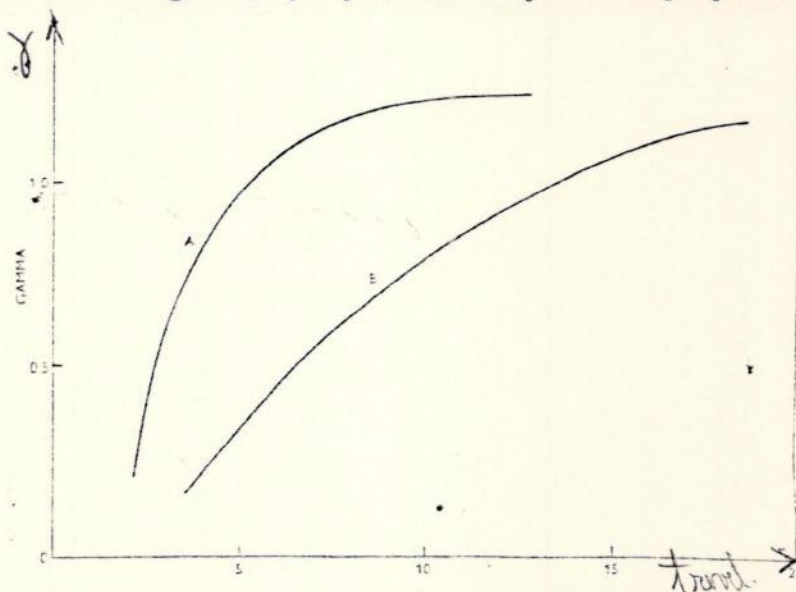


Figura 44- Curvas gama-tempo para a mesma emulsão revelada por dois diferentes reveladores. A: revelador tipo metol-hidroquinona de ação rápida, e B: revelador do tipo metol-hidroquinona com bórax, mais lento e suave.

FALHA DA RECIPROCIDADE

A lei da reciprocidade, descoberta por Bunsen e Roscoe em 1862, diz que a densidade conseguida numa emulsão depende simplesmente da energia luminosa total recebida por ela. Esta energia é indicada pelo produto da iluminação recebida pelo tempo de exposição dado, ou seja, a exposição, E , fornecida, $E = I.t$. A resposta à luz deverá ser proporcional a este produto, onde qualquer variação em um dos termos deveria ser acompanhado de um variação inversamente correspondente para proporcionar uma mesma densidade fotográfica.

Contudo, o efeito fotográfico depende dos valores individuais associados à iluminação, I , e ao tempo de exposição, sendo esta falha da lei da reciprocidade descoberta por Abney, e simplesmente denominada de

falha da reciprocidade.

Todas emulsões apresentam esta falha, sendo nos filmes mais acentuada, ocorrendo, principalmente, quando o tempo de exposição é muito curto, da ordem de $1/4000^S$, ou muito longo, maior que 1 s, e, também, quamdo o índice de iluminação é muito elevado ou muito baixo.

Na fotografia usual, esta falha não é levada em conta, porém na fotografia astronômica é de grande relevância. O efeito principal desta falha na resposta do filme ocorre na sensibilidade relativa dele, geralmente, a velocidade decai quando se expo^ẽ muito para níveis baixos de iluminação. A razão para a perda de sensibilidade para longas exposições num nível reduzido de iluminação é que a probabilidade de incidência e captura de fótons por átomos de prata é bastante pequena. No caso de curtas exposições sob uma iluminação alta, o efeito é o mesmo e a explicaçãõ é que muitos fótons incidem sobre os grãos de Ag e nem todos conseguem ser capturados para formar a imagem latente.

A falha da reciprocidade varia de filme para filme e é mais acentuada para os mais sensíveis. A fórmula clássica Schwarzschild para o cálculo do efeito da falha sobre a rapidez efetiva de filmes é mostrada abaixo:

$$\text{sensibilidade efetiva} = \text{sensib. do filme} \cdot t^{p-1}$$

onde t: tempo de exposição e
p: expoente de Schwarzschild

O expoente assume valores entre 0,6 e 0,65 para filmes de ISO 400, entre 0,75 e 0,8 para filmes do tipo Technical Pan e Panatomic-X, e entre 0,95 e 1,0 para filmes que não apresentam esta falha de reciprocidade reduzida.

CURVA CARACTERÍSTICA PARA POSITIVOS

As curvas H&D para papéis são semelhantes aquelas para negativos, porém a ordenada do gráfico é expressa em valores de densidade de reflexão. Quanto mais escuro é o positivo, maior será sua densidade. Raramente a densidade de reflexão ultrapassa do valor de 2,0(1% de reflectânu

cia). As curvas para papéis apresentam as mesmas regiões com ligeiras diferenças:

- a densidade da base + véu é praticamente igual a zero,
- o sopé é longo extendendo-se até densidades altas,
- a parte reta é bastante reduzida ,
- a inclinação é bastante acentuada e
- o ombro localiza-se em região abaixo do valor 2,0 em densidade.

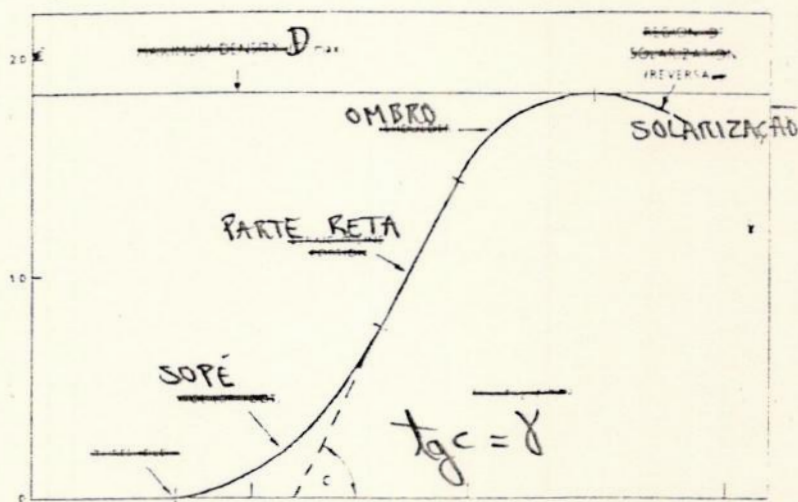


Figura 45- Curva característica de um papel.

Os conceitos de sensibilidade, contraste, escala de exposições e escala de densidades são também aplicáveis às curvas de positivos.

As curvas variam de forma para os diferentes tipos de papéis sendo os principais, os de emulsão de brometo de prata, os de clorobrometo e os de cloreto.

O efeito da variação da exposição da imagem negativa sobre o papel tem a mesma função de fazer a escala de exposição passear ao longo da curva. A latitude de exposição também dependerá do contraste do objeto(no caso, do negativo), da escala de densidades permitida por uma dada revelação, estando relacionada com a revelação, portanto.

O efeito da revelação é semelhante, sendo o tempo o mais importante, aquele para os negativos. O tempo de revelação atua basicamente na inclinação da parte reta, variando também a sensibilidade efetiva do papel.

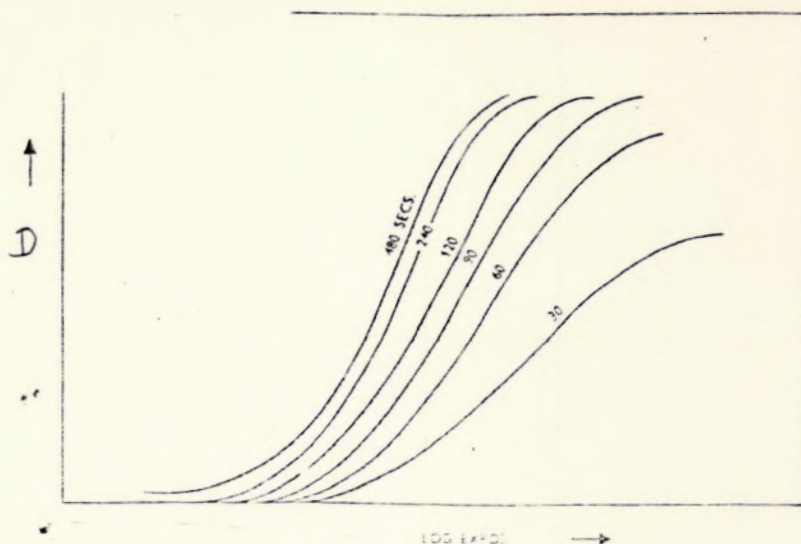


Figura 46- Efeito da revelação num papel de brometo.

A forma das curvas características varia com a gradação original do papel, contraste tonal. Os papéis de gradação suave são indicados para negativos com escala de densidades ampla, os papéis de gradação contrastada são indicados para negativos com pouco contraste e os papéis de gradação normal para negativos de contraste normal. Como já foi dito, isto são apenas dicas, pois na prática é difícil definir o conceito de contraste normal, assim como, exposição correta e revelação normal.

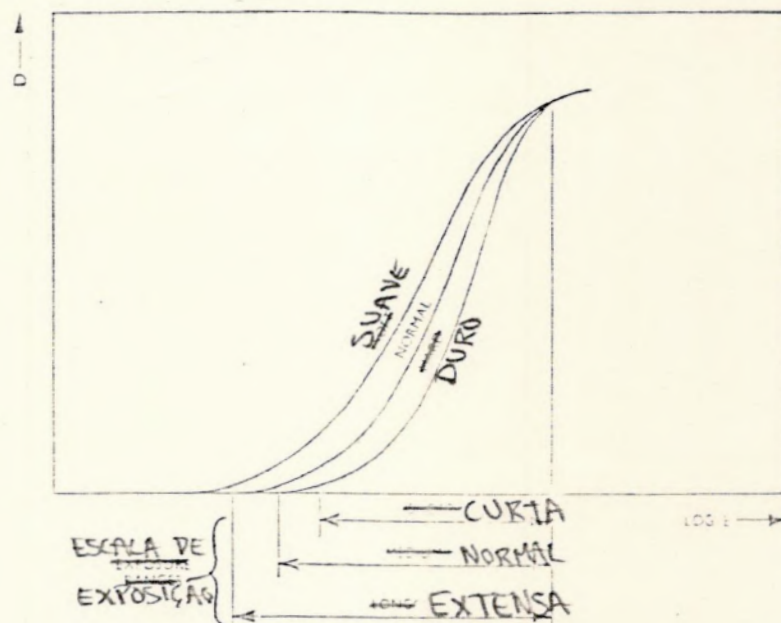


Figura 47- Diferentes gradações de contraste de papéis.

ESCALA DE TONALIDADES

Refere-se à escala de densidades de reflexão conseguidas num positivo como sendo a escala de tonalidades delimitada pela densidade da base do papel, mínima ou branco máximo, e pela densidade máxima, negro máximo. É contrastada quando há poucas tonalidades entre o branco e o preto e de baixo contraste quando há muitas tonalidades de cinza sem a presença do branco e negro máximos. Está diretamente relacionada com a escala de exposição dada ao papel, devido basicamente ao contraste, ou escala de densidades, do negativo, além da revelação aplicada ao papel de uma certa gradação. Em termos de densidades, a escala de tonalidades é, em geral, mais curta do que a escala de densidades do negativo, variando no intervalo de 0 a 2,0 .

REPRODUÇÃO TONAL

A relação entre a escala de tonalidades obtidas num positivo e a sua correspondente escala de luminosidades própria do objeto fotografado, é denominada de reprodução tonal. Contudo, esta relação não é direta, pois quando reproduzimos uma cena, utilizamos a escala de densidades da imagem negativa desta cena. Portanto, na reprodução tonal ocorre uma correlação entre a escala de luminosidades do objeto e a escala de densidades de sua imagem negativa, entre a escala de densidades e a escala de tonalidades de sua imagem positiva, e, por fim, entre a escala de luminosidades do objeto e sua respectiva escala tonal positiva.

Grande parte desta Seção baseou-se no texto de Horler(1971).

8- PROCESSO FOTOGRAFICO PRETO E BRANCO

A fotografia é, apenas, um dos processos de obtenção de imagens permanentes criado pelo ser humano visando uma coleta de dados e transmitindo informações. Outros processos são, por exemplo, a pintura, a gravura, a escultura, o vídeo e a computação gráfica. Assim como os outros, a fotografia baseia-se numa teoria, uma técnica e uma linguagem. A teoria envolve todo corpo de conhecimento nas áreas da física, química, arte e filosofia que atuam no processo fotográfico. A técnica consiste em tornar sistemáticos todos os procedimentos fotográficos: a exposição, a revelação e a impressão de positivos. A linguagem está mais relacionada com a sistematização do uso da fotografia como meio de comunicação envolvendo aspectos estéticos e artísticos.

É importante, o conhecimento por parte da pessoa que manipula a fotografia(em geral, chamada de fotógrafo) da teoria fotográfica, nem que seja, apenas, com a prática. A partir do domínio da técnica fotográfica, o fotógrafo terá maior liberdade em trabalhar com este processo, para fazer imagens de qualidade direcionadas para uso científico, ou para a criação artística. Agora, com o domínio de uma linguagem fotográfica(de repente, há várias, dependentes do aspecto cultural), o fotógrafo poderá aperfeiçoar sua criação artística transmitindo, eficientemente, o que sentiu ou pensou.

Lembrando o Círculo Fotográfico(figura 1), o processo da fotografia, como um todo, deve levar em conta os seguintes itens para ser eficiente:

- percepção do objeto
- composição e perspectiva da imagem
- iluminação
- formação da imagem na câmera e filme (exposição)
- processamento do filme(revelação principalmente)
- impressão de cópias
- eficiente reprodução de cor, tonal e de detalhe
- permanência de imagens negativas e positivas

Aqui, a intenção central foi trabalhar com a técnica fotográfica aplicando estudos sensitométricos das emulsões, e colocando de lado os aspectos científicos e artísticos para a utilização das imagens.

DETERMINAÇÃO DA EXPOSIÇÃO

A exposição "ideal ou correta" que se deve fornecer a um filme, geralmente, é baseada no uso correto do fotômetro da câmera, em tabelas fornecidas pelo fabricante do filme, em fórmulas teóricas ou empíricas, e, também, no bom senso prático do fotógrafo.

A determinação da exposição "ideal" depende, principalmente, dos seguintes fatores:

- percepção humana
- características da luz incidente (qualidade espectral, intensidade e constância)
- características da luz refletida por diferentes partes do objeto (espectro e intensidade) devido às suas propriedades refletoras (reflectância e cor), fornecendo uma certa escala de luminosidades
- transmissão da luz refletida até a câmera, com absorção
- transmissão interna (objetiva e corpo) da luz com perdas de luz e contraste na formação primária da imagem
- abertura da objetiva (número f/ ou relação focal)
- velocidade de obturação (tempo de exposição)
- razão de reprodução (ampliação da imagem e dist. focal)
- características da emulsão do filme (velocidade, resposta espectral, contraste e outros ligados à definição de imagem) atuantes na formação da imagem latente
- revelação (revelador e grau de revelação)
- aspectos subjetivos (finalidade da fotografia)

DETERMINAÇÃO DA REVELAÇÃO

A revelação "ideal ou normal", que devemos efetuar no processamento de um filme, baseia-se, comumente, na calibração do instrumental óptico com o material fotográfico, nas tabelas fornecidas pelo fabricante do filme, e no bom senso prático do fotógrafo ou laboratorista.

A determinação da revelação "normal" depende, principalmente, dos seguintes fatores:

- solução reveladora e seu estado (tipo, agentes reveladores, vida útil e oxidação)

- diluição da solução reveladora de uso, que dita o γ de rev.
- temperatura durante a revelação que se relaciona com o tempo
- agitação durante a revelação que atua na uniformidade desta
- tempo de revelação que dita, diretamente, o gama da rev.
- tipo da emulsão(ISO,...)
- exposição dada previamente ao filme
- aspectos subjetivos(finalidades)

IMPRESSÃO DE POSITIVOS

Defino como impressão de positivos, ou simplesmente, ampliação, as etapas de exposição e processamento(revelação, interrupção, fixação, lavagem e secagem) aplicadas aos papéis durante a reprodução de imagens fotográficas(negativo \rightarrow positivo ampliado). Portanto, a impressão de positivos envolve aspectos similares àqueles citados para a exposição e revelação de filmes.

A impressão "ideal" para positivos depende, simplificada-mente, dos seguintes fatores:

- qualidades do negativo(contraste, granulação e estado)
- características do ampliador(fonte de luz, modo de iluminação do negativo, qualidade óptica da objetiva e sua abertura, iluminação da imagem ampliada e estado de limpeza)
- tempo de ampliação e n° f/ usado da objetiva
- características do papel(gradação de contraste, sensibilidade, marca e base)
- revelação do papel(solução reveladora, diluição, temperatura, agitação, tempo e estado)
- grau de ampliação(altura do ampliador)
- observação da cópia final
- aspectos subjetivos(experiência, fins e controle da exposição e revelação)

ANÁLISE

Neste projeto, visei obter reproduções fotográficas dos objetos celestes: o Sol, a Lua, os planetas, Vênus, Marte, Júpiter e Saturno

além de constelações, com qualidade tonal e de contraste e que contivesse a maior quantidade possível de informação sobre o objeto percebido ao telescópio(ou astrocâmera). Adiante, cito os métodos adotados descrevendo os procedimentos aplicados incluindo estudos sensitométricos empíricos das emulsões adotadas.

Como pode-se perceber, para o cálculo da exposição "ideal" devemos levar em conta diversos fatores, o mesmo acontecê para a revelação "normal" e a melhor impressão de positivos, sendo que estas três etapas do processo fotográfico estão interligadas entre si. Podemos dizer que existem vários graus de liberdade para o cálculo da exposição, revelação e reprodução. Os adjetivos "ideal, normal, e correto" dados para estas etapas indicam a otimização de todo processo para a obtenção de imagens de qualidade, contudo, estão sujeitos à subjetividade do fotógrafo. O questionamento sobre estes termos sob o ponto de vista, técnico, artístico e filosófico é, bastante, válido, e na seção Introdução é feita uma pequena reflexão sobre o processo fotográfico como forma de representar a "realidade".

Pode-se dizer que o grande número de graus de liberdade existentes na técnica fotográfica torna o processo fotográfico um tanto complexo. É comum se ouvir que basta, apenas, uma máquina boa para se tirar bonitas fotografias, só que não se lembra da presença do homem por trás do fazer fotográfico, elemento decisivo no controle do processo. Ocorre, também, uma falta de sistematização na aplicação da técnica fotográfica, ou seja, uma calibração prévia do instrumental óptico(câmera e ampliador) com o material(emulsões e reveladores) fotográfico baseada num determinado método, na maioria das vezes, básico. É, bastante comum notar que diversos fotógrafos, profissionais e/ou amadores, não costumam levar em questão a teoria da técnica, considerando, principalmente, a experiência pessoal como aspecto importante. Apesar de se conseguir na prática um bom domínio da técnica fotográfica, é importante frisar que o domínio da técnica com base num corpo teórico é de grande utilidade, auxiliando na obtenção de imagens de qualidade.

A fim de obter imagens fotográficas com qualidade tonal e de talhes tanto nas baixas e altas luzes, devemos aplicar um método que faça uma reprodução tonal eficiente. Ou seja, este método da fotografia básica ou de certa elaboração teórica deve ajustar a exposição, revelação e impressão de positivos de maneira que a correlação entre as escalas de luminosidades do objeto e de tonalidades de sua imagem positiva seja satisfatória.

A revelação eficaz de uma determinada cena deve proporcionar uma correlação boa entre a escala de luminosidades da cena e a escala de densidades de sua respectiva imagem negativa, devidamente exposta.

A impressão de positivo eficiente para uma determinada imagem negativa deve proporcionar uma boa correlação entre a escala de densidades do negativo e a escala tonal da imagem no papel.

Assim, fazendo uma eficiente correlação entre a curva característica do negativo e a curva do papel consegue-se uma eficaz reprodução tonal.

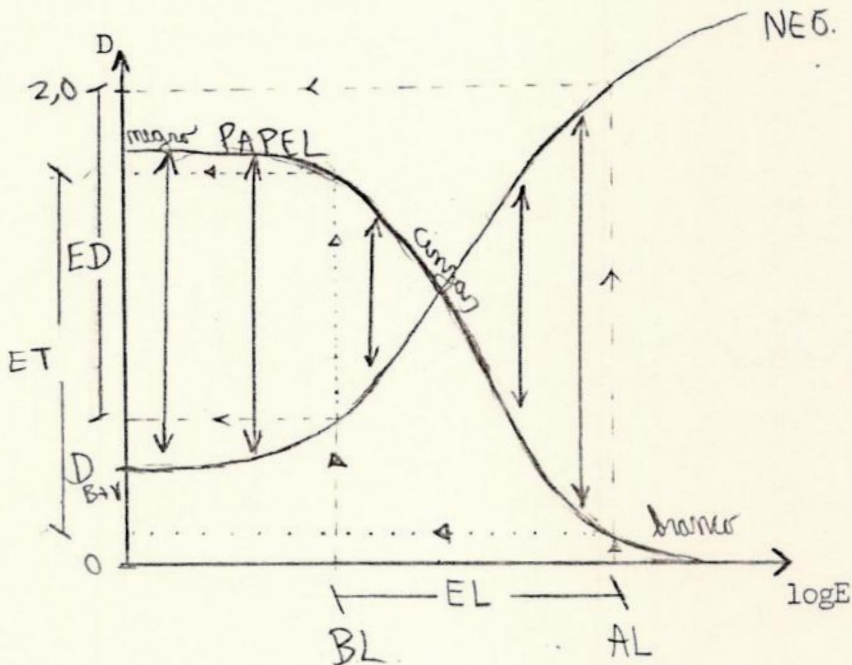


Figura 48 - Correlação entre as curvas características de um negativo e de um positivo. EL: escala de luminosidades, BL: baixas luzes, AL: altas luzes, ED: escala de densidades e ET: escala de tonalidades.

MÉTODOS E PROCEDIMENTOS ADOTADOS

Neste trabalho, basei-me em dois métodos para sistematizar a obtenção de reproduções fotográficas dos objetos celestes citados, anteriormente. Os métodos foram: o Sistema de Zonas criado e divulgado por Ansel Adams aplicado para a Lua e o método da Ação Conjunta da Exposição e Revelação do Filme, indicado pelo orientador, para os demais objetos.

O método do Sistema de Zonas de Adams suporta uma calibração do instrumental óptico com o material fotográfico adotado, compreendendo várias etapas de calibração: determinação da sensibilidade efetiva do filme, do tempo normal de revelação e do tempo padrão de impressão de positivo (Saltzer, 1979). Tal método foi adaptado por nós, sofrendo ligeiras modificações. Na seção Lua, é descrito sua aplicação e resultados.

O método da Ação Conjunta da Exposição e Revelação do Filme consiste na minimização dos graus de liberdades encontrados na aplicação da técnica fotográfica. Ele pretende estudar empiricamente a ação do tempo de exposição e do tempo de revelação sobre a reprodução positiva da imagem de cada objeto de maneira relacionada, e, fixando, dentro do possível, as outras variáveis. Tal método já havia sido utilizado por mim, no trabalho: "Estudo da exposição correta na astrofotografia da Lua", apresentado na Jornada Interna de Iniciação Científica da UFRJ em 1986.

A determinação da exposição "correta" no Sistema de Zonas baseou-se no uso correto do fotômetro TTL da câmera Nikon FE-2, e no método da Ação Conjunta baseou-se numa fórmula encontrada na literatura da astrofotografia amadora como referência, que auxiliou ^{também} o Sistema Zonal, no caso de planetas, e no caso do Sol, baseou-se no uso correto do "TTL".

Usei como ponto de partida a tabela de revelação fornecida pelo fabricante do filme para a determinação da revelação "normal".

Os melhores tempos de exposição e revelação para cada conjunto de objeto-astrocâmera-filme foram obtidos, na prática, com a aplicação dos dois métodos.

Na reprodução de cópias, minimizei, também, os graus de liberdade existentes, variando, apenas, os tempos de exposição e revelação do papel. No entanto, nas ampliações de imagens definitivas, que não re-

presentavam testes, levei em conta o bom senso da prática subjetiva.

A fim de tornar sistemáticos as calibrações, testes e o fazer fotográfico adotei os seguintes passos e recomendações:

- manter limpas as objetivas das astrocâmeras e do ampliador, a porta negativos do ampliador, o negativo e o corpo da câmera
- programar previamente as observações fotográficas dos astros incluindo os testes
- anotar todos parâmetros das observações fotográficas relevantes(data, hora legal ou TU, local, astrocâmera^{filme} condições de visibilidade do céu, coordenadas, altura e os dados do astro e tempos de expos.)
- acostumar-se com os procedimentos básicos da câmara escura e laboratório de ampliações
- anotar todos parâmetros relevantes dos testes, processamentos das emulsões e das soluções usadas(tempos de revelação, temperatura e diluição dos reveladores, usar quando possível água destilada e filtrada, altura e abertura f/ do ampliador, tempo de exposição e revelação do papel, filme, papel, reveladores, fixadores e tipo de interrupção e lavagem)
- processar os filmes num intervalo de tempo mais curto possível desde a observação
- estabelecer um método para visualizar os testes de ampliação que deve ser o mesmo durante todo trabalho(o adotado foi: a visualização dos positivos sempre secos à iluminação natural e difusa)

Estes procedimentos foram adaptados das recomendações contidas nos textos de Convington, 1985, e Saltzer, 1979.

Adiante, na outra página, apresento uma tabela compreendendo o contexto geral do trabalho fotográfico e fornecendo os métodos e procedimentos adotados em suas etapas principais.

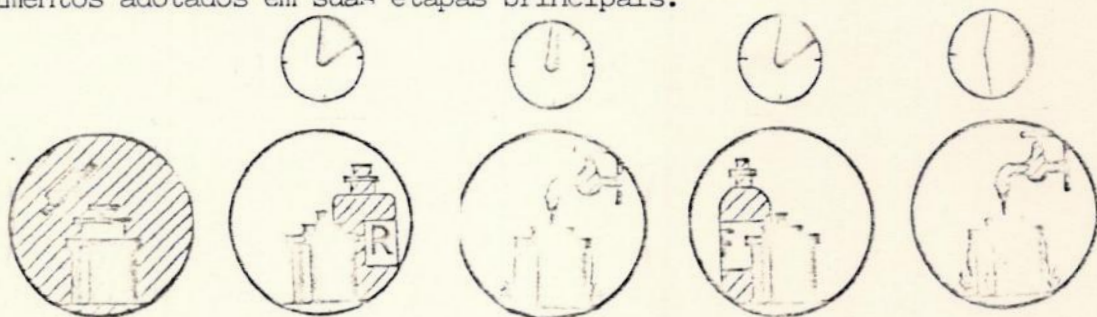


Figura 49 -Processamento de filme com tanque de espiral adotado.

ITENS	OBJETOS			
	LUA (☾)	SOL (☉)	PLANETAS	CONSTELAÇÕES
<u>Método</u>	Sistema Zonal Ação Conjunta da Exposição e Revelação			
<u>Astrocâmera e Local</u>	A1- F=2250 mm f/15 (disco lunar) A2- F=4500 mm f/30 (mares e crateras) OV-UFRJ	A1 com filtro Sph 150 (disco solar) A2 com filtro (manchas) OV-UFRJ	A2- F=4500mm f/30 (discos planetários pequenos) OV-UFRJ	N1- F=50 mm f/1.8 N2- F=100mm f/3.6 (campos estelares extensos) JPA
<u>Filme</u>	TX	PNX e TPAN	PX	TX
<u>Exposição baseada a partir</u>	fotômetro TTL	da câmera	fórmula empírica	recomendações
<u>Processamento do filme</u>	D-76 1:1 24°C -Fix. F-5 10'	D-76 20°C .5 agitações por minuto - tempo de revelação variável e inter. com água F-5 5 min	D-76 1:1 a 24°C F-5 10 min	
	-lavagem com água corrente + ag. umectante -secagem a temperatura ambiente em lugar fechado -laboratório improvisado: lavabo da residência do autor			
<u>Papel</u>	TB 3			
<u>Amplificador</u>	de nº 7 do laboratório fotográfico da EBA- UFRJ			
<u>Exposição</u>	baseada no teste do negro máximo			
<u>Processamento de papéis</u>	BEER diluição nº 5, basicamente a 20 a 22 °C, agitação constante, tempo de revelação baseada no teste da multiplicação por 6(variável); interrupção de 30 s: com ácido acético; fixação F-5 10 min; lavagem com/sem eliminador de hipo; secagem em estufa e a temperatura ambiente em lugar fechado.			
<u>Visualização de reproduções</u>	à luz natural e difusa			

Tabela 5 -Procedimentos gerais adotados.

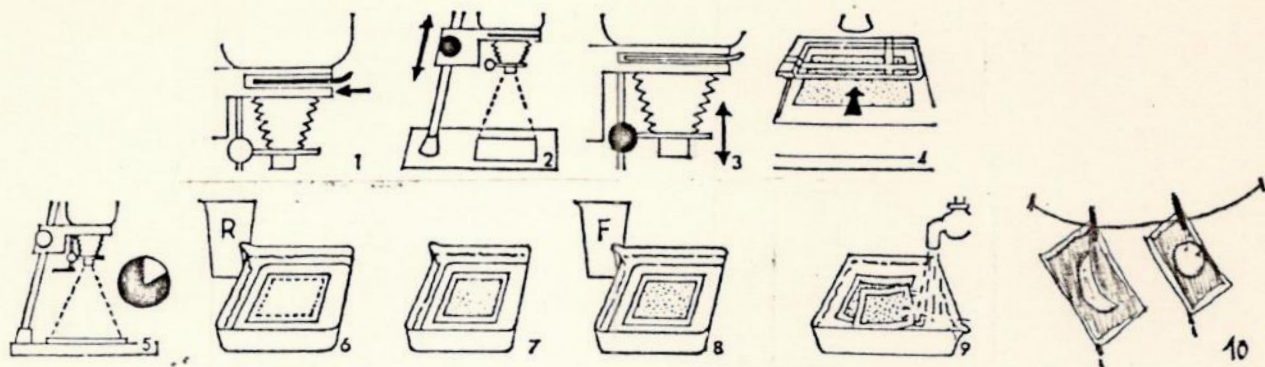


Figura 50 - Procedimentos básicos na impressão de positivos: adotados : 1) Colocação do negativo, 2) Composição da imagem, 3) Focalização, 4) Uso do marginador, 5) Exposição, 6) Revelação, 7) Interrupção, 8) Fixação, 9) Lavagem com água corrente e 10) Secagem.

Notas

O programador de testes e observações astrofotográficas, observador, fotógrafo e laboratorista foram papéis realizados pelo autor.

O tipo de iluminação considerado para Lua e planetas foi a natural direta. O Sol foi a própria fonte de luz, considerada pontual para a Lua e planetas, e extensa quando fotografado. A temperatura de cor da iluminação não foi levada em conta.

A percepção subjetiva dos objetos foram feitas, principalmente, através do visor das astrocâmeras levando em conta o contraste notado.

A composição das imagens foram pessoais, não padronizadas e sem consideração estética. A Lua, o Sol, e os planetas foram dispostos, simplesmente, no centro do visor.

A sensibilidade pancromática de todos filmes p&b adotados adaptou-se muito bem às condições de iluminação dos testes e observações, assim como sua designação do tipo de luz ideal: luz do dia (luz solar, ou natural).

Infelizmente, não foi aplicado nenhum procedimento específico para a permanência de imagens, apenas fez-se uma lavagem eficiente na maneira usual.

Escolheu-se a temperatura de $24,0^{\circ}\text{C}$ para a revelação dos filmes TX e PX, por ser a mais alta disponível nas tabelas do fabricante para o processamento. Sendo a mais alta, a adaptação ao clima tropical seria mais viável. A temperatura de $20,0^{\circ}\text{C}$ para a revelação do PNX e TPAN foi adotada porque eram apenas disponíveis tempos de revelação para tal temperatura para o filme TPAN, e para revelar o PNX junto com aquele filme.

.. Sempre começou-se a revelação com estes valores para a temperatura com precisão de $0,25^{\circ}\text{C}$, contudo adotou-se como temperatura de revelação, a média entre a final e inicial, com precisão igual a metade da diferença entre elas (desvio padrão da média).

Anotou-se sempre as temperaturas da fixação, interrupção e lavagem, apenas como controle. Isto no caso de filmes somente.

O padrão de agitação adotado diferiu daquele fornecido na tabela dos filmes, sendo de cinco agitações por cada minuto de revelação ou fixação, no caso de filmes. O tempo de 5 agitações é de ≈ 10 s, e cada agitação dada ao tanque combina dois movimentos, um de translação do tanque desenhando um oito e um de rotação lenta. Para papéis, a agitação foi contínua durante toda a revelação e interrupção, e de forma intermitente na fixação.

O teste do negro máximo consiste em determinar na prática o tempo de exposição necessário para expor um negativo não exposto, de D_{B+V} num papel até conseguir a tonalidade mais escura do papel. É fazer com que a $D_{\text{mín}}$ do negativo corresponda ao $D_{\text{máx}}$ do papel.

O tempo de revelação dos positivos foram calculados a partir do tempo necessário para aparecer (revelar) a primeira tonalidade no papel (o negro máximo). Multiplica-se por 6 este tempo e revela-se o papel durante o tempo resultante do produto.

A precisão do tempo de revelação de filmes foi estimada em 10 s ($\approx 0,2$ min), apesar da precisão alta do relógio usado. Dez segundos representa aproximadamente o tempo de enchimento do tanque com o revelador.

9- OBSERVAÇÃO ASTROFOTOGRAFICA

Denomino de observação astrofotográfica apenas o ato de registrar imagens de objetos celestes em emulsões fotosensíveis. O destino de uma observação astrofotográfica pode ser científico, documental, artístico ou didático. Aqui, adotei uma classe de observação que engloba aspectos de todos possíveis destinos, sendo a documentação fotográfica de maior importância.

Para o registro de imagens e seu correspondente processamento químico segui os itens abaixo a fim de organizar e sistematizar a aplicação dos métodos, Sistema de Zonas e da Ação Conjunta da Exposição e Revelação do Filme.

- Nome do objeto, altura e características relevantes(fase,..).
- Condições atmosféricas(transparência, nuvens e turbulência).
- Local, data e hora, em tempo legal, da observação.
- Astrocâmera discriminando F e f/.
- Filme e nº da emulsão.
- Tempo de exposição.
- Dados relevantes do processamento do filme(diluição do D-76, temperatura, padrão de agitação e tempo de revelação).
- Dados relevantes da impressão do positivo(altura do ampliador, abertura da objetiva, tempo de exposição, papel, diluição do revelador BEER e tempo de revelação).

Tentei, dentro do possível, atender a certas recomendações para se fazer uma boa observação astrofotográfica, principalmente para os testes do Sol, de Júpiter e da Lua em certas fases. As recomendações são:

- programar previamente a observação,
- realizar a observação durante a noite astronômica a fim de uniformizar o fundo de céu ao decorrer dos testes, excluindo o Sol,
- a altura dos astros deve ser, em geral, acima de 30° para reduzir o efeito da turbulência atmosférica, *E ABSORÇÃO*
- fotografar planetas e constelações, de preferência, quando a Lua estiver ausente no céu a fim de aumentar o contraste da imagem,

- ajustar o sistema de guiagem do telescópio no caso de planetas e
 - preferir noites quando a transparência do céu é aceitável e a turbulência reduzida, a fim de aumentar o contraste e obter uma melhor definição da imagem percebida.

Noite Astronômica

Por definição, a Noite Astronômica corresponde ao intervalo de tempo entre os crepúsculos astronômicos matutino e vespertino, que ocorrem quando o centro do Sol está 18° abaixo do horizonte verdadeiro. Sempre é de menor duração do que as Noites Náutica e Civil, correspondendo ao período quando a iluminação solar sobre o céu noturno é praticamente constante e quando todas as estrelas são visíveis. (Campos, s.d.).

A duração da Noite Astronômica varia durante o ano e depende da latitude geográfica do lugar. É definida pelo intervalo de tempo entre os dois crepúsculos astronômicos. Assim como a Noite Civil, aumenta para latitudes altas e na época do inverno do hemisfério em questão.

O começo e fim da Noite Astronômica são determinados diretamente pelos dois crepúsculos do Sol verdadeiro. O meio da Noite Astronômica, MN, é dado pelo instante médio entre o começo e fim da noite. Todos variam ligeiramente de uma noite para a outra, e radicalmente de uma estação para outra.

O começo da noite, CN, e fim da noite, FN, são expressos por:

$$CN = 12^h - E + \lambda - F + H_\odot \quad e$$

$$FN = 12^h - E + \lambda - F - H_\odot \quad \text{onde,}$$

E: equação do tempo, $E = TS - \alpha_\odot + 12^h$, sendo,

TS: tempo sideral verdadeiro

α_\odot : ascensão reta do Sol médio

λ : longitude do lugar F: fuso do lugar

H_\odot : ângulo horário do Sol verdadeiro, dado por,

$$\cos H_\odot = \frac{\cos 108^\circ - \sin \psi \cdot \sin \delta_\odot}{\cos \psi \cdot \cos \delta_\odot}$$

ψ : latitude do lugar

δ_\odot : declinação do Sol verdadeiro

O meio da noite, MN, pode ser obtido por meio de CN e FN ou pelo cálculo da hora da culminação inferior do Sol verdadeiro, TLC_1 , no meridiano do observador e é expresso por:

$$MN = TLC_1 = 24^h - E + \lambda - F$$

As fórmulas apresentadas para a determinação do começo, meio e fim da Noite Astronômica são de precisão acima do necessário, principalmente no caso deste projeto. Aqui, usei os valores calculados apenas como referência.

Altura do astro

Principalmente, para os testes fotográficos é interessante conhecer a altura sobre o horizonte do astro em observação. A altura, a , de um astro é dada por:

$$\text{sen } a = \text{sen } \delta \cdot \text{sen } \psi + \text{cos } \delta \cdot \text{cos } \psi \cdot \text{cos } H, \text{ onde,}$$

ψ : latitude do lugar

δ : declinação do astro

H : angulo horário do astro, $H = TSL - \alpha$

TSL: tempo sideral local

α : ascensão reta do astro

sendo o TSL calculado por:

$$TSL = c(TL + F) + TSG_0 - \lambda, \text{ onde}$$

TL: tempo legal

TSG_0 : tempo sideral em Greenwinch às 0^h TU e

c : constante igual a 1,002737909

Novamente, a precisão conseguida para a altura do astro em observação é exagerada para este trabalho. Em certas observações a altura foi levada em conta, os testes por exemplo, e em outras ocasiões não.

Programação das observações

Antes de ir ao telescópio para fazer astrofotografias é necessário programar corretamente as observações que serão realizadas à noite ou dia(Sol). A programação ^{ENVELOPE} cálculos para o começo e fim da noite,

estimativa da altura do astro, escolha da melhor época do ano e da melhor hora para a observação e escolha da sequência de observação em relação aos astros, filmes e astrocâmeras.

A escolha da melhor época do ano somente é aplicada aos planetas, pois o Sol é, praticamente observável durante todo o ano, o mesmo acontece para a Lua, que não é observável só na fase nova.

A escolha da melhor hora está diretamente associada a recomendação para a altura do astro ($\alpha \geq 30^\circ$).

Todos os dados para a programação prévia são fornecidos em anuários ou efemérides, tais como:

- TSG
- coordenadas dos astros por dia
- hora do nascer, passagem meridiana e ocaso do Sol, Lua e planetas para certas cidades, Rio de Janeiro, São Paulo, ... , por dia
- características físicas para os planetas (magnitude aparente, diâmetro angular, fase, distância a Terra, ...)

Na calagem dos astros nas astrocâmeras A1 e A2, utilizei a declinação fornecida no anuário devidamente extrapolada e a hora legal da passagem meridiana, PM, do astro da observação. É uma maneira simples para o apontamento que não necessita do cálculo do TSL e se adapta bem à falta de buscadora do telescópio Coudé. É claro que este modo de calar somente se aplica às cidades para as quais são fornecidas a PM, e também sofre de uma incerteza, bastante aceitável, pela minha experiência.

Fórmula para a exposição

Na literatura da astrofotografia amadora encontramos uma expressão para o cálculo do tempo de exposição "correto" que se deve dar a um filme ao fotografar um objeto celeste. Ela é encontrada nos textos de Berry (1985), Burnham (1983), Covington (1985), de forma complexa por Rackham (1972) e de maneira prática em Universo (1987). Abaixo, apresento a fórmula como é, geralmente, expressa.

$$t(\text{ em s}) = \frac{f^2}{B \cdot \text{ISO}} \quad \text{onde,} \quad \begin{array}{l} f: \text{relação focal efetiva} \\ B: \text{fator de brilho do astro} \\ \text{adimensional} \\ \text{ISO: valor de ISO ou ASA} \end{array}$$

PARA TEMPOS
CURTOS

OBSERVATÓRIO DO VALONGO

Centro de Ciências Matemáticas e da Natureza
Universidade Federal do Rio de Janeiro

Assunto _____

AR _____ Data _____

DEC _____ Emulsão _____

Tempo Sideral

_____ °

_____ °

_____ °

_____ °

Instrumento _____

LAT _____ Local _____

LONG _____

Observador _____

Dados Complementares _____

Figura 51- Exemplo de uma ficha de armazenamento para uma observação astrofotográfica de uso científico.

Para David K. Lynch(Universo, 1987) o fator de brilho, B, é denominada de número fotográfico, N, que depende da experiência de cada observador, N é expresso por:

$N = 655 \cdot A / R^2$, onde, A: albedo e R: distância ao Sol em UA e é aplicado para planetas.

Para Rackham(1972), a fórmula aparece da forma abaixo:

$t(\text{ em s }) = (k \cdot f^2) / (B \cdot \text{ISO})$, onde, k: constante $\approx 3,33$ e

B: luminância ou brilho superficial do astro

Esta fórmula, da página anterior, ou, simplesmente, os valores encontrados para B serviram como referência para as observações astrofotográficas de planetas e, também, da Lua.

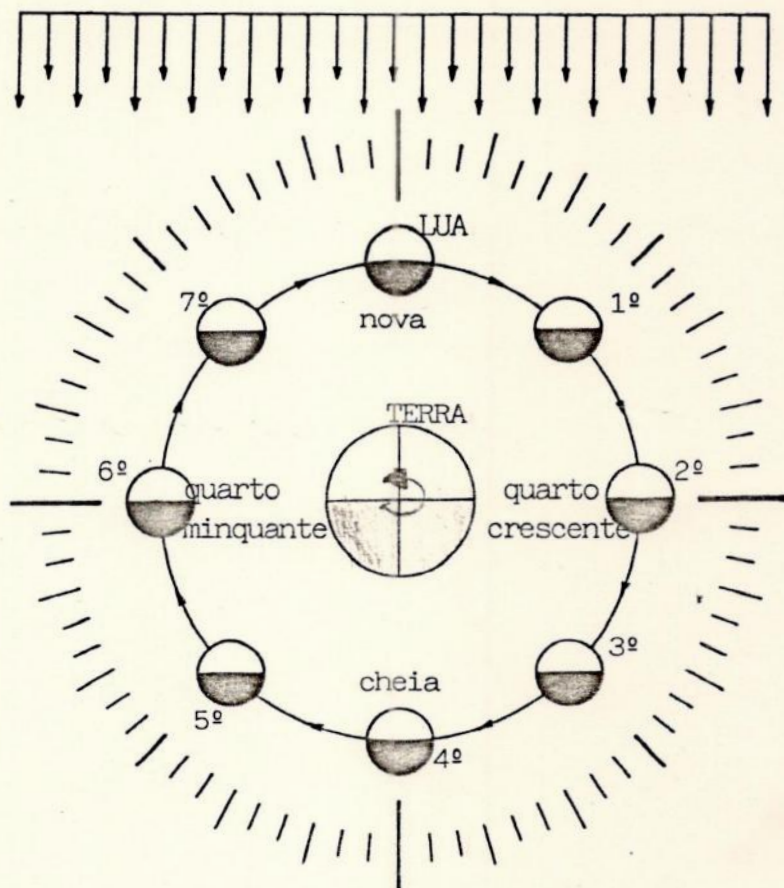
10- LUA

O interesse em fazer astrofotografias da Lua resume-se em acompanhá-la fotograficamente no decorrer de sua translação em torno da Terra, observando o gradativo aparecimento de inúmeras formações do relevo lunar, os mares, as crateras e as montanhas.

Neste projeto utilizando a astrocâmera A1, fiz fotografias do disco lunar visto a dimensão do campo útil(36'x 55'). Portanto, a A1 serviu para fazer o acompanhamento visual da Lua como um todo ao decorrer de suas fases. A astrocâmera A2, devido a sua maior ampliação(92 x) foi manipulada para fazer registros fotográficos de detalhes da superfície lunar, os mares, as crateras e as montanhas, principalmente na região do terminador(limite entre as partes iluminada e escura) onde se percebe melhor o relevo lunar. O filme utilizado foi o TX que possui uma ampla variedade de aplicações, sendo indicado para a astrofotografia por Brown (1980), e para a Lua por Covington(1985) devido a sua curva H&D de só pé suave.

A intenção foi fazer observações da Lua em sete dias da sua lunação: 1º- num dia entre a Lua nova e quarto crescente; denominado em inglês por "wider crescent", 2º- no quarto crescente, 3º- numa fase intermediária entre o quarto crescente e a Lua cheia, chamado de "gibbous" em inglês, 4º- na Lua cheia, 5º- num dia entre a cheia e o quarto minguante, também denominado por "gibbous", 6º- no quarto minguante e finalmente, 7º- numa fase entre o quarto minguante e a nova, semelhante ao 1º. Também, houve a possibilidade de fotografar num dia bem próximo e após a Lua nova, que em inglês denominam de "thin crescent"; existe uma fase similar para antes da Lua nova (Figura ilustrativa na página seguinte).

Porém, antes de realmente efetuar as observações astrofotográficas da Lua, tive que realizar as etapas de calibração do método adaptado do Sistema de Zonas de Ansel Adams(Saltzer, 1979). As calibrações apresentadas no texto de Saltzer tiveram que ser ajustadas de acordo com as peculiaridades do equipamento adotado e outros itens.

SOL

o sentido de rotação da terra e da lua são o mesmo

Figura 52- Fases da Lua

A determinação da exposição e revelação corretas para astrofotografia lunar foi conseguida com a aplicação do Sistema de Zonas adaptado às condições de equipamento, formato de filme e objetivos. Contudo, é interessante citar diversos fatores para o cálculo da exposição "correta" para Lua, de acordo com Rackham(1972):

- fase da Lua
- distância zenital ou altura acima do horizonte
- condições atmosféricas
- tamanho da imagem no plano focal(focal)
- velocidade(efetiva) do filme
- tempo de obturação, e outros, de acordo com a teoria do processo fotográfico:
- contraste da imagem percebida pela visão humana

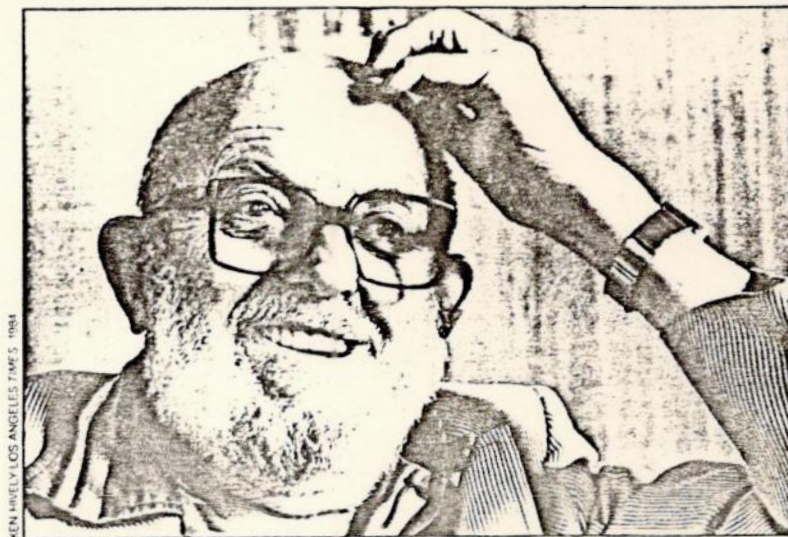
- perdas de luz dentro da astrocâmera
- relação focal
- revelação posterior, que é dependente de outros fatores (pg 83)
- e, aspectos subjetivos e finalidade da fotografia.

SISTEMA DE ZONAS DE ANSEL ADAMS E PROCEDIMENTOS ADOTADOS

O Sistema de Zonas foi criado em 1930 por Fred Archer e posteriormente desenvolvido e divulgado por Adams (1963) que aplicou-o para grandes formatos, sendo recentemente estendido para todos formatos por Saltzer (1979).

O Sistema de Zonas só se aplica para a fotografia preto e branco. Adams, de acordo com as referências 1 e 36, segmentou a escala tonal contínua de cinza em 10 zonas, ou tons, desde a zona zero, 0, negro máximo, até a zona nove, IX, branco máximo. Cada zona é definida pela média geométrica da parcela segmentada da escala de tons contínuos. Denomina-se de escala tonal para o Sistema Zonal, a escala de tons de cinza segmentada em dez zonas que possuem tons médios. O ponto médio desta escala é representado pela zona V, que tem 18% de reflectância. Cada zona reflete o dobro de luz da zona anterior e reflete a metade de luz da zona posterior, ou seja, a diferença entre zonas adjacentes é sempre um passo de exposição.

Zona	Notas
0	preto sólido, negro máximo do papel e $D_{B+V}^{(filme)}$
I	1º tom acima da zona 0, $D_{B+V} + 0,1$
II	1º tom que registra textura nas baixas luzes
III	tom baixo que registra detalhes de sombra
IV	tom médio que capta muita informação
V	por definição reflete 18% da luz incidente
VI	tom médio que capta muita informação (pele caucasiana)
VII	tom alto que registra detalhe e textura das altas luzes
VIII	último tom alto que registra detalhe
IX	branco sem textura, base branca do papel e $D_{máx}^{(filme)}$



Ansel Adams

Figura 53- Ansel Adams

O Sistema de Zonas baseia-se no uso correto do fotômetro fotográfico para a determinação da exposição e na determinação prévia da revelação necessária, a fim de efetuar uma devida reprodução tonal.

De acordo com Saltzer(1979), qualquer tipo de fotômetro opera de maneira similar. O fotômetro de luz refletida, seja ele do tipo de grande campo, "spot", ou TTL, mede todas tonalidades de seu campo visual e fornece a exposição(uma combinação de $f/$ com a velocidade de obturação) que seria uma média geométrica entre os tons altos e baixos medidos. Especificamente, se o fotômetro apenas lê um único tom, ele indicará uma exposição que produzirá um negativo, ou positivo, tendo uma tonalidade média independente da zona medida. Agora, se efetuarmos a revelação normal, N, o tom médio produzido será a zona V, também, chamada de cinza neutro, cinza médio ou cinza 18%, que é a média geométrica entre o preto e o branco.

Como exemplo prático sobre o fato do fotômetro fornecer uma leitura média, cito uma experiência encontrada em Saltzer, 1979, e já realizada por mim. Se fotografarmos uma parede preta, outra cinza e outra de cor branca, separadamente, segundo a leitura fornecida pelo fotômetro para a exposição, e processarmos o filme sob revelação normal, obteremos ne

gativos, ou positivos, com tonalidade de cinza médio. Todavia, se expormos as três paredes (preta, cinza e branco), separadamente, de acordo com a leitura fornecida para a parede cinza, e processarmos sob revelação N, obteremos uma coerente reprodução tonal, isto é, a parede preta sairá preta, a cinza ficará cinza V e a parede branca será reproduzida branca (no papel). Esta experiência demonstra o uso correto do fotômetro fotográfico sob a revelação normal.

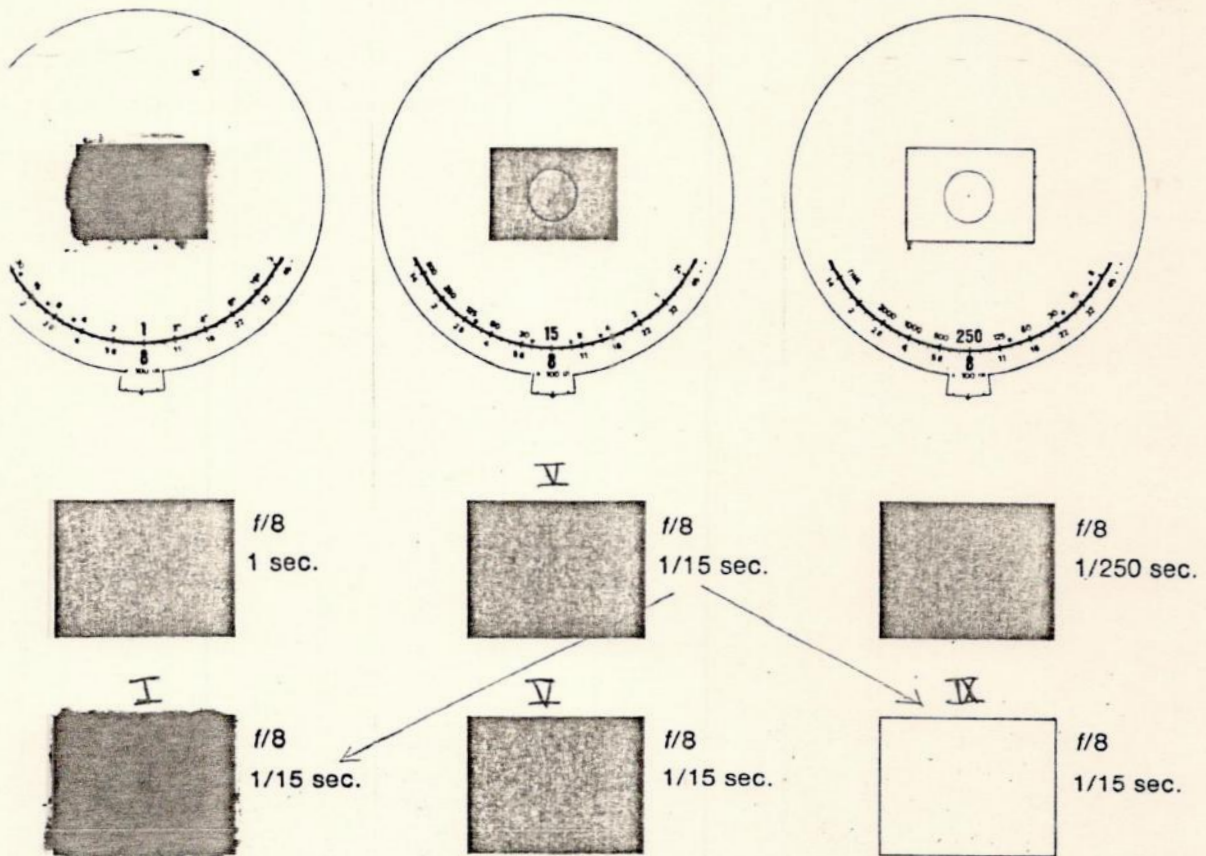


Figura 54- Experiência para o uso correto do fotômetro de luz refletida.

A partir do princípio de que o fotômetro fotográfico de luz refletida fornece uma leitura média e de que sob revelação normal é conseguida a reprodução da zona V, ou cinza médio, o Sistema de Zonas apresenta várias etapas para a calibração do instrumental óptico manipulado (astrocâmera, fotômetro TTL e ampliador) de acordo com o material fotográfico adotado (filme, papel e reveladores). Estas etapas também são chama

das de calibrações.

A primeira etapa, a calibração para o tempo padrão de impres são de positivos, procura determinar o tempo mínimo necessário para que um negativo de densidade mínima (D_{B+V}) seja reproduzido como zona 0 no papel. Esta calibração visa fazer a correspondência da base da curva característica do negativo, D_{B+V} , com a região do ombro da curva do papel, $D_{máx}$. A fim de determinar o tempo mínimo de exposição necessária para os positivos, é feito o teste do negro máximo que consiste em expor uma tira de teste sucessivamente em tempos diferentes a partir de um negativo não exposto e apenas revelado. O tempo encontrado para reproduzir o negro máximo do papel dependerá do filme, da altura do ampliador, da objetiva do mesmo, do papel, e da diluição e estado do revelador de papel. Esta etapa é independente das outras e, geralmente, faz parte da rotina de uma jornada contínua de trabalho do laboratório de reproduções fotográficas.

A segunda calibração pretende determinar a sensibilidade, ou velocidade, efetiva do filme usado, de acordo com a astrocâmera e revelador de filme manipulados. Esta etapa visa encontrar a zona I, o primeiro tom baixo que não é preto máximo no papel e que deve possuir uma densidade de 0,1 acima da D_{B+V} (a zona 0) no negativo. Denominado por nós de ca libração de ISO, esta procura pela zona I se baseia naquela definição da sensibilidade de filme para o sistema ISO ou ASA, que adotam o método da densidade fixa (página 44- seção Emulsões). A calibração de ISO pode ser feita através da reprodução positiva das zonas 0 e I, ou através da me dição das densidades da zonas 0 e I no negativo, isto para cada valor de ISO ajustado no fotômetro TTL. Aqui, adotamos a segunda alternativa devido a disponibilidade de um densitômetro de transmissão, o microdensitômetro do OV. Deste modo, esta etapa tornou-se também independente das ou tras, contudo deve ser realizada antes da terceira, a calibração para a revelação normal. Para realizar tal calibração de ISO, criamos um experi mento que será explicado adiante e foi adaptado da calibração 2 de Saltzer(1979).

A terceira e última calibração para esta aplicação do Siste-

ma de Zonas de Adams procura determinar o tempo da revelação normal, o principal parâmetro variável da revelação de um filme. É chamada de calibração para a revelação normal, N, ou especificamente calibração para o tempo normal de revelação. Revelação normal é definida como sendo a quantidade de revelação (medida em unidade de tempo) que produzirá o cinza médio a partir da exposição indicada pelo fotômetro devidamente ajustado (em ISO efetivo) para uma cena monotonal. Ela dependerá do equipamento óptico manuseado (astrocâmera e ampliador), das técnicas de processamento, dos reveladores, do papel e, também, da sensibilidade efetiva do filme adotado. A fim de realizar esta calibração, foi adotado o mesmo procedimento apresentado por Saltzer (1979) que consiste em expor várias tiras de filme contendo todas as zonas (com o fotômetro TTL devidamente ajustado), revelá-las a diferentes tempos e procurar aquela que possua a chapa da zona V com densidade necessária para reproduzir o cinza 18% quando devidamente impressa. Como se pode perceber, tal etapa é dependente das outras duas anteriores.

A calibração para o tempo padrão de impressão de positivos faz a correspondência da D_{B+V} do negativo com a $D_{máx}$ do papel, a calibração de ISO determina a sensibilidade efetiva do filme, finalmente, a calibração para o tempo normal de revelação faz a correspondência da zona V do negativo para o papel. Com isto, é conseguida uma eficiente correlação entre a curva característica do negativo e a curva do papel, e consequentemente uma eficaz reprodução tonal.

Na curva H&D do negativo, a zona 0 possui densidade igual a D_{B+V} , o sopé deve captar os tons baixos (I, II e III), a parte reta deve registrar os tons médios (IV, V e VI) e a região próxima ao ombro deve captar os tons altos de cinza (VII, VIII e IX). Na curva característica do positivo, deve ocorrer o inverso, a zona 0 deve ser registrada com $D_{máx}$, os tons baixos (escuros) devem cair na região próxima ao ombro, os meios tons devem cair na parte reta, e os altos tons na região do sopé. É interessante ver a figura 48 (página 86- seção PROCESSO FOTOGRÁFICO P&B).

CALIBRAÇÃO DE SENSIBILIDADE EFETIVA

Denominada por nós de calibração de ISO, esta etapa visa determinar a velocidade efetiva do filme TX em unidades do sistema ISO, de acordo com a astrocâmera usada(e seu estado) e o revelador D-76 diluído 1:1 a 24°C. A calibração de ISO se baseia naquela definição de rapidez de filme do sistema ISO(ou ASA) cujo método é o da densidade fixa de 0,1 acima da D_{B+V} . Para o Sistema de Zonas, esta calibração representa a procura da zona I no negativo, que deve possuir uma densidade de $D_{B+V} + 0,1$.

Foi criado um experimento com intuito de determinar o valor efetivo de ISO, adaptado da calibração 2 de Saltzer(1979), do TX para as astrocâmeras A1 e A2. A essência do experimento é expor o filme para a zona I, para diferentes valores de ISO ajustados no fotômetro TTL, e medir sua respectiva diferença em densidade, no negativo, em relação a densidade mínima. A fim de expor para a zona I, deve-se fazer uma fotometragem precisa e diminuir em 4 passos de exposição a partir da leitura, que indica uma exposição para se obter a zona V (sob revelação N). O uso do fotômetro TTL é conveniente pois as leituras obtidas com ele levam em conta a relação focal efetiva da montagem bem como as perdas de luz internas. A medição de densidades dos negativos das zonas I para cada valor de ISO ajustado além da zona 0(D_{B+V}) foi conseguida com o microdensitômetro, a partir de leituras(cinco) distribuídas na região central de cada chapa.

Como o TX possui, de acordo com o fabricante, ISO 400, foi necessário expor para a zona I em valores de ISO em torno de 400, ou seja, 200, 250, 320, 400, 500, 640 e 800. No entanto, para a astrocâmera A2 foi estendido para 160 e 1000. A intenção inicial era fotografar uma única área do céu diurno, de cor azul e de tom próximo ao cinza médio, para todos valores de ISO, a fim de ficar parecido com a calibração de Saltzer que usa um cartão de cinza 18% como cena única. Contudo, isto não foi conveniente em virtude da imprecisão da leitura fotométrica obtida. Com as astrocâmeras A1 e A2, que possuem relação focal fixa(f/15 ou f/30, respectivamente) e fotômetro TTL indicando velocidades de obturação a ca

da 1 passo de exposição, reduziu muito a liberdade para variar em exposição apontando para uma única região do céu diurno. Devido a este fato, as exposições para a zona I foram realizadas em diferentes áreas do céu a fim de se conseguir leituras precisas, com o fotômetro TTL, para a velocidade de obturação. Abaixo é apresentada uma tabela fornecendo dados do experimento e alguns resultados.

Calibração de ISO

Filme: TRI-X ISO 400 revelado com D-76 1:1, 5 agitações/min,
(8,0 ± 0,2)min, (23,9 ± 0,1) °C

ISO	Astrocâmera: A1- f/15 F= 2250 mm				A2- f/30 F= 4500 mm			
	leitura fot. zona ou zona V (S) I	zona I	\bar{D}_I	$\bar{D}_I - \bar{D}_O$	zona V (S) I	zona I	\bar{D}_I	$\bar{D}_I - \bar{D}_O$
160	-	-	-	-	1/8	1/125	0,599	0,26
200	1/60	1/1000	0,509	0,17	1/8	1/125	0,525	0,19
250	1/60	1/1000	0,469	0,13	1/15	1/250	0,537	0,202
320	1/60	1/1000	0,44	<u>0,105</u>	1/15	1/250	0,473	0,14
400	1/60	1/1000	0,40	0,065	1/15	1/250	0,433	<u>0,10</u>
500	1/125	1/2000	0,368	0,033	1/30	1/500	0,385	0,050
640	1/125	1/2000	0,361	0,026	1/30	1/500	0,378	0,043
800	1/125	1/2000	0,358	0,02	1/30	1/500	0,361	0,026
1000	-	-	-	-	1/60	1/1000	0,354	0,02

em 08/06/88

onde,

\bar{D}_I : densidade média da área central do negativo exposto para zona I

$$\bar{D}_O = \bar{D}_{B+V} = 0,335$$

$\bar{D}_I - \bar{D}_O$: diferença entre as médias das densidades do negativo da zona I e do negativo não exposto (zona 0)

Tabela 6- Calibração de sensibilidade efetiva do TX.

O TRI-X foi revelado a 8 minutos, porque era este o tempo de revelação indicado pela Kodak para a temperatura de 24°C, portanto, este

tempo foi tomado apenas como referência e ponto de partida para a revelação dita normal. Na outra calibração é que o tempo normal de revelação será determinado para as duas astrocâmeras.

Como pode-se notar, as sensibilidades efetivas do TX assumiram valores de ISO 320 e ISO 400 para as astrocâmeras A1 e A2, respectivamente. Para estes valores de ISO, a diferença de densidade entre a zona I e a zona 0 ficou bem próximo de 0,1 .

A fim de tornar o experimento mais confiável e complexo, resolvi apresentar os resultados de forma gráfica, plotando os valores de ISO e de $\bar{D}_I - \bar{D}_0$, denotado por \bar{D}_{I-0} , num gráfico $\bar{D}_{I-0} \times \text{ISO}$. Coloquei a sensibilidade, em valores de ISO, como função da diferença de densidade entre as zonas I e zero conforme a definição do sistema ISO. A intenção foi procurar uma função do tipo $\text{ISO} = f(\bar{D}_{I-0})$ por meio de ajuste de curva através dos mínimos quadrados. Antes de plotar os gráficos do TX, um para cada astrocâmera, devo apresentar os erros contidos em cada ponto. Para os valores de ISO, foi desprezado o erro devido a própria operação do fotômetro fotográfico. Para as diferenças de densidades, foi considerado como erro a soma dos erros das médias de D_I e de D_0 , e o erro das médias foi tomado como igual a 1,96 unidades do desvio padrão da média. Apresento adiante tabelas mostrando resultados das medições no microdensitômetro tomadas sem lente de ampliação e abertura máxima para a fenda principal. A altura da fenda foi de 20,0mm, a largura de 3,00 e o filtro adotado foi o de 50 % para todas medições. A razão desta escolha foi aumentar a área de medição no negativo em virtude de se querer uma média de densidade representativa da chapa medida.

Calibração de ISO

filme: TX - densidade da base + véu

Densidades medidas		\bar{D}_{B+V} ou $\bar{D}_0 \pm e_{\bar{D}_0}$
0,337	0,337	0,335 \pm 0,004
0,338	0,335	
0,336	0,334	
0,330	0,335	
0,335	0,334	

Tabela 7-

Calibração de ISO

filme: TX

astrocâmara: A1

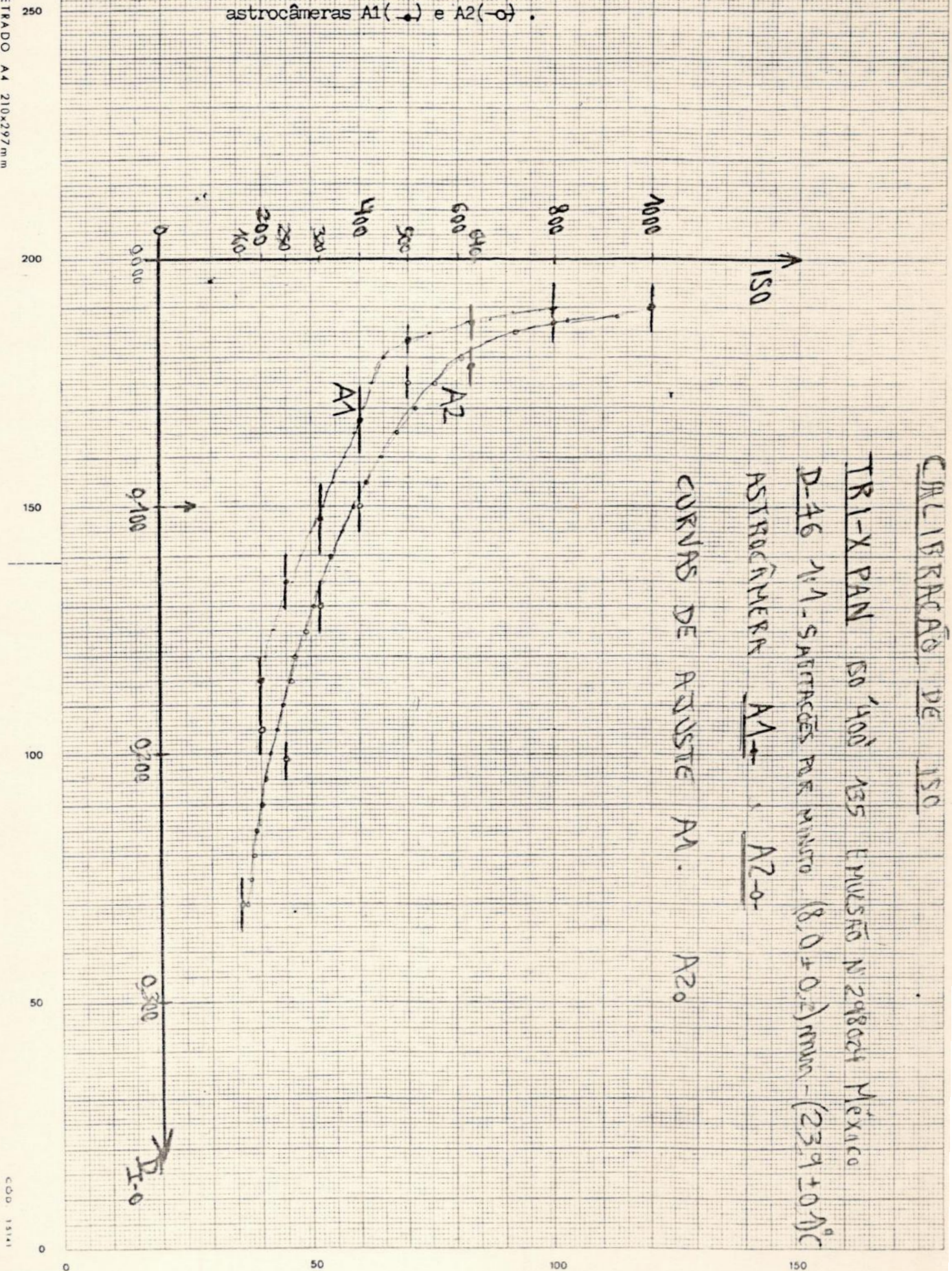
ISO	Densidades zona I	$\bar{D}_I + e_{D_I}^-$	$\bar{D}_{I-0} + (e_{D_I}^+ + e_{D_{0-0}}^-)$
200	0,504	0,509 \pm 0,009	0,17 \pm 0,01
	0,514		
	0,510		
	0,514		
	0,505		
250	0,470	0,469 \pm 0,006	0,13 \pm 0,01
	0,472		
	0,472		
	0,468		
	0,465		
320	0,435	0,44 \pm 0,01	0,105 \pm 0,014
	0,446		
	0,450		
	0,446		
	0,440		
400	0,404	0,40 \pm 0,01	0,065 \pm 0,014
	0,401		
	0,399		
	0,394		
	0,391		
500	0,369	0,368 \pm 0,002	0,033 \pm 0,006
	0,367		
	0,369		
	0,369		
	0,368		
640	0,359	0,361 \pm 0,003	0,026 \pm 0,007
	0,363		
	0,360		
	0,362		
	0,360		
800	0,356	0,358 \pm 0,006	0,02 \pm 0,01
	0,360		
	0,362		
	0,355		
	0,355		

$e_{D_I}^- = 1,96 \times$ desvio padrão da média \bar{D}_I , idem para zona 0

Calibração de ISO, filme: TX - astrocâmera: A2

ISO	Densidades zona I	$\bar{D}_I \pm e_{\bar{D}_I}$	$\bar{D}_{I-0} \pm (e_{\bar{D}_I} + e_{\bar{D}_0})$
160	0,598	0,599 \pm 0,006	0,26 \pm 0,01
	0,602		
	0,603		
	0,598		
	0,594		
200	0,522	0,525 \pm 0,006	0,19 \pm 0,01
	0,528		
	0,528		
	0,525		
	0,522		
250	0,534	0,537 \pm 0,003	0,202 \pm 0,007
	0,538		
	0,536		
	0,538		
	0,537		
320	0,470	0,473 \pm 0,008	0,14 \pm 0,01
	0,478		
	0,476		
	0,468		
	0,471		
400	0,432	0,433 \pm 0,007	0,10 \pm 0,01
	0,434		
	0,438		
	0,433		
	0,428		
500	0,384	0,385 \pm 0,002	0,050 \pm 0,006
	0,385		
	0,387		
	0,385		
	0,384		
640	0,376	0,378 \pm 0,003	0,043 \pm 0,007
	0,377		
	0,379		
	0,380		
	0,377		
800	0,358	0,361 \pm 0,004	0,026 \pm 0,008
	0,363		
	0,363		
	0,362		
	0,360		
1000	0,358	0,354 \pm 0,006	0,02 \pm 0,01
	0,355		
	0,356		
	0,350		
	0,352		

Gráfico 1- Calibração de sensibilidade efetiva do TX para as astrocâmeras A1(●) e A2(-○).



bARRA DE ERRO EM ISO

Ao plotar os pontos (\bar{D}_{I-0} , ISO) num gráfico, verifica-se claramente que a sensibilidade ISO é uma função decrescente da diferença de densidade entre a zona I e zero, \bar{D}_{I-0} . Apesar de se determinar os valores efetivos de ISO para A1 e A2 de maneira visual, foi feita matematicamente um ajuste de curvas por mínimos quadrados. A maneira visual consiste em traçar uma curva ajustante que passe próximo aos pontos sem algum cálculo prévio. A fim de se querer uma precisão melhor, adotei o ajuste por mínimos quadrados incluindo todos os pontos obtidos, em número de sete para a A1 e de nove para a A2.

Através dos mínimos quadrados, que visa ajustar uma curva onde o somatório dos quadrados dos desvios deve ser mínimo, pode-se ajustar uma função analítica do tipo $y=f_m(x)$, da forma abaixo:

$$y = f_m(x) = a_0 + a_1 \cdot g_1(x) + a_2 \cdot g_2(x) + \dots + a_m \cdot g_m(x), \text{ onde}$$

m: grau do ajuste

$g_1(x), g_2(x), \dots, g_m(x)$: funções linearmente independente de x

$a_0, a_1, a_2, \dots, a_m$: coeficientes constantes a determinar

Tendo em vista que $f_m(\bar{D}_{I-0}) = \text{ISO}$ é uma função decrescente, adotei como função ajustante um polinômio de grau m do inverso de \bar{D}_{I-0} , ou seja, $\text{ISO} = f_m(1/\bar{D}_{I-0})$. Ou em outras palavras, as funções $g(x)$ foram do tipo:

$$g_1(x) = 1/x$$

$$g_2(x) = (1/x)^2 = 1/x^2$$

$$g_3(x) = (1/x)^3 = 1/x^3$$

$$g_4(x) = (1/x)^4 = 1/x^4$$

.

.

$$g_m(x) = (1/x)^m = 1/x^m, \quad \text{onde } x = \bar{D}_{I-0}$$

Portanto, a função ajustante assumiu a forma abaixo:

$$\text{ISO} = a_0 + a_1 \cdot 1/D + a_2 \cdot 1/D^2 + a_3 \cdot 1/D^3 + a_4 \cdot 1/D^4 + \dots + a_m \cdot 1/D^m$$

$$\text{onde, } D = \bar{D}_{I-0}$$

O grau que se ajustou melhor ao polinômio interpolador foi o grau 4 porque o somatório dos quadrados dos resíduos reduziu sensivelmente em ordem de grandeza com relação aos graus menores. A fim de ter-se consequido esta escolha, foi tomado como objeto de estudo o conjunto de pontos da tabela 7, TX e A1, bem como outro conjunto de pontos representando a calibração de ISO do filme Plus-x para a A2(Seção 11- Tópico Planetas)por causa da boa distribuição gráfica.

Com intuito de se determinar os valores para os coeficientes do ajuste da função $ISO = f(D)$, não linear, deve-se resolver o sistema de equações abaixo:

$$\begin{aligned} a_0 \cdot n + a_1 \sum 1/D + a_2 \sum 1/D^2 + a_3 \sum 1/D^3 + a_4 \sum 1/D^4 &= \sum ISO. \\ a_0 \sum 1/D + a_1 \sum 1/D^2 + a_2 \sum 1/D^3 + a_3 \sum 1/D^4 + a_4 \sum 1/D^5 &= \sum ISO.1/D \\ a_0 \sum 1/D^2 + a_1 \sum 1/D^3 + a_2 \sum 1/D^4 + a_3 \sum 1/D^5 + a_4 \sum 1/D^6 &= \sum ISO.1/D^2 \\ a_0 \sum 1/D^3 + a_1 \sum 1/D^4 + a_2 \sum 1/D^5 + a_3 \sum 1/D^6 + a_4 \sum 1/D^7 &= \sum ISO.1/D^3 \\ a_0 \sum 1/D^4 + a_1 \sum 1/D^5 + a_2 \sum 1/D^6 + a_3 \sum 1/D^7 + a_4 \sum 1/D^8 &= \sum ISO.1/D^4 \end{aligned}$$

onde, n: número de pontos

$$\Sigma = \sum_{i=1}^m; \text{ somatório de } i=1 \text{ até } i=n$$

A aplicação do ajuste pelo método dos mínimos quadrados baseou-se na teoria existente no texto de Stark(1979).

O erro associado ao ajuste dos dados é obtido pelo desvio padrão do ISO, \sqrt{ISO} , calculado por, de acordo com Macedo (1963),

$$\sqrt{ISO} = \left(\sum_{i=1}^m (ISO_o - ISO_i)^2 / (n - m - 1) \right)^{1/2}$$

onde, ISO_o : valor observado

ISO_i : valor calculado

n : número de pontos

m : grau do ajuste

A fim de justificar a escolha do grau 4 para o ajuste polinomial, é interessante citar que a soma dos quadrados dos desvios($ISO_o - ISO_i$) reduziu de aproximadamente 2971 para 227 do grau 3 para o grau 4, na calibração de ISO do TX na astrocâmera A1. Contudo, para a A2 o somatório

dos quadrados dos resíduos foi da ordem de 7900, valor bastante elevado devido a má distribuição dos pontos. Poderia-se eliminar pontos, tais como o (0,050; 500) que possui um desvio à curva maior que o desvio padrão do ajuste e os (0,202; 250) e (0,19; 200) que certamente foram obtidos com algum erro experimental acentuado. A eliminação de pontos não ocorreu por dois motivos: 1º- foram poucos os pontos obtidos com o experimento e 2º- o experimento é novo e um tratamento adequado é desconhecido. Os resultados dos ajustes das duas curvas, TX- A1 e TX- A2, para o grau 4 e todos os pontos obtidos se encontram abaixo.

Calibração de ISO

filme: TRI-X ISO 400 Kodak (México) processado com

D-76 1:1- 5 agit/min-(8,0 ± 0,2)min -(23,9 ± 0,1)°C

ajuste: $ISO_i = a_0 + a_1 \cdot 1/D + a_2 \cdot 1/D^2 + a_3 \cdot 1/D^3 + a_4 \cdot 1/D^4$

astrocâmera A1

$$a_0 \cong -191 \quad n = 7$$

$$a_1 \cong 92,065$$

$$a_2 \cong -5,25217$$

$$a_3 \cong 0,131467$$

$$a_4 \cong -0,001106409$$

$$\sqrt{ISO} \cong 11$$

$$ISO(D = 0,10) = (325 \pm 11) \rightarrow 320$$

astrocâmera A2

$$a_0 \cong -55 \quad n = 9$$

$$a_1 \cong 69,577$$

$$a_2 \cong -3,17296$$

$$a_3 \cong 0,07233147$$

$$a_4 \cong -5,6543 \times 10^{-4}$$

$$\sqrt{ISO} \cong 44$$

$$ISO(D = 0,10) = (390 \pm 44) \rightarrow 400$$

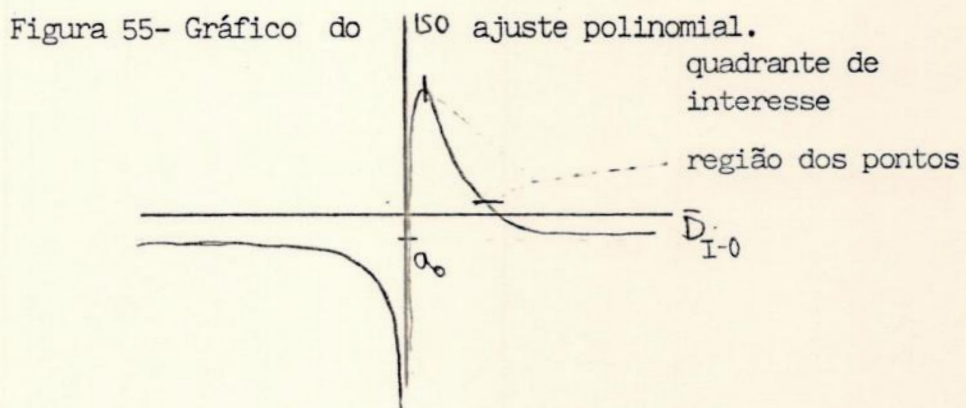
$D = \bar{D}_{I-0}$: diferença de densidade entre zona I e a zona 0 (base + véu)

Tabela 9- Resultados do ajuste polinomial de grau 4.

Foi verificado que a forma dos dois polinômios ajustantes de grau 4 não se correspondeu com a forma prevista para a curva, de acordo com o bom senso do experimento. A forma prevista seria a de uma curva as sintótica aos dois eixos e decrescente, semelhante a da função $1/x$. Com o aumento de ISO, a exposição necessária para a zona I diminui, reduzindo assim a diferença de densidade com a da base mais véu. Quando ISO tendesse ao infinito a diferença tenderia ao valor nulo. Com o decréscimo do valor de ISO, a exposição para a zona I aumentaria, aumentando também a diferença em densidade com B+V. Quando ISO tendesse a zero (sensibili-

dade nula) e exposição requerida seria infinita e, provavelmente a diferença também. Contudo, é bom lembrar o efeito da solarização para exposições muito altas, que indica um decréscimo na diferença de densidade entre as zonas I e 0, pois a zona I ficaria localizada na região de solarização ou além. Porém, em termos práticos o menor valor de ISO é maior que zero e isto acarretaria, provavelmente, um valor elevado para a diferença em densidade da ordem de no máximo 3,0. Assim, a curva para este modelo seria uma curva assintótica ao eixo de ISO e a um outro eixo paralelo ao eixo de \bar{D}_{I-0} .

* A forma verificada para as duas curvas ajustantes para o filme TX e para a curva do filme PX é a que se segue. Apesar delas não se corresponderem ao modelo simples citado anteriormente, elas foram boas ajustantes na região dos pontos plotados. E é isto que o ajuste por mínimos quadrados assegura com confiança.



CALIBRAÇÃO PARA REVELAÇÃO NORMAL

Esta calibração visa determinar a revelação normal, N, em unidades de tempo (min), por isso, é também denominada de calibração para o tempo normal de revelação, ou para o tempo de revelação normal. A revelação N é a revelação necessária para que a reprodução dos tons percebidos seja a mais fiel possível quando expomos corretamente o filme. Se já conhecemos a sensibilidade efetiva do filme, sabemos expor corretamente de acordo com a leitura de zonas. Se conhecemos o tempo padrão de impressão, a escala de densidades do negativo poderá ser reproduzida corretamente. Portanto, só nos restar saber como revelar corretamente o filme,

para efetuar uma eficiente reprodução tonal.

A calibração de tempo normal de revelação se baseia no fato de que, sob revelação N, o fotômetro de luz refletida fornece uma leitura para uma cena monotonal de modo a reproduzi-la como cinza médio no papel, se a expormos de acordo com a leitura fornecida. O fotômetro fotográfico sempre fornece a exposição para a zona V. Novamente, esta etapa do Sistema de Zonas leva em conta a astrocâmera, o ampliador, os reveladores, o papel, o filme e os parâmetros de processamento.

Tendo já realizado as duas outras calibrações(a do tempo de impressão e a de ISO), a densidade ^{do negativo} que é função da exposição e revelação dependerá unicamente da revelação. A intenção desta calibração é conseguir a reprodução positiva da zona V a partir da exposição fornecida pelo fotômetro TTL . Para tal, adotei o mesmo procedimento da calibração 3 de Saltzer(1979) que consiste em expor o filme para todas as zonas em algumas tiras separadas, revelá-las e procurar a tira cuja zona V possua densidade adequada para reproduzir o cinza médio. É bastante aconselhável reproduzir no papel as zonas I e IX a fim de verificar o comportamento dos extremos da escala tonal. A zona IX deve se aproximar do tom branco máximo do papel.

Primeiramente, reproduzi um negativo exposto para zona V e revelado a 8 min(este negativo foi feito para a calibração de ISO onde para cada valor de ISO foi exposto também uma chapa para zona "V"). A zona "V" para o TX- 8 min, apareceu no papel com um tom de cinza + baixo. Portanto, o filme foi pouco revelado porque a densidade do negativo da zona "V" foi baixa proporcionando uma mais escura que a zona V.

Devido a isto, as três tiras feitas, contendo 10 chapas para a escala tonal, foram reveladas a tempos maiores que 8 minutos. Os tempos foram de 9, 10 e 11 minutos para a revelação com D-76 1:1 com 5 agitações por minuto e a aproximadamente 24°C . Isto foi feito para as duas astrocâmeras.

Depois de devidamente reproduzidas, sob mesmos parâmetros, as zonas "V" ,"I" e "IX" foram observadas sob luz natural difusa e comparadas. Com o intuito de tornar impessoal a comparação, entre as zonas "V"

principalmente, adotei a leitura fotométrica da Nikon FE-2 com objetiva normal de maneira relativa sob a mesma iluminação. O padrão da comparação foi o cartão de cinza 18% contido no "Kodak Darkroom Dataguide"(1974).

Filme: TRI-X ISO "400" Kodak (México) processado com,
D-76 1:1 - 5 agit/min - $(23,9 \pm 0,2)^{\circ}\text{C}$

zona	astrocâmara A1 ISO \cong 320			astrocâmara A2 ISO \cong 400		
	f/15 9 min	2250 mm 10 min	11 min	f/30 9 min	4500 mm 10 min	11 min
	tempo de exposição (s)			tempo de exposição (s)		
0	-	-	-	-	-	-
I	1/500	1/500	1/1000	1/250	1/250	1/250
II	1/250	1/250	1/500	1/125	1/125	1/125
III	1/125	1/125	1/250	1/60	1/60	1/60
IV	1/60	1/60	1/125	1/30	1/30	1/30
V	1/30	1/30	1/60	1/15	1/15	1/15
VI	1/15	1/15	1/30	1/8	1/8	1/8
VII	1/8	1/8	1/15	1/4	1/4	1/4
VIII	1/4	1/4	1/8	1/2	1/2	1/2
IX	1/2	1/2	1/4	1	1	1

Observações: data do teste- 23/06/88

.o erro associado ao tempo de revelação é de 0,2 min
.as tiras reveladas a 9 e 10 min foram obtidas da mesma área do céu diurno, de tom médio e cor azul, porém a tira de 11 min não foi. Isto vale para as 2 astrocâmeras.

Tabela 10- Testes para calibração de revelação N .

Através das leituras fotométricas relativas, que fazem comparações entre as densidades de reflexão difusa das zonas "V", e da comparação visual entre as zonas "IX", concluiu-se que o tempo normal de revelação para ambas montagens ficou em torno de 9,5 minutos (9 min e 30 s). A conclusão se baseou no fato de que a leitura para o cartão de cinza médio ficou entre as leituras para as zonas "V" das tiras reveladas a 9 e 10 min, para ambas astrocâmeras. Para confirmar a conclusão, as zonas

"IX" das tiras reveladas a 10 min se confundiram com o branco máximo do papel enquanto que as das tiras de 9 min foram reproduzidas com um tom de cinza menos claro que o branco máximo, isto para ambas astrocâmeras.

Reproduziu-se as zonas obtidas com a tira revelada a 9 minutos para as duas montagens com o objetivo de exemplificar a escala tonal conseguida com o instrumental óptico usado (A1, A2 e ampliador Durst) e o material fotográfico adotado (filme TRI-X, papel Talbot, reveladores D-76 e Beer). No entanto, as escalas tonais reproduzidas (para 9 min) não são representativa da escala tonal para a revelação normal, e sim referências.

A fim de se obter parâmetros universais para o grau de revelação, ou seja, o gama e o índice de contraste, construí-se curvas características para todas as tiras. Mediu-se a densidade dos negativos de todas as zonas com o microdensitômetro do mesmo modo da medição da zona I da calibração de ISO, e plotou-se contra uma medida relativa do $\log E$. O modo de medição para se obter uma densidade média representativa da zona correspondente consiste em fazer 5 leituras centrais do negativo com abertura máxima para a fenda principal do microdensitômetro. A medida relativa para o $\log E$ deve-se ao fato de não se poder fazer medidas absolutas pois para o cálculo da exposição E , $E = I \cdot t$, só tínhamos o valor do tempo de obturação.

O cálculo da medida relativa para o $\log E$ foi conseguido a partir da definição da exposição e de acordo com os passos abaixo:

$$E = I \cdot t \quad , \quad \text{onde } I: \text{iluminação recebida e } t: \text{tempo de expos.}$$

$$\log E = \log I \cdot t = \log I + \log t$$

se $I = I_0 = \text{constante}$, para todas zonas de uma tira de teste

$$\log t = \log E - \log I_0 \quad , \quad \text{que representa uma medida relativa}$$

de $\log E$. Se somarmos uma constante à última expressão, obteremos:

$$\log t + a = \log E - \log I_0 + a \quad , \quad \text{que será ainda uma medida relativa}$$

Tabela 11 - Construção de curva característica Sistema de Zonas
filme TX (9,0 ± 0,2) min astrocâmera A1

zona	logt + a a = 3,30	densidades		$\bar{D} \pm 1,96 \times \sigma$
0 (B+V)	-	0,353 0,356 0,355	0,348 0,345	0,351 ± 0,009
I	0,60	0,475 0,468 0,450	0,466 0,474	0,47 ± 0,02
II	0,90	0,630 0,629 0,596	0,610 0,632	0,62 ± 0,03
III	1,20	0,716 0,708 0,694	0,708 0,728	0,71 ± 0,02
IV	1,52	0,868 0,865 0,850	0,864 0,875	0,86 ± 0,02
V	1,82	1,050 1,030 1,025	1,025 1,045	1,04 ± 0,02
VI	2,12	1,235 1,240 1,245	1,255 1,255	1,25 ± 0,02
VII	2,40	1,41 1,40 1,41	1,45 1,44	1,42 ± 0,04
VIII	2,70	1,56 1,60 1,61	1,62 1,61	1,60 ± 0,05
IX	3,00	1,74 1,74 1,72	1,75 1,78	1,75 ± 0,04

Observações:

Novamente, o erro associado a média da densidade foi estimado em 1,96 unidades do desvio padrão da média com o objetivo de representar melhor a densidade média da zona em questão.

O erro para o logt foi desprezado pois confiou-se na precisão eletrônica do obturador da câmera.

Tabela 12- Construção de curva característica Sistema de Zonas
filme TX (10,0 \pm 0,2)min astrocâmera A1

zona	logt + a a = 3,30	densidades medidas		$\bar{D} \pm 1,96\sqrt{\bar{D}}$
0 (B+V)	-	0,369 0,363 0,366	0,362 0,360	0,364 \pm 0,007
I	0,60	0,526 0,522 0,516	0,531 0,532	0,53 \pm 0,01
II	0,90	0,736 0,718 0,712	0,736 0,726	0,73 \pm 0,01
III	1,20	0,862 0,858 0,846	0,878 0,856	0,86 \pm 0,02
IV	1,52	1,040 1,025 1,010	1,045 1,035	1,03 \pm 0,03
V	1,82	1,170 1,175 1,190	1,185 1,200	1,18 \pm 0,02
VI	2,12	1,36 1,35 1,39	1,41 1,39	1,38 \pm 0,05
VII	2,40	1,58 1,60 1,61	1,65 1,57	1,60 \pm 0,06
VIII	2,70	1,85 1,85 1,85	1,875 1,875	1,86 \pm 0,03
IX	3,00	1,95 1,925 1,95	1,975 1,975	1,96 \pm 0,04

Observações(continuação):

A largura e altura da fenda do microdensitômetro foram de 3,00 e 20,0mm respectivamente., e o filtro foi o de 50% p/todas medidas. Não houve eliminação de medidas de densidades, todas ficaram bem representadas dentro do intervalo de confiança da média.

Tabela 13- Construção de curva característica Sistema de Zonas filme TX (11,0 \pm 0,2)min astrocâmera A1

zona	logt + a a = 3,60	densidades medidas		$\bar{D} \pm 1,96 \sqrt{\frac{\bar{D}}{n}}$
0 (B+V)	-	0,370 0,365 0,366	0,369 0,376	0,369 \pm 0,008
I	0,60	0,579 0,586 0,581	0,585 0,587	0,584 \pm 0,007
II	0,90	0,756 0,755 0,745	0,760 0,760	0,76 \pm 0,01
III	1,20	1,005 1,015 1,015	1,005 1,035	1,02 \pm 0,02
IV	1,50	1,150 1,160 1,175	1,150 1,175	1,16 \pm 0,02
V	1,82	1,40 1,39 1,39	1,39 1,42	1,40 \pm 0,03
VI	2,12	1,60 1,61 1,58	1,64 1,62	1,61 \pm 0,04
VII	2,42	1,76 1,78 1,77	1,76 1,80	1,77 \pm 0,03
VIII	2,70	2,00 2,125 2,00	2,125 2,125	2,1 \pm 0,1
IX	3,00	2,375 2,375 2,50	2,375 2,375	2,4 \pm 0,1

Observações(continuação):

A constante a assumiu o valor de 3,60 para o TX A1 revelado a 11 min, diferente daquele para as tiras de 9 e 10 min. Como a leitura do fotômetro para zona V acusou menos 1 passo de exposição em relação as outras duas, a iluminação recebida por ele para a tira de 11 min foi o dobro das outras (ver tabela 10). Assim, $\log I_{11\text{min}} = \log 2 \cdot I_0 = \log 2 + \log I_0 \approx 0,30 + \log I_0$; acrescentando a diferença de 0,30

Tabela 14- Construção de curva característica-Sistema de Zonas filme TX (9,0 + 0,2)min astrocâmera A2

zona	logt + 3,00	densidades medidas	$\bar{D} \pm 1,96\sqrt{\frac{\sigma}{\bar{D}}}$
0 (B+V)	-	0,344 0,342 0,343	0,343 \pm 0,002
I	0,60	0,447 0,453 0,456	0,452 \pm 0,007
II	0,90	0,544 0,548 0,536	0,54 \pm 0,01
III	1,22	0,654 0,676 0,655	0,67 \pm 0,02
IV	1,52	0,788 0,798 0,785	0,79 \pm 0,01
V	1,82	0,925 0,930 0,920	0,93 \pm 0,01
VI	2,10	1,070 1,075 1,090	1,08 \pm 0,02
VII	2,40	1,250 1,240 1,220	1,25 \pm 0,04
VIII	2,70	1,40 1,39 1,40	1,40 \pm 0,02
IX	3,00	1,55 1,55 1,57	1,56 \pm 0,03

Densidade da base do TX -

Densidades medidas	$\bar{D} \pm 1,96\sqrt{\frac{\sigma}{\bar{D}}}$
0,1940 0,1945	0,195 \pm 0,002
0,1960 0,1940	
0,1950	

Tabela 15- Construção de curva característica-Sistema de Zonas filme TX (10,0 + 0,2)min astrocâmera A2

Zona	logt + 3,00	densidades medidas		$\bar{D} \pm 1,96\sqrt{\bar{D}}$
O (B+V)	-	0,358 0,361 0,362	0,360 0,363	0,361 \pm 0,004
I	0,60	0,502 0,504 0,485	0,502 0,512	0,50 \pm 0,02
II	0,90	0,598 0,607 0,596	0,610 0,620	0,61 \pm 0,02
III	1,22	0,736 0,725 0,732	0,734 0,768	0,74 \pm 0,03
IV	1,52	0,920 0,945 0,915	0,950 0,910	0,93 \pm 0,04
V	1,82	1,090 1,100 1,110	1,125 1,105	1,11 \pm 0,03
VI	2,10	1,240 1,250 1,245	1,210 1,300	1,25 \pm 0,06
VII	2,40	1,51 1,52 1,53	1,51 1,56	1,53 \pm 0,04
VIII	2,70	1,66 1,70 1,71	1,75 1,68	1,70 \pm 0,07
IX	3,00	1,80 1,85 1,85	1,85 1,875	1,85 \pm 0,05

A flutuação do valor das densidades medidas deve-se provavelmente à não-uniformidade da revelação em áreas diminutas medidas com um microdensitômetro.

Tabela 16- Construção de curva característica-Sistem de Zonas
filme TX (11,0 \pm 0,2)min astrocâmera A2

zona	logt + 3,00	densidades medidas		$\bar{D} \pm 1,96x\frac{\sigma}{D}$
0 (B+V)	-	0,383 0,374 0,382	0,378 0,380	0,379 \pm 0,007
I	0,60	0,590 0,598 0,588	0,600 0,599	0,60 \pm 0,01
II	0,90	0,759 0,768 0,758	0,772 0,756	0,76 \pm 0,01
III	1,22	0,932 0,950 0,950	0,950 0,985	0,95 \pm 0,04
IV	1,52	1,150 1,180 1,175	1,170 1,225	1,18 \pm 0,05
V	1,82	1,39 1,45 1,46	1,46 1,45	1,44 \pm 0,06
VI	2,10	1,60 1,62 1,62	1,63 1,63	1,62 \pm 0,02
VII	2,40	1,78 1,80 1,78	1,82 1,80	1,80 \pm 0,03
VIII	2,70	1,90 1,925 1,925	1,95 1,925	1,93 \pm 0,03
IX	3,00	2,00 2,25 2,125	2,125 2,25	2,2 \pm 0,2

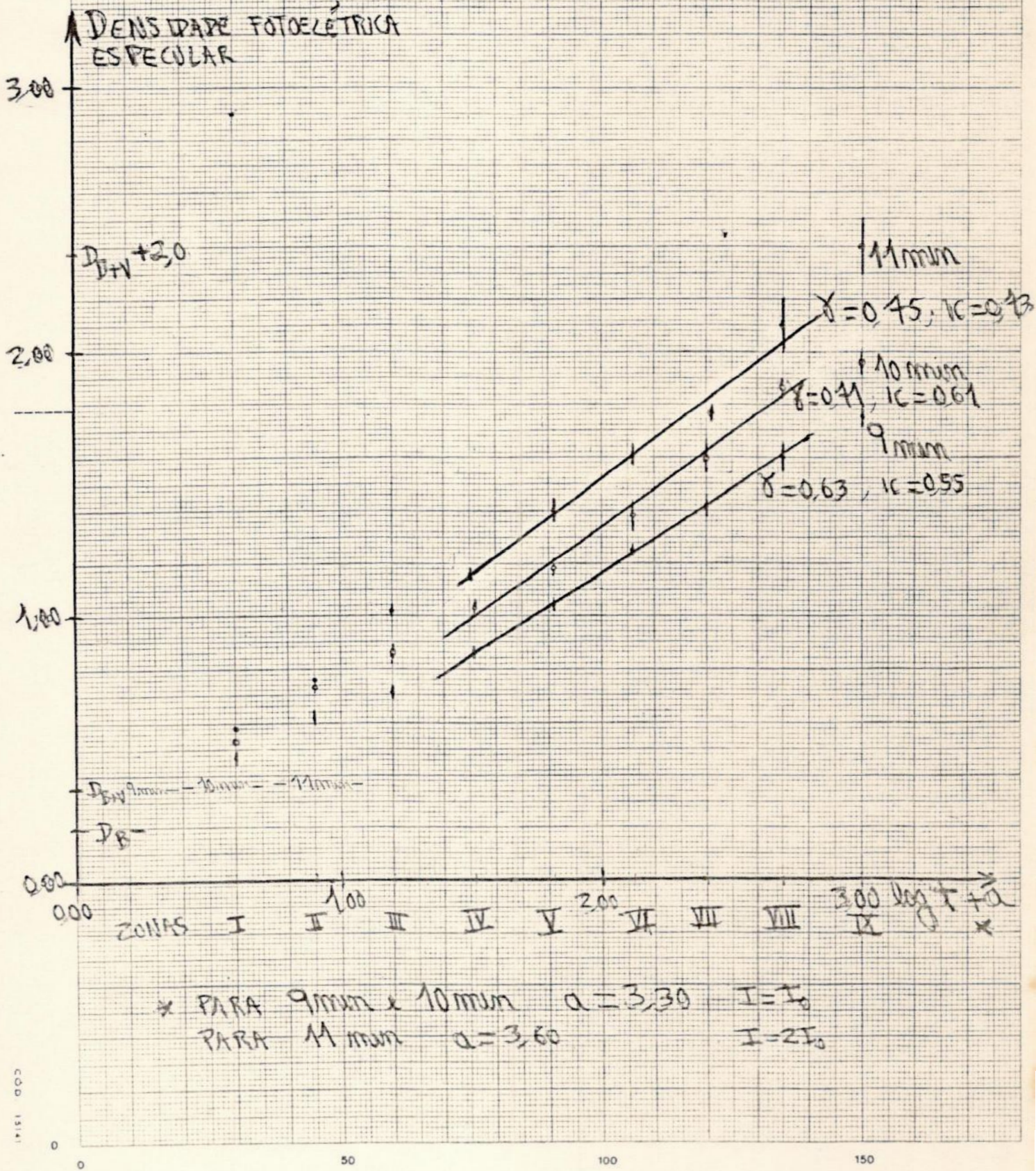
Ilford

MILIMETRADO A4 210x297mm

Gráfico 2 -

SISTEMA DE ZONAS

TRI-X PAN ISO 400 135 EMULSÃO N° 298024 MÉXICO
D-46 1:1 5 ADITAÇÕES POR MINUTO (23,9 ± 0,2)°C
ASTROCÂMERA A1 ISO 320



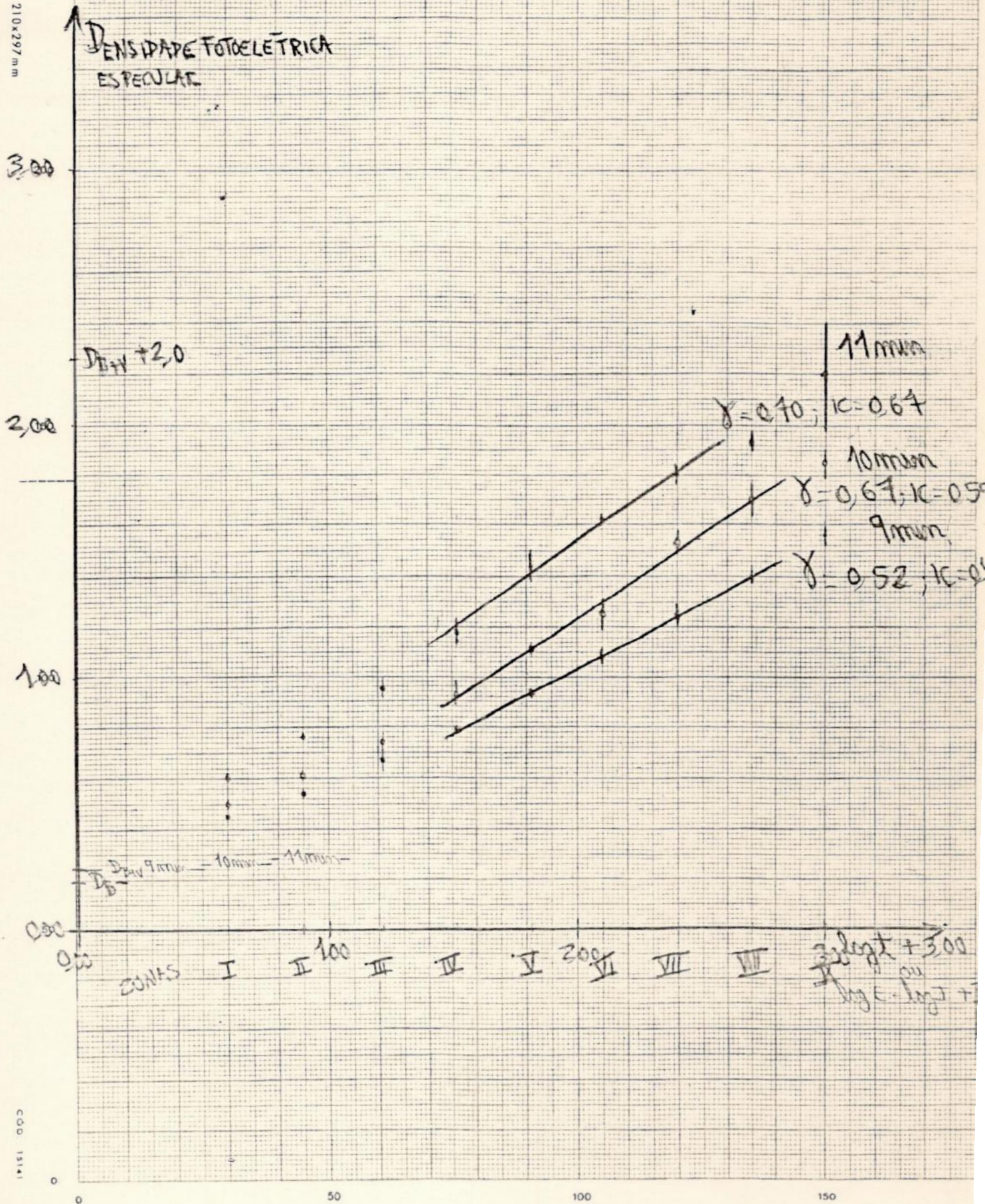
Alibra

MILIMETRADO A4 210x297mm

Gráfico 3 -

SISTEMA DE ZONAS

TRI-X PAN ISO 400 135 EMULSÃO N 298024 MÉXICO
D-76 - 1:1 - SAGITACÕES POR MINUTO (239 ± 0,2)°C
ASTROCAMERA AZ ISO 400



COD 1514

Os valores encontrados para o gama, γ , nas seis curvas características foram calculados a partir da parte reta da curva experimental. A parte reta experimental, a princípio deveria estar situada na região das zonas intermediárias (IV-V-VI), contudo três pontos são considerados poucos para um ajuste linear. Portanto, inclui-se mais alguns outros, escolhidos visualmente por estarem relacionados linearmente. O ajuste linear dos pontos, em geral cinco representando as zonas IV, V, VI, VII e VIII, foi obtido com o método dos mínimos quadrados que foi feito com a calculadora HP-15C. O coeficiente de correlação para a parte reta da curva experimental explica a escolha visual dos pontos plotados. A estimativa do erro do coeficiente de inclinação da reta, o gama, foi a diferença entre o valor máximo do gama, $\gamma_{\text{máx}}$, e o valor calculado com o ajuste, γ_0 . O cálculo do gama máximo é dado pela expressão abaixo:

$$\gamma_{\text{máx}} = (D_{\text{VIII}} + \sqrt{D}) - (D_c) / ((\log t + a)_{\text{VIII}} - (\log t + a)_c)$$

onde,

D_{VIII} : ordenada do ponto da zona VIII

D_c : ordenada da centróide dos pontos plotados

\sqrt{D} : desvio padrão em densidade = $(\sum_{i=1}^n r^2 / n - 2)^{1/2}$

$(\log t + a)_{\text{VIII}}$: abscissa do ponto da zona VIII

$(\log t + a)_c$: abscissa do centróide dos pontos

$$\text{erro em } \gamma = \gamma_{\text{máx}} - \gamma_0$$

Houve apenas uma eliminação de ponto no ajuste linear por mínimos quadrados. Eliminou-se o ponto da zona VIII da curva TX- A2- 11 min, porque visualmente este ponto parecia não pertencer a parte reta experimental. A escolha do ponto da zona VII da curva TX- A1- 11 min também ficou em dúvida, contudo tal ponto foi incluído no ajuste.

Tabela 17- Resultados do ajuste linear para o cálculo do gama
Sistema de zonas

filme: TRI-X PAN ISO "400" emulsão nº 298024 (México)
D-76 1:1 5 agit/min $(23,9 \pm 0,2)^{\circ}\text{C}$
das zonas IV a VIII

astrocâmera A1 - ISO 320

	$(9,0 \pm 0,2)\text{min}$	$(10,0 \pm 0,2)\text{min}$	$(11,0 \pm 0,2)\text{min}$
r	0,9996	0,9946	0,9925
σ_D	0,009	0,04	0,05
centróide	(2,112 ; 1,234)	(2,112 ; 1,41)	(2,112 ; 1,608)
$\gamma \pm e_\gamma$	$0,63 \pm 0,02$	$0,71 \pm 0,06$	$0,75 \pm 0,08$

astrocâmera A2 - ISO 400

	$(9,0 \pm 0,2)\text{min}$	$(10,0 \pm 0,2)\text{min}$	* $(11,0 \pm 0,2)\text{min}$
r	0,9995	0,9953	0,9959
σ_D	0,009	0,04	0,03
centróide	(2,108 ; 1,09)	(2,108 ; 1,304)	(1,96 ; 1,51)
$\gamma \pm e_\gamma$	$0,52 \pm 0,02$	$0,67 \pm 0,07$	$0,70 \pm 0,07$

onde,

r: coeficiente de correlação linear

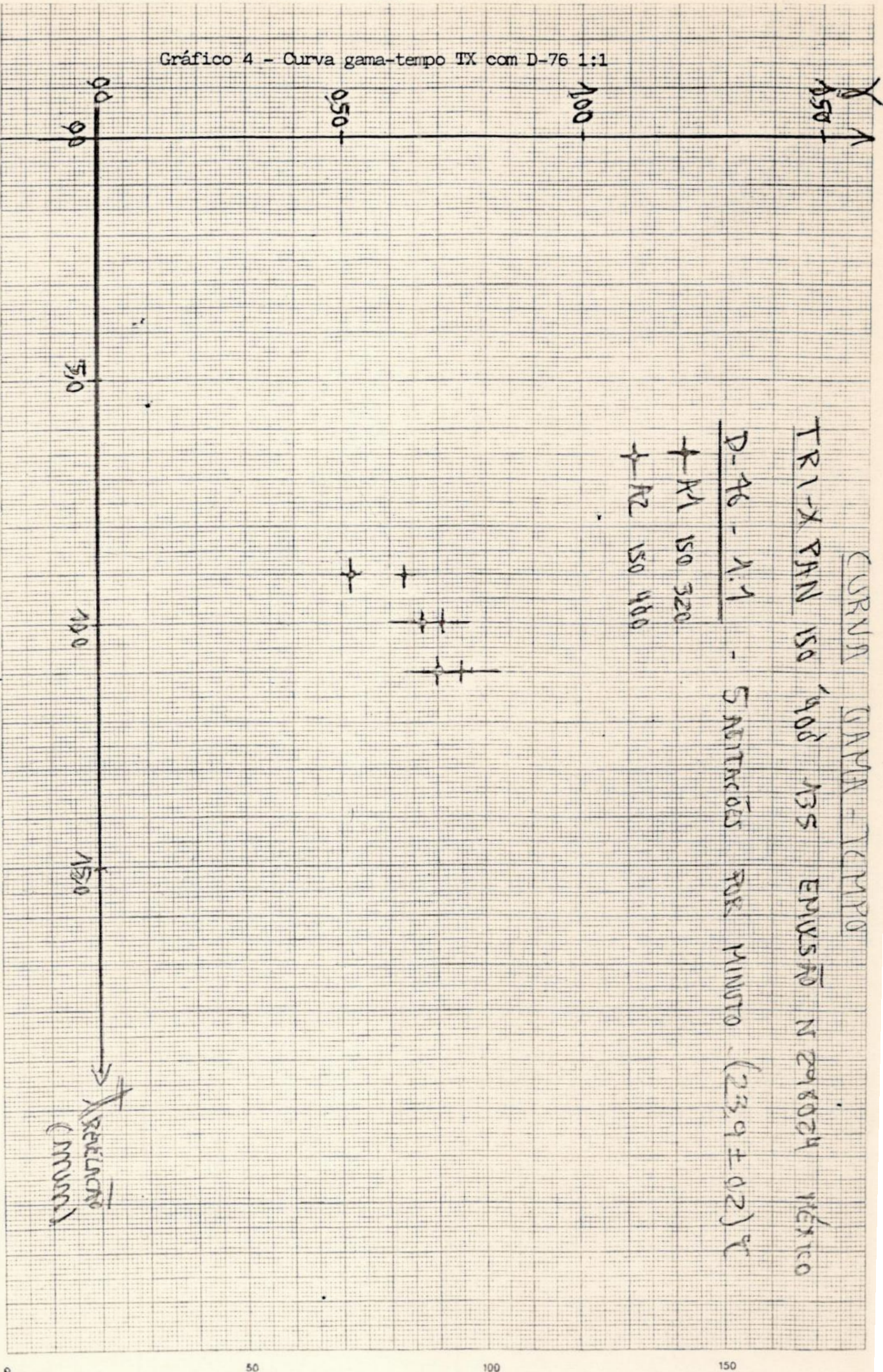
*: excluído o ponto da zona VIII

A título de curiosidade, construiu-se duas curvas gama-tempo com os resultados acima, para o filme TX e o revelador D-76 com base nos parâmetros de processamento e de equipamento. As "curvas" gama-tempo obtidas não tiveram utilidade no presente trabalho por causa dos poucos, 3 para cada, pontos plotados.

Gráfico 4 - Curva gama-tempo TX com D-76 1:1

MILIMETRADO A4 210x297mm

250
200
150
100
50
0



COD 15141

Outra grandeza que quantifica o grau da revelação bem como o contraste proporcionado por ela é o índice de contraste, IC. Os valores encontrados para o IC no gráfico das seis curvas características foram calculados do coeficiente angular da reta que inclui os pontos cujas ordenadas são aproximadamente de valor igual a ($D_{B+V} + 0,1$) e ($D_{B+V} + 2,00$). Em vista desta definição para o índice de contraste que inclui o sopé da curva H&D no cálculo do contraste do negativo (pág 69- Seção SENSITOMETRIA), fiz a escolha de levar em conta todos os pontos plotados no cálculo do IC. A estimativa para o erro em IC foi a média dos erros para o gama. Abaixo, é apresentado uma tabela contendo o coeficiente de correlação linear do ajuste feito pelo método dos mínimos quadrados além dos valores para os índices de contrastes.

Tabela 18- Índices de contraste- Sistema de Zonas

filme: TRI-X PAN ISO "400" emulsão nº 298024 (México)

D-76 1:1 5 agit/min ($23,9 \pm 0,2$)°C

todas as zonas exceto a zona 0 (B+V)

astrocâmera A1 - ISO 320

	($9,0 \pm 0,2$)min	($10,0 \pm 0,2$)min	($11,0 \pm 0,2$)min
r	0,9960	0,9958	0,9949
IC($\pm 0,05$)	0,55	0,61	0,73

astrocâmera A2 - ISO 400

	($9,0 \pm 0,2$)min	($10,0 \pm 0,2$)min	($11,0 \pm 0,2$)min
r	0,9964	0,9953	0,9980
IC($\pm 0,05$)	0,47	0,59	0,67

ANÁLISE DOS RESULTADOS DAS CALIBRAÇÕES

O filme TRI-X mostrou-se ligeiramente menos sensível quando é utilizado na astrocâmera A1 apresentando uma sensibilidade de (325 ± 11) na escala ISO, contra a outra velocidade de ISO (390 ± 44) quando é empregado com a astrocâmera A2. Isto, é o mesmo que dizer que a A1 reduz de aproximadamente 1/3 passo de exposição em relação a A2, a rapidez do TX.

Como os valores encontrados para as sensibilidades efetivas, que dependem da câmara e do processo de revelação incluindo o revelador, não são valores da escala de ISO, eles foram arredondados para números próximos desta escala. Com esta aproximação de valor, foi possível ajustar no fotômetro TTL usado, a sensibilidade efetiva obtida para cada astrocâmera.

A fim de obter a revelação normal, N, para o filme TRI-X de acordo com o equipamento aqui adotado (A1 ou A2, e ampliador Durst) e com o papel Talbot e seu processamento, deve-se revelá-lo com D-76 1:1 agitando 5 vezes a cada minuto, a aproximadamente $24,0^{\circ}\text{C}$ e durante um tempo entre 9,0 e 10,0 minutos ($\sim 9,5$ min). Revelando-o com este tempo, nota-se que a diferença entre as densidades da zona I e 0 assume um valor próximo de 0,1, o que ajuda a confirmar o resultado da calibração de ISO, principalmente para a astrocâmera A1.

As curvas características obtidas para as duas astrocâmeras ajudaram na procura do tempo normal de revelação, pois elas plotam a densidade da zona V que quando reproduzida deve apresentar tonalidade de cinza médio. Ao analisar as zonas "V" reproduzidas dos filmes TX-A1 revelado a 9 e 10 minutos, verificou-se que cinza 18% se situava entre os dois tons reproduzidos. Portanto, para o TX-A1 o tempo normal de revelação seria próximo a 9min e 30 s, e com auxílio do gráfico 2 a densidade no negativo da zona V deveria ser próximo a 1,11 (densidade média entre as densidades das duas zonas "V"). Contudo, para o TX-A2, com base no que foi dito o tempo normal de revelação deveria ser por volta de 10 minutos e não 9,5 min, porque a densidade da zona V para a tira de 10 min é exatamente 1,11 e porque o valor do gama (ou do IC) para o TX-A2 10 min se encontra entre os valores do gama (ou do IC) para os filmes TX-A1 9 min e 10 min. Tudo isto significa dizer que para produzir o mesmo gama (ou até mesmo, índice de contraste) de revelação, precisamos revelar durante 30 segundos a mais o filme TX sensibilizado na astrocâmera A2. A astrocâmera A2 diminui o contraste do TX em relação a A1, sob um mesmo tempo de revelação, o que é facilmente verificado ao comparar os valores do gama, ou do IC, para as duas montagens obtidos durante o mesmo tempo de revelação. Esta redução em contraste era esperada devido ao uso de

um teleconversor na montagem de projeção negativa da astrocâmera A2. Recapitulando: o tempo normal de revelação do TX na A1 foi de aproximadamente de 9,5 min e na A2 foi de 10,0 min . Apesar de existir esta diferença entre os dois tempos de revelação normal, na prática adotei o tempo de 9,5 min como sendo o da revelação N por questões de economia de tempo e revelador(é mais econômico revelar filmes obtidos nas 2 astrocâmeras no mesmo tanque).

Verificou-se também com o auxílio das curvas H&D, que para realizar mudança de uma zona para a outra adjacente através da revelação apenas, deve-se variar em 1 minuto o tempo de revelação. Isto foi verificado principalmente para as zonas de III a VII e para as curvas obtidas com a A1. Esta mudança ocorre porque a densidade do negativo é função da exposição e revelação. Fixando a exposição, a dependência ocorrerá apenas com o tempo de revelação. Quando um aumento em densidade de uma zona faz ela possuir a densidade da zona adjacente acima, provocado por um aumento no tempo de revelação, diz-se que a revelação fornecida foi de N+1 . E quando ocorre um decréscimo de densidade que faz a zona cair na zona adjacente abaixo, diz-se que a revelação fornecida para tal foi de N-1 . Há também a definição de revelação N+2 e N-2, que faz a zona original cair na segunda zona acima e na segunda zona abaixo, respectivamente. Este deslocamento entre zonas não adjacentes foi notado para o TX nas curvas da astrocâmera A1. As notações N+1 e N+2, que demonstram expansões na revelação, e as notações N-1 e N-2, que conotam contrações na revelação, eliminam a citação dos parâmetros de processamento assim como das particularidades do equipamento.

Verificou-se que os valores calculados para o gama e o índice de contraste das curvas H&D se comportaram de acordo com a teoria fotográfica. O gama é o coeficiente angular da parte reta da curva, observada visualmente e confirmada com os valores dos coeficientes de correlação. O IC, que mede a inclinação de uma reta que inclui o sopé da curva, assumiu um valor sempre menor do que seu respectivo .

Os tempos de revelação N encontrados para o TX(9,5 e 10,0 min) ficaram acima daquele fornecido pela tabela do fabricante(8 min),

provavelmente, em virtude de ter adotado um padrão de agitação(5 agit/min) diferente daquele da tabela(agitações a cada 30 s) e que foi de menor intensidade. Outras particularidades, tais como estado do D-76, variação na temperatura de revelação, nº da emulsão e outras acerca das produções de positivos, também influenciaram.

Não foi possível fazer comparações das curvas características obtidas com a do fabricante porque a Kodak adota a densidade visual difusa enquanto que a medida aqui foi a fotoelétrica especular. Também, não foi possível comparar as curvas ICxtempo porque adotei uma temperatura de revelação(24°C) diferente daquela do gráfico do fabricante(20°C).

APLICAÇÃO DOS RESULTADOS NA ASTROFOTOGRAFIA DA LUA

Tabela 18- Resultados das calibrações do Sistema de Zonas.

filme: TRI-X PAN ISO "400" emulsão nº 298024(México)
D-76 1:1 5 agit/min (23,9 ± 0,2)°C

	ISO	N-1	N	N+1
astrocâmera A1	320	8,5 _{+0,2} min	9,5 _{+0,2} min	10,5 _{+0,2} min
*gama	-	0,61	0,67	0,73
*IC	-	0,50	0,59	0,68
astrocâmera A2	400	9,0 _{+0,2} min	10,0 _{+0,2} min	11,0 _{+0,2} min
**gama	-	0,52	0,67	0,70
**IC	-	0,47	0,59	0,67

observações:

* , valores estimados por interpolação linear sujeitos a imprecisão maior que os observados

** , valores observados com erro entre 0,02 e 0,08(ver tabelas 17 e 18)

É interessante notar que o gama(ou índice de contraste) assume valores semelhantes para o TX nas duas astrocâmeras sob um mesmo tipo de revelação(N, N+1, ...). Isto era esperado porque as notações N-1, N e N+1 representam graus distintos para a revelação.

Ao observarmos a Lua através do visor da astrocâmera, notamos que a imagem percebida possui um contraste relativamente reduzido. O mesmo ocorre ao observarmos com o telescópio Coudé através de uma de suas oculares disponíveis. Esta redução em contraste torna-se evidente quando comparamos a imagem percebida ao telescópio pela visão humana com aquelas reproduzidas e encontradas em livros de qualidade (Convington, 1985).

Com a intenção de se querer reproduzir a imagem da Lua com um contraste maior daquele da imagem observada, deve-se aplicar uma revelação de grau mais acentuado que a normal, ou seja, fazer uma expansão de revelação. A contração de revelação já havia sido descartada porque previamente já havia feitas fotografias da Lua revelando o TX a 8 min como o fabricante recomenda e estas eram de pouco contraste. Isto ajuda a confirmar a hipótese anterior, bastando saber qual grau de expansão de revelação deve ser realizado para o TX em cada astrocâmera, N+1 ou N+2?

Neste trabalho, expandir a revelação significa aumentar seu tempo de duração em relação ao tempo normal. Porém, há outras formas similares a uma expansão como usar um revelador mais enérgico, aumentar a graduação de contraste do papel mudando de papel ou alterando a fórmula do seu revelador, e usar filtros de contraste na reprodução. Poderia ter adotado a alteração da graduação do papel manuseando o revelador BEER de contraste variável, contudo variar o tempo de revelação tornou-se mais conveniente. Como já foi dito, aumentar de aproximadamente 1,0 min o tempo da revelação normal obtém-se a revelação N+1. Aumentando de 2 min consegue-se a revelação N+2, provavelmente pois a relação não deve ser linear.

Aplicando-se a revelação N+1 ou N+2, faz uma zona cair em outra zona acima quando não se altera a exposição. A fim de compensar esta super-revelação, deve-se realizar uma sub-exposição. No Sistema de Zonas quando se efetua a revelação N+1, deve-se sub-expor 1 passo de acordo com a leitura de zona, e quando se efetua a revelação N+2, deve-se expor a - 2 pontos. (ver figura 56- pág. 134).

Realizou-se testes de exposição e revelação para a Lua com a intenção de encontrar o melhor grau de expansão de revelação (ou tempo)

e a sub-exposição devida a fim de obter imagens lunares de qualidade tonal e de contraste. Basicamente, a exposição foi condicionada a leitura fornecida pelo fotômetro TTL e o tempo de revelação: variou em intervalos de 1,0 min.

Na A1 a leitura fotométrica leva em conta o disco lunar que muda de forma de acordo com a fase e também, o fundo negro do céu que influencia menos na Lua cheia. Na A2 a leitura pode se restringir a regiões particulares ^{da} superfície lunar contudo, o fotômetro continua a medir mais de um tom de cinza. Infelizmente, não foi possível realizar a leitura por zona da forma conveniente como recomenda o Sistema de Zonas.

A olho desarmado a Lua sempre é percebida com uma tonalidade clara da escala tonal, às vezes, sendo observada como branca. Ao telescópio acontece o mesmo, percebe-se a superfície lunar possuindo uma escala de tonalidades de tons claros de cinza com excessão da região do terminador. A explicação para isto é que a visão humana percebe a Lua em altos tons devido ao contraste proporcionado com o fundo do céu noturno que é escuro. Contudo, ao se deparar com imagens da Lua em publicações de qualidade nota-se que ela é reproduzida com tonalidades mais escuras, além de reter um melhor contraste tonal. Os mares aparecem com tonalidades baixas e médias, as montanhas e crateras têm tonalidades médias e altas, e as sombras aparecem como zona 0 ou I. E na sua totalidade a Lua apresenta um tom médio de cinza.

Baseado nisto, quando fotometramos a Lua com a astrocâmera A1 estamos praticamente medindo a zona V, ou seja, a exposição (ou tempo de obturação) correta para a revelação N. O mesmo acontece ao efetuarmos medições com a astrocâmera A2. A razão é que o fotômetro está sempre medindo em sua área de alcance e em iguais proporções tons médios, baixos e altos.

Os testes para a Lua obtiveram imagens em diferentes fases ("thin crescent", 4º crescente, cheia, "gibbous" antes e depois da cheia), em tiras de filme TX revelado a 11, 11,5, 12 e 13min e com exposições de -1, -2 passos e a indicada pelo fotômetro. A seguir, apresento os testes de forma simplificada e na ordem cronológica.

Tabela 19- Testes de exposição e revelação para Lua-Sistema de Zonas

filme: TRI-X PAN ISO "400" emulsão nº298024 (México)

D-76 1:1 5 agit/min em A1 ISO 320; A2 ISO 400

FASE

18^h antes da Em 28/06/88, rev: $(23,9 \pm 0,2)^{\circ}\text{C} - (11,0 \pm 0,2)\text{min}$ TL \approx 22:41

Lua cheia	astrocâmera:	A1	A2
	exposições:	1/60 1/125 1/250 1/500	1/15 1/30 1/60 1/125
	leitura fot.:	1/125	1/30

Entre 4^o e Em 23/08/88, TL \approx 20:^h34^{min} rev: $(12,0 \pm 0,2)\text{min} - (24,3 \pm 0,3)^{\circ}\text{C}$

cheia	astrocâmera:	A1	A2
	exposições:	1/15 1/30 1/60 1/125	1/4 1/8 1/15
	leitura fot.:	1/30	1/8

17^h após a Em 31/08/88, TL \approx 0:^h40^{min} rev: $(13,0 \pm 0,2)\text{min} - (23,9 \pm 0,2)^{\circ}\text{C}$

cheia	astrocâmera:	A1	A2
	expos.:	1/30 1/60 1/125	1/8 1/15 1/30
	leitura fot.:	entre 1/15 e 1/30	1/8

44^h após o Em 20/09/88, TL \approx 20:^h07^{min} rev: $(11,5 \pm 0,2)\text{min} - (23,8 \pm 0,3)^{\circ}\text{C}$

4 ^o cresc.	astrocâmera:	A1	A2	transparência ótima
	expos.:	1/8 1/15 1/30 1/60 1/125	1/4 1/8 1/15 1/30	
	leitura fot.:	entre 1/15 e 1/30	1/8	

31^h após a Em 26/09/88, TL \approx 23:^h10^{min} rev: $(12,0 \pm 0,2)\text{min} - (24,5 \pm 0,5)^{\circ}\text{C}$

cheia	astrocâmera:	A1	A2
	expos.:	1/30 1/60 1/125 1/250	1/15 1/30 1/60 1/125
	leitura fot.:	1/30	entre 1/8 e 1/15

20^h após o Em 19/10/88, TL \approx 19:^h30^{min} rev: $(12,0 \pm 0,2)\text{min} - (24,5 \pm 0,5)^{\circ}\text{C}$

4 ^o cresc.	astrocâmera:	A1	A2
	expos.:	1/8 1/15 1/30 1/60 1/125	1/4 1/8 1/15
	leitura fot.:	entre 1/8 e 1/15	entre 1/2 e 1/4

*céu com muita névoa

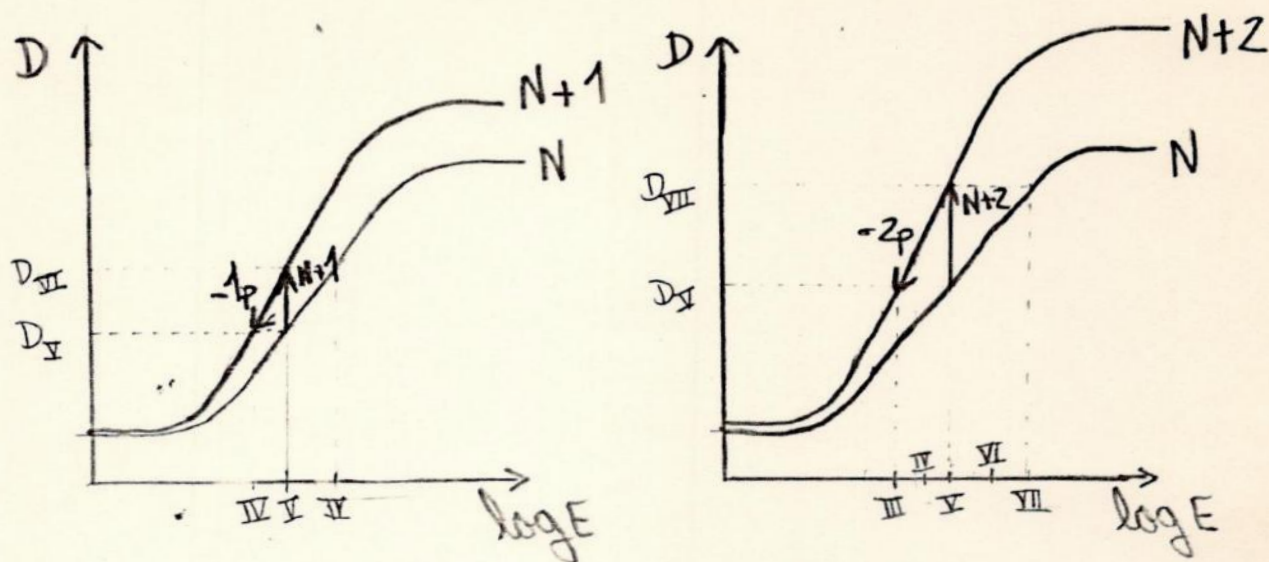


Figura 56- Expansões de revelação compensadas com sub-exposições de acordo com o Sistema de Zonas.

Os negativos dos três primeiros testes, realizados em 28/06, 23/08 e 31/08 de 1988, foram reproduzidos sob as mesmas condições de exposição e de processamento. Todos foram imprimidos sob mesma altura de ampliador (grau de ampliação), abertura da objetiva, papel, diluição do revelador BEER, sendo o tempo de exposição determinado pelo teste do negro máximo e o tempo de revelação pelo método da multiplicação por 6. Em seguida todos foram observados e analisados sob luz natural difusa.

A revelação de 11,0 minutos do 1º teste representa uma revelação entre N+1 e N+2 para o TX na astrocâmera A1, e a revelação N+1 para o TX na A2. O melhor resultado para este tempo de revelação foi quando se expôs a -1 passo tanto na A1(1/250) como na A2(1/60), como seria de se esperar. Este teste foi feito para a Lua quase cheia.

A revelação de 12,0 minutos do 2º teste representa aproximadamente uma revelação entorno de N+2 e N+3 para o TX na astrocâmera A1, e algo próximo à revelação N+2 para o TX na A2. A melhor imagem obtida para este teste foi quando se expôs a -2 p na A1(1/125) e a -1p na A2(1/15). Este teste foi realizado para fase denominada "gibbous".

A revelação de 13,0 minutos do 3º teste representa uma revelação entorno ou acima de N+3 para o TX na astrocâmera A1, uma revelação próxima a N+3 para o TX na A2. A melhor imagem obtida para este tempo foi quando se expôs a -2,5 pontos na A1(1/125) e a -2 pontos na A2(1/30).

O 3º teste foi feito quando a Lua estava próxima a fase cheia, de modo se melhante ao primeiro.

Computando os resultados obtidos com os três primeiros testes realizou-se os 3 últimos sob revelação de 11,5 e 12,0 minutos. Analisando as reproduções obtidas a partir dos negativos destes últimos testes, que foram feitas em formato 24 x 30 cm, concluiu-se que em média as melhores imagens foram conseguidas com revelação N+2 e exposição de -2 passos. Ou seja, revelando o TX num tempo entre 11,0 e 12,0 minutos e sub-expondo entre 1 e 2 pontos obtive bons resultados em termos de contraste tonal e de definição de imagem. O teste feito sob revelação de 13,0 min proporcionou uma granulação acentuada às cópias positivas, e um contraste um tanto exagerado, por isso 13 minutos de revelação foi considerado um limite.

Estimando por interpolação linear, obtemos valores aproximados das grandezas gama e índice de contraste sujeitas a erros apreciáveis, a fim de se caracterizar a revelação N+2. Abaixo estes valores são encontrados.

	N+1	N+2
astrocâmera A1		
tempo de rev.(min)	10,5 ± 0,2	11,5 ± 0,2
gama	0,73	0,79
IC	0,68	0,77
astrocâmera A2		
tempo de rev.(min)	11,0 ± 0,2	12,0 ± 0,2
gama	0,70	0,81
IC	0,67	0,78

Tabela 20- Valores estimados de γ e IC para rev. N+1 e N+2.

Como fato interessante, o teste do dia 19/10 proporcionou imagens com contraste menor em relação às reproduções obtidas com outros testes, porque a névoa reduziu o contraste da imagem recebida e um grau mais acentuado não foi aplicado à revelação a fim de compensar a perda de contraste.

Finalmente, a partir dos resultados para a exposição e revelação ideais na astrofotografia da Lua feita aqui, pôde-se testar aquela fórmula para a exposição encontrada na literatura amadora(pág. 92- Seção

OBSERVAÇÃO ASTROFOTOGRAFICA). O fator de brilho encontrado para Lua é dependente da fase e assume os valores abaixo, segundo Berry(1985) e Co-vington(1985).

Fase	B, fator de brilho
2º e 3º dia do crescente("thin crescent")	10
4º e 5º dia do crescente("wider crescent")	20
quarto crescente ou quarto minguante	40
"gibbous"	80
Lua cheia	200

Tabela 21- Fatores de brilho da Lua.

Se aplicarmos a fórmula para o cálculo do tempo "correto" de exposição para um filme de ISO 400 e para várias relações focais de objetiva encontramos a tabela abaixo.

B →	10	20	40	80	200
f/ ↓	Thin crescent	Wider crescent	Quarter	Gibbous	Full
2.8	1/500	1/1000	1/2000	-	-
4	1/250	1/500	1/1000	1/2000	-
5.6	1/125	1/250	1/500	1/1000	1/2000
8	1/60	1/125	1/250	1/500	1/1000
11	1/30	1/60	1/125	1/250	1/500
16	1/15	1/30	1/60	1/125	1/250-A1
22	1/8	1/15	1/30	1/60	1/125
32	1/4	1/8	1/15	1/30	1/60 ~A2
45	1/2	1/4	1/8	1/15	1/30
64	1	1/2	1/4	1/8	1/15

Tabela 22- Tempos de exposições para ISO 400 e a Lua calculados com a fórmula da astrofotografia amadora.

Agora, se aplicarmos a mesma fórmula ^{para} estimar as exposições "ideais" para o TX ao decorrer das fases lunares nas duas astrocâmeras, obtemos a tabela seguinte.

astrocâmera	ISO	B				
		10	20	40	80	200
A1	f/15 320	1/14	1/28	1/57	1/114	1/284
A2	f/30 400	1/4	1/9	1/18	1/36	1/89

Tabela 23- Tempos de expos. p/Lua astrocâmeras e TX .

Os tempos obtidos da tabela 23 se aproximam bastante daqueles da tabela 22 calculados para os números $f/16$ e $f/32$ quando se usa um filme de sensibilidade ISO 400. Na verdade, devemos sempre aproximar o tempo calculado a partir da fórmula para um valor encontrado na escala de velocidades disponível.

Estes valores para o tempo de exposição foram utilizados na maioria dos testes da Lua, em geral como um tempo limite para as exposições. A intenção era, após a aplicação do Sistema de Zonas, verificar a validade da fórmula.

*Computando e analisando os resultados dos testes de exposição e revelação, concluiu-se que os tempos ideais de exposição (entre -1 e -2 passos) se aproximaram bastante dos tempos tabelados quando se realiza a revelação ideal (entre $N+1$ e $N+2$).

Portanto, a aplicação daquela fórmula para o tempo de exposição é, em média, confiável quando se aplica uma revelação acima da normal no caso deste trabalho e suas particularidades de equipamento, material fotográfico e processamento.

11- SOL, PLANETAS E CONSTELAÇÕESMÉTODO DA AÇÃO CONJUNTA DA EXPOSIÇÃO E REVELAÇÃO DO FILME

Como já foi dito no tópico Métodos e procedimentos adotados da seção Processo Fotográfico P&B(pág 87), o método da Ação Conjunta visa minimizar os graus de liberdade existentes nas etapas de exposição, revelação(filme) e de impressão de positivos. Este método pretende estudar de forma empírica as ações da exposição e da revelação, de maneira correlacionada, sobre a reprodução positiva final. Ele trabalha apenas com os tempos de exposição e de revelação fixando as outras variáveis, dentro do possível.

O estudo empírico da ação conjunta da exposição e revelação do filme sobre a reprodução final baseou-se em testes de exposição e revelação que buscam os tempos ideais de cada uma destas etapas para cada conjunto de objeto-astrocâmera-filme, de acordo com Milone(1986). Os testes consistem em realizar diversas exposições(tempos de obturação distintos) em várias tiras de filme que são reveladas a tempos diferentes. Em seguida, todas as imagens negativas são reproduzidas sob o mesmo tempo de exposição e de revelação, sendo o tempo de exposição idêntico aquele tempo padrão de impressão(pág 102- Seção 10) e o tempo de revelação obtido pelo método da multiplicação por seis(pág 91- Seção 8).

No caso do Sol, o tempo de exposição de partida foi aquele fornecido pela leitura do fotômetro. Para os planetas o tempo de exposição adotado como referência foi o calculado por aquela fórmula da astrofotografia amadora. Para a fotografia de constelações o tempo se baseou numa tabela fornecida por Covington(1985).

O tempo de revelação do filme para os três casos teve como referência a tabela do fabricante para o processamento.

SOL

A motivação da astrofotografia solar resume-se em registrar, de acordo com a filtragem devida(seletiva ou não), o escurecimento do

limbo, a granulação da fotosfera, as manchas solares, que por contraste aparecem escuras, a cromosfera visível em eclipses, as fáculas e "plages" que são regiões mais claras, as proeminências, os flares e a corona visível em eclipses (Dilsizian, 1987). Não se deve esquecer dos registros de eclipses totais ou parciais. É interessante, também, acompanhar fotograficamente o aparecimento e desaparecimento das manchas solares no disco visível, devido à rotação do Sol e ao curto tempo de vida delas.

A astrocâmera A1 serviu para fotografar o disco solar por inteiro, e a A2 foi manuseada para registrar em detalhe as manchas devido à sua maior ampliação de imagem. Ambas foram usadas com o filtro solar espelhado, Sph 150, frontal à objetiva do telescópio.

Os filmes adotados foram o PNX de ISO 32, como sugere Covington (1985) e o TPAN sugerido por Dilsizian (1987) devido ao seu contraste alto e granulação bastante reduzida.

Para a determinação da exposição, no caso do Sol, deve-se levar em conta:

- a altura sobre o horizonte,
- a transparência atmosférica,
- o tamanho da imagem no plano focal,
- a sensibilidade efetiva do filme,
- o contraste da imagem percebida pela visão humana,
- as perdas de luz internas à astrocâmera,
- a relação focal,
- a revelação posterior que é dependente de outros fatores (pg83)
- e, os aspectos subjetivos e a finalidade da fotografia.

É recomendável para o Sol, que a observação astrofotográfica seja realizada sempre por volta de 2 horas antes de sua passagem meridiana ou 2 horas após, a fim de reduzir o efeito da turbulência devido ao calor acentuado do meio-dia (Covington, 1985).

Adiante, os testes de exposição e revelação do Método da Ação Conjunta são apresentados para a astrofotografia solar com uso dos 2 filmes (PNX e TPAN) e das 2 astrocâmeras (A1 e A2 com filtro solar). Os tempos de exposição adotados ficaram entorno daquele fornecido pelo fotômetro.

tro TTL. Em virtude da imagem tanto do disco solar(A1) como de regiões restritas da superfície solar(A2) ser percebida com um contraste reduzido, adotei tempos de revelação que fornecessem, de acordo com o fabricante, índices de contraste acentuados.

Tabela 24- Testes de exposição e revelação para o Sol

Método da Ação Conjunta da Exposição e Revelação do Filme

filme: PANATOMIC-X ISO 32 emulsão nº D262034 (EUA)

D-76 :5 agit/min ($20,5 \pm 0,5$)°C

Em 28/06/88, no período de 13^h:55^{min} a 14^h:06^{min} TL

	astrocâmera A1					astrocâmera A2 (ambas com filtro Sph150)					
t de expos.	1/30	1/60	1/125	1/250	1/500	1/8	1/15	1/30	1/60	1/125	
fot. TTL(ISO32)	1/125					1/30					
t de rev.	(6,0 ± 0,2)min					(9,0 ± 0,2)min					(12,0 ± 0,2)min
IC tabela	0,59*					0,72*					0,82*

filme: TECHNICAL PAN 2415 emulsão nº N058024 (EUA)

D-76 5 agit/min ($20,5 \pm 0,5$)°C

Em 28/06/88, no período de 13^h:43^{min} a 13^h:51^{min} TL

astrocâmera A1

	(6,0 ± 0,2)min	(9,0 ± 0,2)min	(12,0 ± 0,2)min
t de expos.	1/60 a 1/1000	1/125 a 1/2000	1/125 a 1/2000
IE(ISO)	50	80*	125
fot. TTL	1/250	1/500	1/500
IC tabela	1,00	1,55*	2,10

astrocâmera A2

	1/15 a 1/250	1/30 a 1/500	1/30 a 1/500
t de expos.	1/15 a 1/250	1/30 a 1/500	1/30 a 1/500
IE(ISO)	50	80*	125
fot. TTL	1/60	1/125	1/125
IC tabela	1,00	1,55*	2,10

observações:

IE- índice de exposição fornecido pelo fabricante

IC- índice de contraste fornecido pelo fabricante

*- valor estimado a partir da tabela do fabricante

O tempo de revelação indicado para o PNX pela tabela para o D-76 não diluído a 20 °C é de 5 minutos.

Pode-se perceber que os tempos escolhidos para a revelação dos 2 filmes abrangem um amplo intervalo de valores para o IC, de acordo com a tabela do fabricante(ver na Seção Apêndice). O índice de contraste varia de 0,59 a 2,10 . Na escolha dos tempos de revelação também considerei a sua praticidade, ou seja, poder revelar o PNX e TPAN num mesmo tanque, à mesma temperatura e sob o mesmo tempo.

Após realizar os testes, os negativos foram reproduzidos sob às mesmas condições de exposição e mesmos parâmetros de processamento , dentro do possível. Foi aplicado o teste do negro máximo para a determinação da exposição mínima necessária ao papel e, também, o método da multiplicação por seis. Para efetuar, estas duas etapas da reprodução trabalhei com um negativo não^{exposto} revelado a 9 min a fim de obter valores médios para os tempos de exposição e revelação do papel. Isto tudo foi realizado em separado para cada filme. Como curiosidade, é apresentado uma tabela contendo alguns parâmetros da impressão de positivos dos testes do Sol.

Tabela 25- Reprodução dos testes do Sol

filme: PNX - D-76 5agit/min $(20,5 \pm 0,5)^{\circ}\text{C}$ A1 e A2

Em 06/10/88, no laboratório da EBA

amplificador nº7

papel: Talbot 3 rev. : BEER diluição 5 $(20,0 \pm 0,5)^{\circ}\text{C}$

altura do amplificador Durst: 24 cm

abertura: f/5.6

t de ampliação $\cong 8 \times 1\text{s}$ (B+V - 9min)

t de revelação = $6 \times 8\text{s} \cong 50 \text{ s}$

filme: TPAN - D-76 5 agit/min $(20,5 \pm 0,5)^{\circ}\text{C}$ A1 e A2

Em 05/10/88, no laboratório da EBA

amplificador nº 7- altura de 24 cm, abertura de f/5.6

papel: TB3 rev. : BEER diluição nº 5 $(20,0 \pm 0,5)^{\circ}\text{C}$

t de ampliação $\cong 6 \times 1\text{s}$ (B+V- 9 min)

t de revelação = $6 \times 7\text{s} \cong 45 \text{ s}$

Observando as reproduções obtidas para o Sol com os dois filmes nas duas astrocâmeras, conclui-se que as melhores imagens em termos de contraste tonal foram conseguidas quando:

- para o filme PANATOMIC-X ISO 32, se expõe a -1 passo de cada leitura fornecida pelo fotômetro e quando o filme é revelado a 12 minutos. As melhores exposições foram 1/250 para a A1 e 1/60 para a A2.

- para o filme TECHNICAL PAN 2415, se expõe de acordo com a leitura fornecida pelo fotômetro e quando o filme é revelado a 12 minutos. As melhores exposições foram com os tempos de 1/500 para a A1 e de 1/125 para a A2.

Todas imagens do Sol foram reproduzidas sobre um fundo preto para o céu, da mesma maneira como eram percebidas. A razão deste contraste do disco solar com o céu deve-se ao uso de um filtro que reflete mais de 99% da luz incidente. Desta forma, só os objetos muito brilhantes tornam-se visíveis através dele.

Com a finalidade de estimar o grau de revelação aplicado em cada uma das revelações, contrui curvas características para calcular o gama. Mediu-se a densidade fotoelétrica especular, com o microdensitômetro, de uma área próxima a uma mancha p/algumas tiras de filmes. Plotou-se seu valor contra uma medida relativa para o log E, do mesmo que as curvas do TX na aplicação do Sistema de Zonas, ou seja,

$$\log t + a = \log E - \log I_0 + a, \text{ onde}$$

t: tempo de exposição

E: exposição absoluta em lux.s

I_0 : iluminação recebida na área medida, uma constante p/todos neg.

a: constante arbitrária para ajustar o eixo horizontal.

O erro associado à densidade medida foi um valor médio das imprecisões que se obtêm ao longo da escala de densidades do instrumento, assumindo o valor de 0,02. A imprecisão para o $(\log t + a)$ foi desprezada.

Novamente, a abertura escolhida para a fenda principal do microdensitômetro foi máxima e não adotado o uso de lente de ampliação. As densidades apenas foram medidas nas tiras de filme expostos na A1. Tudo isto visa obter leituras médias que pudessem proporcionar uma melhor estimativa para o gama.

Tabela 26- Construção de curva característica Método da Ação Conjunta- Sol

filme: PNX - D-76 5agit/min $(20,5 \pm 0,5)^{\circ}\text{C}$ A1

largura da fenda: 3,00 mm

altura da fenda: 20,0 mm

filtro de transmissão : 50%

t	logt+3,60	(6,0 + 0,2)min (9,0 + 0,2)min		(12,0 + 0,2)min
		D	D(+ 0,02)	D
1/500	0,90	0,95	1,03	1,23
1/250	1,20	1,34	1,46	1,85
1/125	1,50	1,56	1,78	2,30
1/60	1,82	1,90	2,07	3,00
1/30	2,12	2,15	2,70	-

densidade da base + véu

	6 min		9 min	12 min
densidades	0,230	0,228	0,230	0,239
medidas	0,221		0,228	0,235
	0,224		0,234	0,234
$\bar{D} \pm 1,96\sqrt{\frac{\sigma_D}{D}}$	0,226 \pm 0,008		0,231 \pm 0,006	0,236 \pm 0,006

Depois de plotar os pontos para cada tempo de revelação, escolhi visualmente aqueles pontos que estivessem dispostos linearmente. Somente um ponto foi eliminado: o (1,82 ; 2,07) da tira de 9 min. Os resultados do ajuste linear feito por mínimos quadrados se seguem.

Tabela 27- Valores do gama p/ Sol Método da Ação Conjunta

filme: PNX - D-76 5 agit/min $(20,5 \pm 0,5)^{\circ}\text{C}$ A1

r	6 min	9 min	12 min
σ_D	0,9966	0,9896	0,9977
centróide	0,04	0,1	0,06
$\gamma \pm e_\gamma$	(1,508; 1,58)	(1,43; 1,743)	(1,355; 2,095)
	0,97 \pm 0,07	1,36 \pm 0,07	1,88 \pm 0,13

onde, r: coeficiente de correlação linear

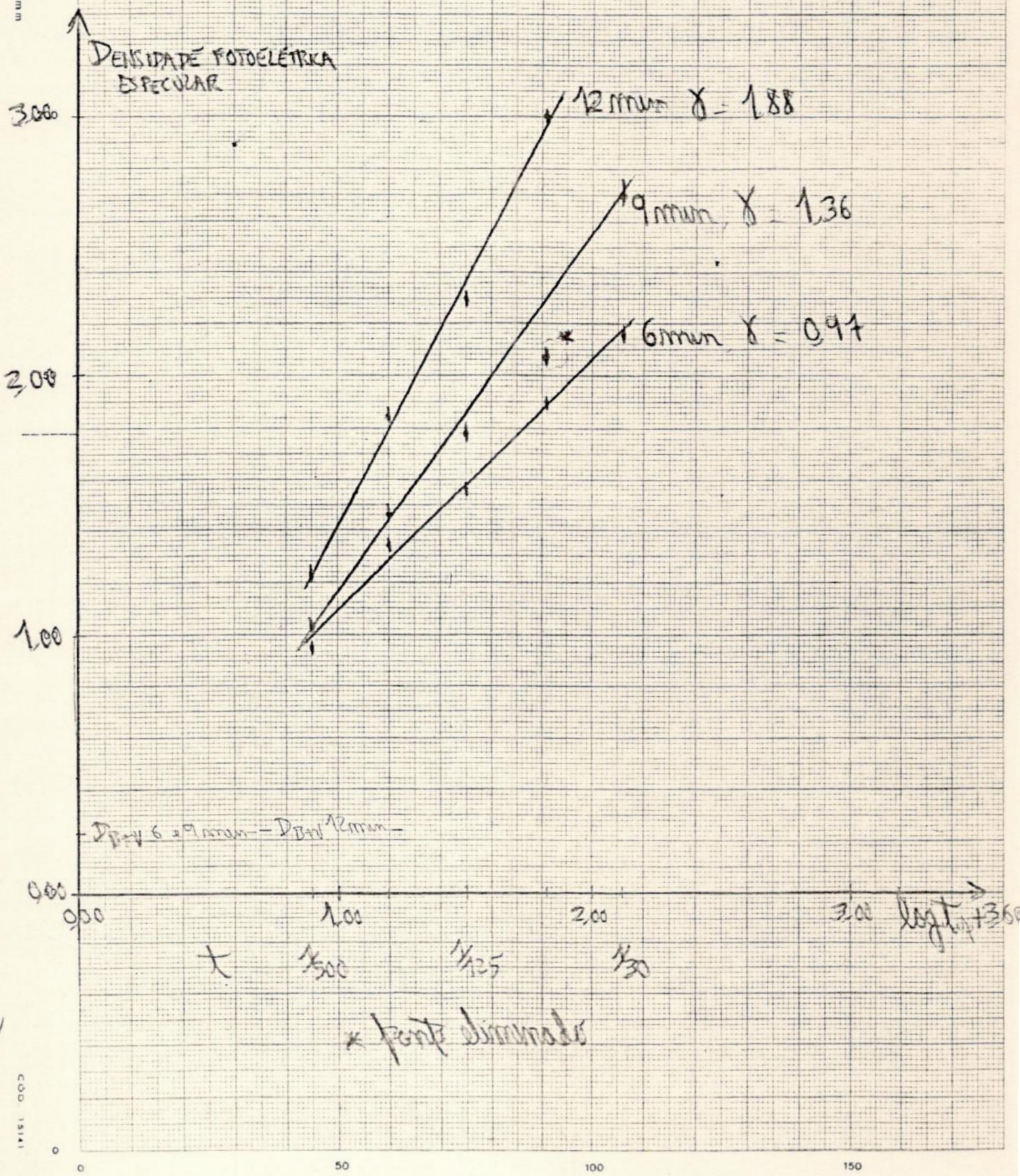
SOL A1 28-06-88

Gráfico 5 -

PANATOMIC-X 150 32 135 EMULSÃO N D26203

D-76 - SATURAÇÃO POR MINUTO - $(20,5 \pm 0,5)^{\circ}\text{C}$

MILIMETRADO A4 210x297mm



COD 15141

A estimativa do erro para o gama deu-se da mesma forma daqueles valores encontrados para as curvas H&D do TX no Sistema de Zonas aplicado para a Lua(ver pág. 125- Seção 10).

Curvas $D_{x \log E}$ não foram traçadas para o filme TPAN por causa dos poucos pontos obtidos após a medição de densidades na área próxima a uma mancha. Nos filmes revelados a 9 e 12 min, as áreas de medição acusaram valores superiores a 3,0 em densidade, que o instrumento considera como valor infinito. Portanto, com poucos pontos(3) não é recomendável realizar ajustes lineares.

Apenas como curiosidade interessante, apresento os valores medidos para as D_{B+V} para as 3 revelações, bem como o valor da densidade da base do TECHNICAL PAN, um filme de ótima qualidade.

Tabela 28- Densidades da base + véu, e da base para o TPAN

Densidade da base, D_B		$\bar{D}_B \pm 1,96 \sqrt{\bar{D}_B}$	
medidas			
0,1175	0,1175	0,118 \pm 0,001	
0,1170	0,1185		
0,1180			
Densidade da base + véu, D_{B+V}			
TPAN emulsão n° N058024 - D-76 5agit/min (20,5 \pm 0,5)°C			
	(6,0 \pm 0,2)min	(9,0 \pm 0,2)min	(12,0 \pm 0,2)min
densidades	0,1235 0,1210	0,1290 0,1340	0,1600 0,1665
medidas	0,1240 0,1210	0,1325 0,1370	0,1500
	0,1215	0,1325	0,1520
$\bar{D}_{B+V} + 1,96 \sqrt{\bar{D}_{B+V}}$	0,122 \pm 0,002	0,133 \pm 0,006	0,16 \pm 0,01

Como se pôde perceber a densidade da base do TPAN é bastante reduzida(boa transparência), e o resíduo provocado pela revelação é quase desprezível. Deve-se resaltar, também, a boa definição de imagem conseguida com ele, que apresentou uma granulação bastante reduzida tanto nos negativos como nas reproduções positivas.

Quanto aos resultados da construção das curvas H&D para o PNX pode-se dizer que os valores encontrados para o gama em cada curva ficaram sempre acima dos valores encontrados na tabela do fabricante para os índices de contraste.

Analisando as imagens fotográficas obtidas nas astrocâmeras A1 e A2 para o Sol, verificou-se que se conseguiu registrar o escurecimento do limbo na A1 principalmente, as manchas solares separadas em umbra e penumbra, além das regiões mais claras, as fáculas e as "plages" melhores visualizadas próximas ao bordo do disco. As manchas, as fáculas e as "plages" apareceram com mais detalhes nas reproduções da A2, como era de se esperar.

Os resultados conseguidos com os testes de exposição e revelação do método da Ação Conjunta foram estendidos para outras observações astrofotográficas do Sol a fim de acompanhar a evolução temporal das manchas. Porém, não é de interesse deste Projeto entrar em detalhes sobre.

Com estes resultados, mais precisamente com os melhores tempos de exposição encontrados, podemos determinar o fator de brilho do Sol através daquela fórmula para o cálculo da exposição da literatura amadora (pág 95- Seção 9), donde tiramos que:

$$B = (f/)^2 / \text{ISO} \cdot t, \text{ onde } t \text{ é expresso em s.}$$

Aplicando esta expressão, encontramos os valores abaixo, que são particulares às peculiaridades do instrumental óptico adotado, das emulsões e seus respectivos processamentos, segundo Berry(1985).

Tabela 29- Valores efetivos para o fator de brilho, B, do Sol

	PNX ISO 32	TPAN ISO"125"
A1(f/15)	~1760	~900
A2(f/30)	~1690	~900

Todos ficaram bastante distante do valor encontrado, 10^7 , em Berry(1985). Contudo, isto confirma que B depende fortemente do equipamento, filme, papel e processamentos, o que é verificado na tabela acima quando mudamos somente de um filme para outro.

PLANETAS

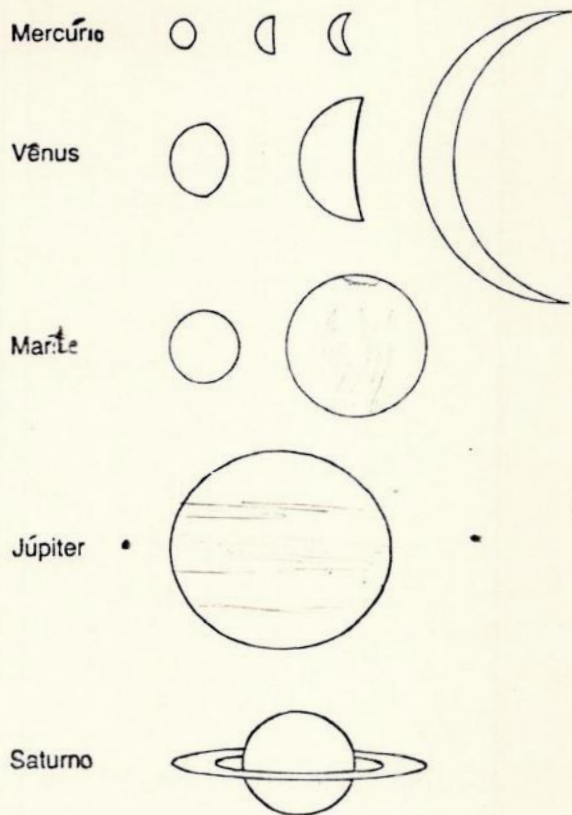


Figura 57- Configurações planetárias em dimensões relativas.

Neste Projeto, a motivação da astrofotografia de planetas resume-se em, no caso do:

- planeta Vênus, registrar a evolução de sua fase no decorrer de sua translação assim como a variação de seu tamanho angular,
- Marte, registrar detalhes em sua superfície como as calotas polares,
- Júpiter, registrar as faixas equatoriais de sua atmosfera assim como detectar seus quatro satélites galileanos, Io, Europa, Ganimedes e Calisto, em seus movimentos ao redor de Júpiter, e
- Saturno, registrar o sistema de anéis e o disco planetário com uma boa definição de imagem.

Neste tópico desta Seção, apenas, apresentarei a aplicação do método da Ação Conjunta da Exposição e Revelação do Filme e seus re-

sultados para a astrofotografia do Sistema de Júpiter compreendido pelo planeta e os satélites galileanos. A intenção é verificar o comportamento deste método baseado em princípios básicos da fotografia, para a astrofotografia planetária, tendo o Sistema de Júpiter como exemplo. Este planeta se mostrou conveniente, porque possui a maior imagem aparente. Os resultados obtidos com o método da Ação Conjunta foram estendidos para a observação astrofotográfica dos outros planetas, Vênus, Marte e em sua máxima aproximação ocorrida em 1988 e Saturno.

A astrocâmera manuseada foi a A2 devido a sua maior ampliação de imagem, de aproximadamente 92 vezes, embora não seja recomendável para fazer fotografias de planetas. Sua relação focal é de f/30, não muito luminosa para planetas.

O filme adotado foi o PLUS-X PAN ISO 125, recomendado por Sherrod (1981) devido ao seu relativo grão fino e por ser pancromático.

Nenhum tipo de filtro de cor (seletivo) foi empregado embora seja recomendável para acentuar o contraste da imagem (Covington, 1985).

A calibração para a sensibilidade efetiva foi aplicada ao filme PX com o mesmo procedimento feito para o TX na aplicação do Sistema de Zonas para a Lua (pág 104 a 113- Seção Lua).

Tabela 29- Densidade da Base + Véu

filme: PLUS-X PAN

D-76 1:1 5 agit/min $(23,9 \pm 0,1)^{\circ}\text{C}$ $(5,0 \pm 0,2)\text{min}$

densidades medidas		$\bar{D}_{B+V} \pm 1,96 \times \bar{D}$
0,302	0,304	0,302 \pm 0,003
0,303	0,301	
0,304	0,299	
0,303	0,302	
0,302	0,301	

Tabela 30- Calibração de ISO

filme: PX astrocâmera: A2

ISO	Densidades zona I	$\bar{D}_{I-} \pm 1,96 \times \bar{D}$	$\bar{D}_{I-0-} (e_{I-} + e_{0-})$
40	0,565	0,56 \pm 0,01	0,26 \pm 0,01
	0,563		
	0,555		
	0,554		
	0,569		

Continuação da Tabela 30

ISO	dens. zona I	\bar{D}_I	\bar{D}_{I-0}
50	0,553	$0,554 \pm 0,005$	$0,252 \pm 0,008$
	0,556		
	0,556		
	0,555		
	0,569		
64	0,502	$0,505 \pm 0,005$	$0,203 \pm 0,008$
	0,503		
	0,508		
	0,506		
	0,505		
80	0,455	$0,463 \pm 0,009$	$0,16 \pm 0,01$
	0,462		
	0,466		
	0,466		
	0,464		
100	0,416	$0,420 \pm 0,006$	$0,118 \pm 0,009$
	0,423		
	0,422		
	0,420		
	0,418		
125	0,394	$0,391 \pm 0,004$	$0,089 \pm 0,007$
	0,390		
	0,389		
	0,392		
	0,390		
150	0,383	$0,383 \pm 0,003$	$0,081 \pm 0,006$
	0,382		
	0,381		
	0,385		
	0,384		
200	0,349	$0,351 \pm 0,003$	$0,049 \pm 0,006$
	0,353		
	0,352		
	0,350		
	0,350		
250	0,341	$0,338 \pm 0,004$	$0,036 \pm 0,007$
	0,335		
	0,339		
320	0,322	$0,322 \pm 0,002$	$0,020 \pm 0,005$
	0,323		
	0,322		

Tabela 31- Calibração de ISO

filme: PLUS-X PAN ISO 125

D-76 1:1 5 agit/min (23,9 + 0,1)^oC (5,0 + 0,2)min

astrocâmera A2 f/30 F = 4500 mm

ISO	leitura TTL zona V	expos. zona I	$\bar{D}_I - \bar{D}_O$
40	1/30	1/2	0,26
50	1/30	1/2	0,252
64	1/30	1/2	0,203
80	1/60	1/4	0,16
100	1/125	1/8	0,118
125	1/125	1/8	0,089
150	1/125	1/8	0,081
200	1/125	1/8	0,049
250	1/125	1/8	0,036
320	1/125	1/8	0,020

Em 08/06/88, diferentes áreas do céu.

Consultando a tabela acima ou plotando os pontos num gráfico do tipo \bar{D}_{I-O} x ISO, verificamos que a velocidade efetiva assume um valor entre 100 e 125, com ligeira tendência ao valor do fabricante. Por causa desta dúvida e por causa da boa distribuição dos pontos no gráfico (pouca dispersão entorno de uma curva decrescente do tipo 1/x), o conjunto de pontos obtidos para o PX foi adotado como objeto de estudo. Objeto de estudo para aquele ajuste polinomial do inverso de \bar{D}_{I-O} feito na calibração de ISO para o TRI-X (pág 110 a 113- Seção Lua).

Com o gráfico do PLUS-X concluiu-se que o melhor grau para o ajuste é o grau 4, porque o somatório dos (resíduos)² praticamente não se alterou do ajuste com grau 4 para o de grau 5, sem falar do desvio padrão do ajuste que aumentou do valor 6 (grau 4) para o valor de 7 (grau 5). A soma dos quadrados dos resíduos foi de 186 para o grau 4 e de 184 para o grau 5. O polinômio de grau 3 forneceu um somatório de 221, e o de grau 2 forneceu um de 306.

Nenhum ponto foi desprezado pelas mesmas razões ditas em outra ocasião (pág. 112- Seção Lua).

Gráfico 6- Calibração de sensibilidade efetiva do FX na astrocâmera A2.

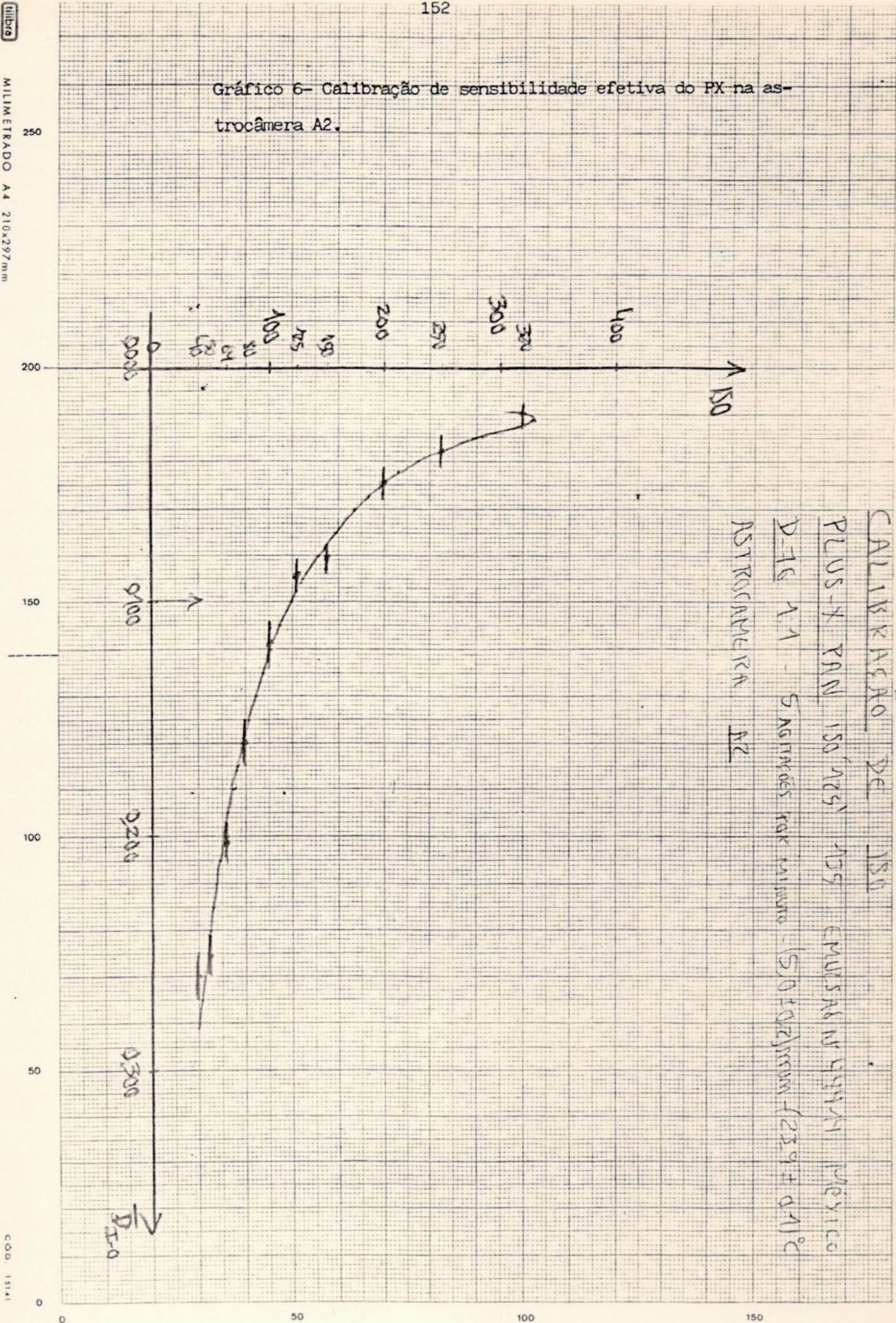


Tabela 32- Resultados do ajuste polinomial para a calibração de ISO do PX na astrocâmera A2.

filme: PLUS-X PAN ISO "125" Kodak emulsão n°44414 (México)

D-76 1:1 5 agit/min $(23,9 \pm 0,1)^{\circ}\text{C}$ $(5,0 \pm 0,2)\text{min}$

ajuste: $\text{ISO}_i = a_0 + a_1 \cdot 1/D + a_2 \cdot 1/D^2 + a_3 \cdot 1/D^3 + a_4 \cdot 1/D^4$

grau 4 astrocâmera A2

$n = 10$

$a_0 \cong -22$

$a_1 \cong 20,161$

$a_2 \cong -0,778383$

$a_3 \cong 0,01998054$

$a_4 \cong -1,94826 \times 10^{-4}$

$\sqrt{D} \cong 6$

$\text{ISO}(D = 0,10) \cong (120 \pm 6) \rightarrow 125$

onde, $D = \bar{D}_{I-O} = \bar{D}_I - \bar{D}_O$: diferença entre as médias das densidades da zona I e da zona O (B+V).

Tabela 33- Densidade da base do filme PX

densidades medidas	$\bar{D}_B \pm 1,96 \cdot \sqrt{\bar{D}_B}$
0,277	$0,276 \pm 0,002$
0,278	
0,276	
0,275	

A partir da calibração de ISO aplicada para o Plus-x, encontrou-se um valor bem próximo de ISO 125 para a sensibilidade efetiva deste filme.

No cálculo da exposição para Júpiter bem como para todos planetas deve-se lembrar que o tempo necessário dependerá daqueles mesmos itens listados para o Sol(ver pág 140 desta Seção).

Os testes de exposição e revelação para o caso de Júpiter apresentou-se da mesma maneira daqueles aplicados para o Sol com algumas diferenças. Os tempos de exposição ficaram dispostos entorno do tempo calculado pela fórmula da exposição da astrofotografia amadora(pág. 95

Seção 9), e abrageram um amplo intervalo com a finalidade de captar imagens dos satélites galileanos. Os tempos de revelação adotados dispuseram-se entorno do tempo fornecido pelo fabricante variando em intervalos de um minuto.

Tabela 34- Testes de exposição e revelação para o Sistema de Júpiter- Método da Ação Conjunta da Exposição e Revelação do filme.

filme: PLUS-X PAN ISO"125" Kodak emulsão nº44414 (México)

D-76 1:1 5 agit/min (24,7 + 0,7)°C*

Em 08/12/88 no período de 20^h:45^{min} a 21^h:16^{min} TL

astrocâmara A2

tempos de exposição(s): 8, 4, 2, 1, 1/2, 1/4, 1/8 e 1/15

tempos de revelação(min) e temperatura(°C):

3,0 ± 0,2 - 24,5 ± 0,5

4,0 ± 0,2 - 24,6 ± 0,6

5,0 ± 0,2 - 24,8 ± 0,8

6,0 ± 0,2 - 24,9 ± 0,9

7,0 ± 0,2 - 24,5 ± 0,5

- * média das temperaturas de cada revelação com um erro estimado como sendo a média dos erros assumidos individuais.
- 1/4 s é o tempo exato e calculado com a fórmula da exposição, com B= 30 e ISO≅ 120
- 5,0 min é o tempo de revelação encontrado na tabela do fabricante.

Após todos negativos, 8 para cada tira de filme, serem devidamente reproduzidos sob ampliação máxima, de acordo com o mesmo procedimento adotado para os testes do Sol(pág 142 desta Seção), as melhores imagens foram conseguidas quando:

- para o disco planetário, o PX foi exposto a 1/2 s e revelado a 5 min.
- para o Sistema de Júpiter, como um todo, disco e os 4 saté

lites, o PX foi exposto num tempo de 4 s e sub-revelado a 3 min, e

- somente, para os satélites, quando o PX foi exposto a 8 s e revelado a 5 min.

A imagem obtida para o disco de Júpiter e os 4 satélites galileanos fornece na reprodução positiva uma imagem pouco encontrada em astrofotografias, ou seja, os 4 satélites são detectados conjuntamente com o disco que não aparece saturado (ou superexposto). Este resultado foi conseguido quando se revelou muito pouco o filme (3 min) que resultou numa redução do contraste entre o luminoso disco e os relativamente débeis satélites, isto é, expor p/sombras e revelar p/altas luzes de forma acentuada.

A fim de quantificar o grau de revelação aplicado a cada tira do filme PX, calculou-se o gama de cada revelação a partir da construção de curvas características para os testes. Adotou-se o mesmo procedimento aplicado para os testes do Sol (pág 143 nesta Seção).

As densidades foram medidas no sentido longitudinal do disco planetário em todas imagens negativas de Júpiter. A largura e altura da fenda principal do microdensitômetro foram escolhidas para tal, e foram as mesmas durante toda medição. Não usei lente de ampliação.

Tabela 35- Construção de curva H&D- Método da Ação Conjunta da Exposição e Revelação do Filme- Júpiter

filme: PX- D-76 1:1 (24,7 ± 0,7)^oC astrocâmera A2

largura da fenda: 3,0 mm, altura da fenda: 20,0mm, filtro: 50%

t de rev(+0,2min)		<u>3,0</u>	<u>4,0</u>	<u>5,0</u>	<u>6,0</u>	<u>7,0</u>
t(s)	logt + 1,80	D	D	D	D	D
1/15	0,62	0,54	0,69	0,66	0,85	0,74
1/8	0,90	0,62	0,87	0,82	1,10	0,97
1/4	1,20	0,75	1,10	1,04	1,37	1,27
1/2	1,50	0,87	1,27	1,40	1,68	1,55
1	1,80	1,01	1,51	1,70	2,13	2,00
2	2,10	1,30	1,78	2,28	2,85	2,76
4	2,40	1,49	2,36	2,70	-	-
8	2,70	1,68	2,76	-	-	-

continuação da Tabela 35-

densidades médias para a base+véu

t de rev(+ 0,2min)	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0
$\bar{D}_0 \pm 1,96 \cdot \sqrt{\bar{D}}$	0,332 $\pm 0,003$	0,342 $\pm 0,005$	0,35 $\pm 0,02$	0,362 $\pm 0,005$	0,371 $\pm 0,001$

Após plotar os pontos ($\log t + 1,80$; D) no gráfico, escolhi aqueles que estivessem, visualmente, alinhados de forma linear para que representassem a parte reta de uma curva característica. O gama, coeficiente angular desta parte reta, foi determinado por meio do ajuste linear com os mínimos quadrados. A estimativa do erro em γ é a mesma daquela adotada para as curvas do TX (pág 125- Seção Lua).

Tabela 36- Valores do gama p/ Júpiter- Método da Ação Conjunta

filme: PX - D-76 1:11,5 agit/min ($24,7 \pm 0,7$)^oC A2

somente os 5 primeiros pontos foram considerados para o ajuste em todas as curvas.

rev(+0,2min)	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0
r	0,9973	0,9989	0,9911	0,9933	0,9935
$\gamma \pm e_\gamma$	0,40 $\pm 0,04$	0,69 $\pm 0,03$	0,90 $\pm 0,11$	1,06 $\pm 0,11$	1,05 $\pm 0,11$

onde, r: coeficiente de correlação linear.

A título de ilustração tracei uma curva gama-tempo com os resultados do ajuste linear. Infelizmente, não pude comparar os resultados aqui obtidos para o grau de revelação com aqueles fornecidos na tabela do filme pelo fabricante. A tabela fornece gráficos com valores de IC e sob outros parâmetros de processamento.

Com os resultados, mais precisamente com os melhores tempos de exposição encontrados, pudemos determinar os valores experimentais do fator de brilho, B, para o disco do planeta, para o Sistema de Júpiter e para os 4 satélites. Usou-se a mesma expressão para B, tirada daquela fórmula da exposição da astrofotografia amadora, usada para o Sol (pág. 147 nesta Seção).

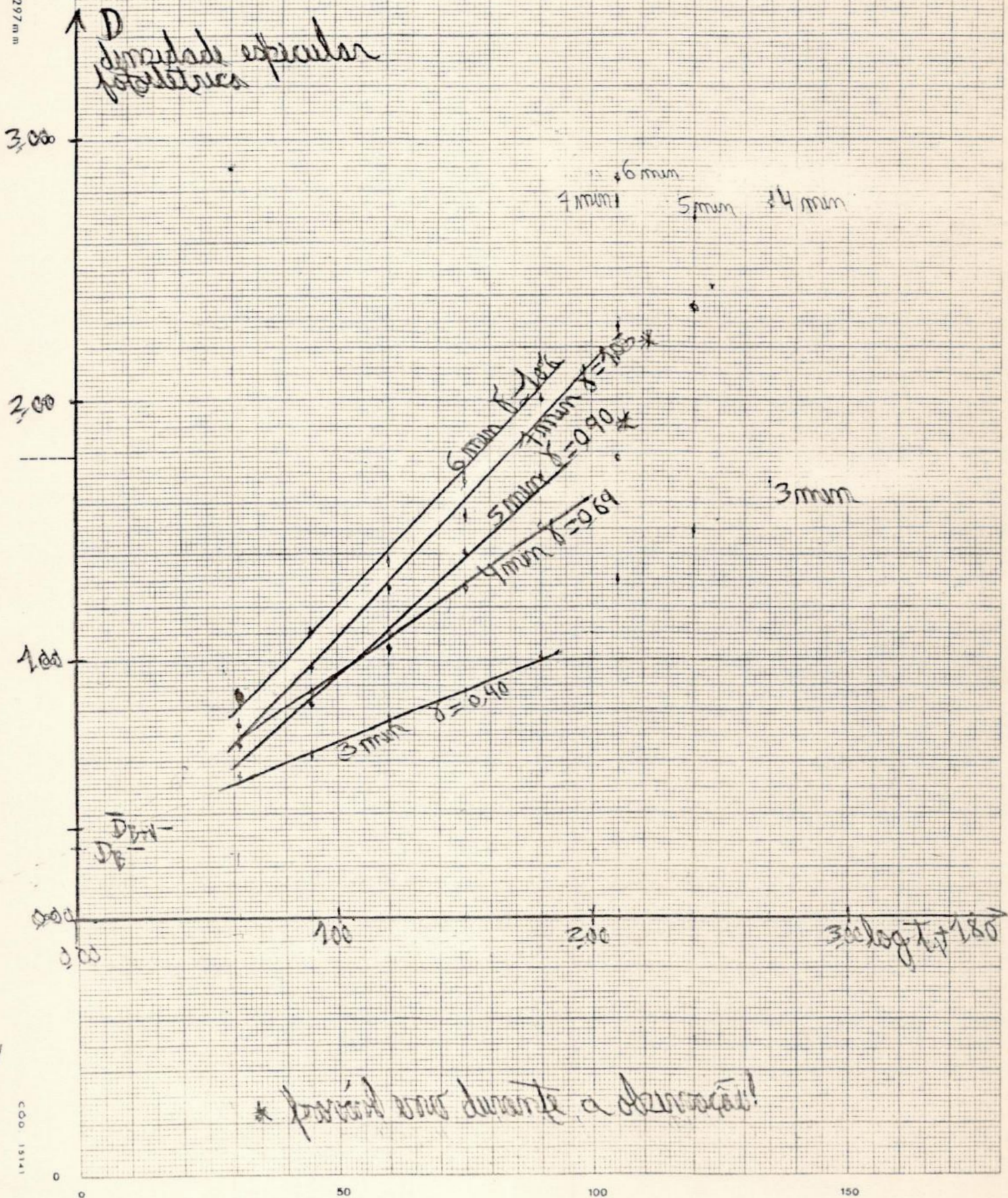
JÚPITER A2 08/12/84

Gráfico 7-

PLUS-X PAN 150'125' 135 mmulato m44414 MEXICO

D-46 1:1 10agat/mm (24,7 ± 0,4)°C

MILIMETRADO A4 210x297mm

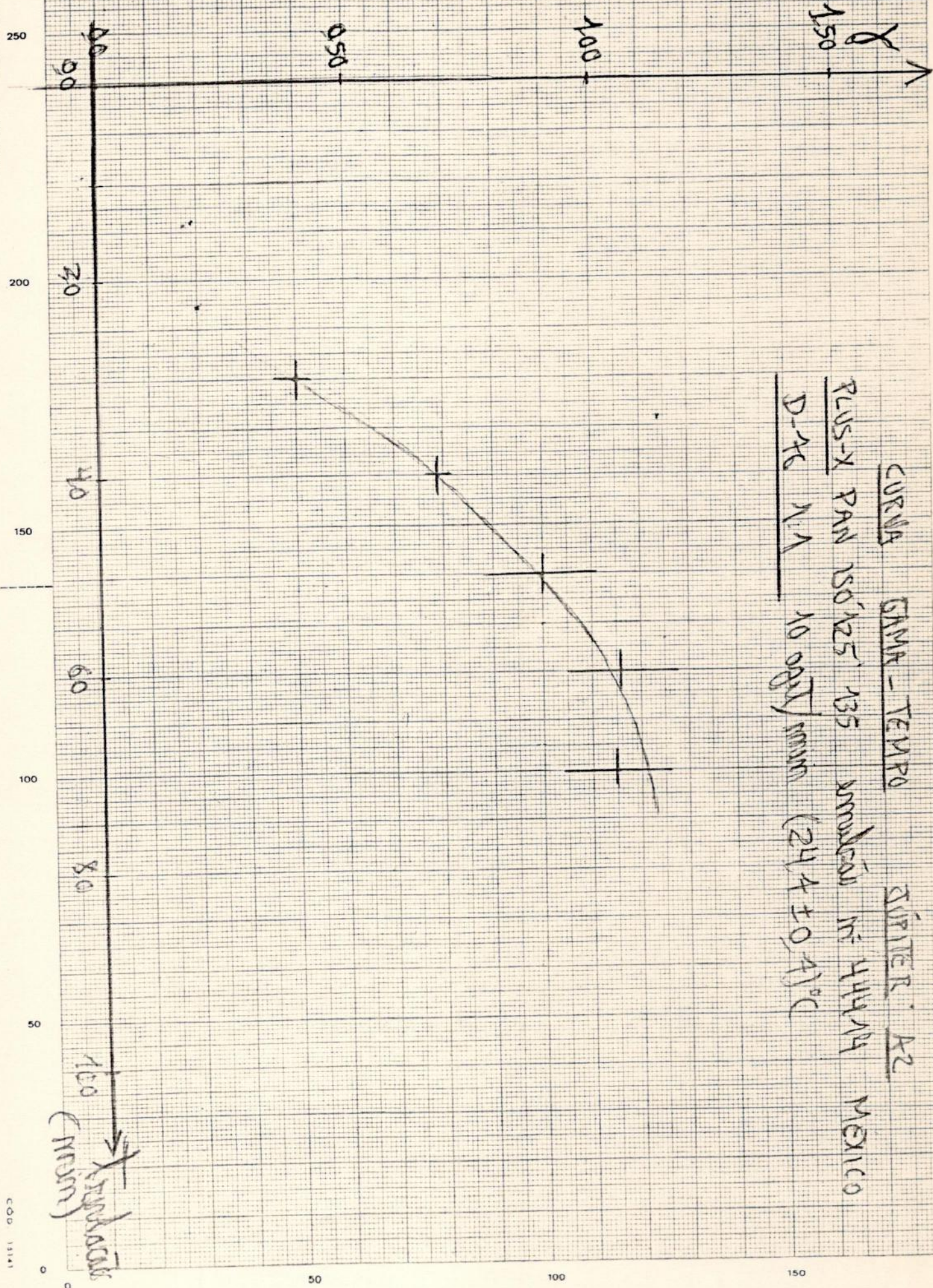


COO 13141

Gráfico 8- Curva gama-tempo para o PX

tilbra

MILIMETRADO A4 210x297mm



CURVA GAMA-TEMPO SUPER A2
PLUS-X PAN ISO 125 135 emulsão in 444A4 MEXICO
D-76 1:1 10 seg/min (24.4 ± 0.7)°C

150
 t (min)

COD. 13141

Tabela 37- Valores efetivos para B, Júpiter

filme: PX ISO = 120 \pm 6 astrocâmera A2: f/30

	B	
disco de Júpiter	~15	(1/2s ; 5 min)
satélites galileanos	~ 0,94	(8 s ; 5 min)
Sistema de Júpiter	~ 1,9	(4 s ; 3 min)

Os valores encontrados na literatura consultada para o valor de B do disco de Júpiter foram de 30 segundo Berry(1985) e Covington(1985) e de 40 segundo Burnham(1983). Portanto, o valor de 15 encontrado para o PX revelado com D-76 1:1 a $(24,8 \pm 0,8)^{\circ}\text{C}$ num tempo de $(5,0 \pm 0,2)$ min, exposto na A2, o negativo reproduzido no papel TB3 com o ampliador Durst segundo alguns determinados parâmetros, o valor de 15 para B diferiu daqueles da literatura(apenas manteve a mesma ordem de grandeza). De acordo com Berry(1985), Burnham(1983) e Universo(1987), esta discrepância é explicável, pois a fórmula da exposição não fornece o tempo "correto" para se reproduzir uma imagem planetária de qualidade. O fator de brilho, B, deve-se ajustar às particularidades do equipamento(astrocâmera e ampliador), do material fotográfico(emulsões e reveladores) e dos processamentos.

Aplicarei o "Método de Lynch" (Universo, 1987), que denomina o fator de brilho B como sendo o número fotográfico N para calcular um valor teórico para B(ou N). O número fotográfico é expresso por:

$$N = 655.A / R^2 , \text{ onde } A: \text{albedo e } R: \text{distância ao Sol(UA)}$$

Os valores encontrados para o albedo do planeta Júpiter foram de 0,42 segundo Hamlym(1987) e Márov(1985), de 0,44 segundo Asimov (1983) e de 0,73 segundo Instituto Astronômico e Geofísico(1987). Albedo ^{total} é a fração da radiação solar total refletida pelo hemisfério iluminado na direção do observador, segundo Mourão(1987). Há outras denominações para albedo como albedo médio e albedo geométrico(quando o ângulo de fase é nulo). Adotei um valor médio que representasse uma estimativa para o albedo do disco de Júpiter, e este foi de 0,50 . Para a distância ao

Sol, R, adotei a distância média encontrada no Anuário Astronômico 1988 do IAG(1987) que é de 5,2028 UA .

O valor teórico para N, ou B, foi de aproximadamente 12, igual aquele encontrado em Universo(1987) e bem próximo do valor experimental tirado deste Projeto(15) para o disco de Júpiter.

É difícil concluir algo apenas com o resultado para um único planeta, contudo o "Método de Lynch" parece fornecer uma melhor estimativa para o fator de brilho, B.

É bom citar que embora não seja recomendável revelar filmes em tempos abaixo de 5 minutos, segundo a própria Kodak(Tópico Filme- Seção Apêndice), porque pode causar uniformidade na ação da revelação, o resultado obtido para o PX processado a 3 min não sofreu maiores consequências. A imagem conseguida para o Sistema de Júpiter como um todo, apresentou os 4 satélites galileanos de forma bem visível e o disco planetário com detalhes das faixas equatoriais e não superexposto.

CONSTELAÇÕES

Segundo Arbour(1987), a astrofotografia de constelações feita com câmeras 35 mm, que cobrem amplas áreas do céu e não são muito caras, representa o ponto de partida para os amadores que desejam fazer a denominada "deep-sky photography"(astrofotografia de campos estelares, de aglomerados, de galáxias, de nebulosas e de outros objetos celestes que não pertencem ao Sistema Solar). Usando tal tipo de câmera com sua objetiva normal a abertura máxima, exposições de poucos segundos são capazes de revelar muitas estrelas não vistas a olho nu, sem qualquer tipo de acompanhamento. Usando teleobjetivas, aumenta-se o número de objetos acessíveis, porém uma montagem equatorial com acompanhamento para o movimento aparente dos astros torna-se necessário.

Manuseando montagens de câmera fixa(pág 29- Seção Equipamentos) podemos realizar diversos tipos de astrofotografia segundo Pearce e Scagell(1980) tais como registrar "star trails"(traços estelares devido ao não-acompanhamento), captar meteoros, procurar estrelas variáveis e

novas, além de obter imagens de constelações.

Segundo estes dois autores, exposições de 20 a 40 s são suficientes, no caso da câmera fixa com objetiva de 50 mm, para não causar traços visíveis de estrelas em positivos de moderada ampliação. 20 segundos são para regiões equatoriais e 40 para regiões polares. Para a câmera fixa um aumento excessivo no tempo de exposição não permitirá o registro de um número maior de estrelas e outros objetos(de maiores magnitudes aparentes), pois cada imagem estelar não sensibiliza um único ponto no filme e sim, caminha ao longo dele. Longas exposições favorecem um aumento da densidade do fundo de céu(fog do céu), por isso é aconselhável fotografar constelações em noites escuras com boa transparência atmosférica, sem a presença da Lua e em locais longe de poluição luminosa.

Abaixo é apresentada uma tabela contendo tempos de exposição recomendados por Covington(1985) para a câmera fixa usada na astrofotografia de constelações.

Tabela 38- Tempos de exposição para câmera fixa e campos estelares.
(em s)
declinação do centro do campo estelar

distância focal(mm)	0°	+30°	+ 45°	+ 60°	+ 75°
50	20	23	28	40	75
100	10	12	14	20	40

Esta tabela foi obtida a partir daquela fórmula para a escala de imagem encontrada na pág 18 da Seção 3 . Estes tempos de exposição fornecem imagens estelares com dimensão de aproximadamente 0,07 mm no plano focal de cada objetiva.

Adotei, aqui, para a astrofotografia de constelações as montagens N1(F= 50 mm, f/1.8) e N2(F= 100 mm, f/3.6). Mais detalhes nas páginas 29 e 30(Seção EQUIPAMENTO). O local das observações astrofotográficas foi o quintal da casa do autor, localizada no bairro de Jacarepaguá(JPA) da cidade do Rio de Janeiro.

O filme adotado foi o TRI-X PAN revelado com D-76, como é recomendado por Arbour(1987) por possuir alta sensibilidade, razoável con-

traste alto, e de pouca granulação para sua velocidade.

Novamente, foi aplicado o método da Ação Conjunta da Exposição e Revelação do Filme para verificar os melhores tempos de exposição e de revelação do TX na astrofotografia de constelações. Abaixo, são apresentados os testes deste método que se basearam nas recomendações para o tempo de exposição e na tabela do fabricante para o tempo de revelação.

Tabela 39- Testes de exposição e revelação para constelações
Método da Ação Conjunta

filme: TRI+X PAN ISO 400 Kodak emulsão nº 298024 (México)

D-76 1:1 5 agit/min ($23,9 \pm 0,2$)°C*

Em 06/06/88, JPA(RJ), no período de $22:50^{\text{h}}_{\text{min}}$ a $23:45^{\text{h}}_{\text{min}}$ TL

	astrocâmera <u>N1</u>						astrocâmera <u>N2</u>		
t de exp.:	5s	10s	15s	30s	1min	2min	15s	30s	1min
t de revelação($\pm 0,2$ min) e temperatura(°C):									

5,0 - $23,9 \pm 0,1$

8,0 - $23,9 \pm 0,1$

11,0 + $23,8 \pm 0,3$

onde,

* média das temperaturas de cada revelação com um erro estimado como sendo a média dos erros individuais, e

8,0 min é o tempo de revelação indicado pelo fabricante para a temperatura de 24 °C.

Objeto de estudo: um campo estelar compreendido parcialmente pelas constelações do Sagitário e do Escorpião, contendo o aglomerado globular M6, e de declinação média de -30° (Sul).

Nem foi preciso fazer todas as reproduções dos testes para as constelações para se concluir sobre. Analizando as próprias imagens negativas, verifiquei que as melhores imagens foram obtidas quando se revelou mais o filme(a 11min). Tal grau de revelação acentuou o contraste das estrelas contra o fundo do céu, contudo um resultado melhor seria

conseguido com uma revelação mais acentuada.

Ao reproduzir os negativos revelados a 11 min, adotando-se a penas o método da multiplicação por seis para o tempo de revelação do pa pel, prefiri os tempos de:

- 30s e 1min, para as cópias da N1, e
- 15s e 30s, para as cópias da N2.

Verificou-se para a impressão de positivos que o tempo de exposição do papel é crítico. Ele atua de forma a selecionar, quanto a densidade, as es trelas que serão reproduzidas ou não. Se aumentarmos o tempo de exposição, as estrelas de menor brilho aparente não serão registras no positivo e se diminuirmos muito a exposição do papel, o fundo de céu poderá não aparecer preto. Portanto, a escolha do tempo "ideal" para a exposição do positivo torna-se bastante pessoal.

12- CONCLUSÕES

O termo "FOTOGRAFIA" foi usado pela primeira vez em 1839 pelo selenógrafo alemão J.H. Madler para designar os daguerreótipos que são processos primitivos de reprodução de imagens descoberto por L.J.M. Daguerre. A ASTROFOTOGRAFIA, de acordo com a definição de Mourão(1987), consiste na aplicação da técnica fotográfica à astronomia, também, denominada de fotografia celeste. Outro nome é fotografia astronômica. A astrofotografia é tão antiga quanto à fotografia, A primeira imagem daguerreótípa da Lua foi feita em 1840 por John Draper, um ano após a descoberta da fotografia. A primeira fotografia de uma estrela foi realizada em 1850 por W. C. Bond, e em 1880, Henry Draper fez a 1ª imagem fotográfica de uma nebulosa. Já em 1883, A. A. Common obteve uma fotografia que mostrou mais do que se poderia ver ao telescópio. Isto foi, segundo Arbour(1987) um marco na história da astrofotografia e astronomia.

Apesar da astrofotografia ser aplicada desde o advento da fotografia, em certos países como no Brasil, a astrofotografia é pouco difundida tanto no meio amador como profissional. É sensível a falta de livros técnicos sobre o assunto bem como outras publicações. O ensino da técnica fotográfica, básica ou não, é restrito e praticamente, inexistente na área da astrofotografia.

Espero, com este projeto, estar contribuindo de alguma forma com a divulgação da técnica astrofotográfica. Os dois métodos aplicados aqui servem apenas como exemplos para a aplicação desta técnica particular à astronomia. O método da Ação Conjunta da Exposição e Revelação do Filme, elaborado por nós, é um método que visa estudar na prática os efeitos da exposição e revelação baseado em princípios básicos da fotografia. O método do Sistema de Zonas, desenvolvido por Ansel Adams, visa, de forma mais elaborada, uma calibração do instrumental óptico segundo o material fotográfico e procedimentos adotados.

Penso não ser necessário citar novamente os resultados conseguidos com a aplicação destes dois métodos para a astrofotografia reali-

zada neste projeto. Os resultados são particulares às condições de execução do "Astrofotografia Preto e Branco em 35 mm" em relação ao equipamento disponível, às emulsões adotadas e aos seus parâmetros de processamento.

A conclusão central deste trabalho é ter demonstrado a importância da aplicação sistemática de um método, básico ou elaborado, com a finalidade de dominar a técnica do processo fotográfico. A partir deste domínio, o fotógrafo ou astrofotógrafo, amador ou profissional, fica livre para fazer ciência, fazer arte, ou aplicar a fotografia na área de educação.

O Sistema de Zonas foi aplicado de modo inédito para a Astrofotografia da Lua, tendo sofrido algumas adaptações nas etapas de calibração. Na calibração da sensibilidade efetiva de um filme, descobriu-se um experimento baseado num ajuste polinomial de curva pelos mínimos quadrados. Tal experimento foi realizado por três vezes, sob condições diferentes, tendo apresentado resultados bastante satisfatórios. Portanto, ele é válido e pode ser aperfeiçoado. Na calibração da revelação normal, a construção das curvas características contribuiu construtivamente. Conclui-se, então, que o Sistema de Zonas pode ser aplicado a outros trabalhos fotográficos onde, provavelmente, a leitura de zonas seja feita com uma maior precisão do que neste projeto para a Lua.

O método da Ação Conjunta mostrou-se bastante recomendável para a astrofotografia do Sol, Júpiter e constelações. Sendo praticamente empírico dispensaria a construção de curvas H&D, contudo tais curvas ajudam a quantificar melhor a aplicação deste método simples.

Como conclusão de ambos métodos, o fotômetro fotográfico deve ser manuseado corretamente de acordo com a leitura de zona ou baseado em testes prévios de exposição e revelação. O tempo fornecido por aquela fórmula da exposição da literatura amadora deve ser tomado apenas como referência. Os dados fornecidos pelo fabricante de filme, sensibilidade e tempo de revelação, devem ser manipulados como sendo um ponto de partida para qualquer trabalho fotográfico.

Ainda sobre o ajuste polinomial feito na calibração de ISO, uma sugestão para um estudo mais detalhado é procurar uma função, polinomial ou analítica, para o ajuste de forma que suas constantes possam ser interpretadas qualitativamente. Tais constantes poderiam ser identificadas como parâmetros físicos da astrocâmera e do filme? Outra sugestão para este ajuste é realizá-lo quando o filme for processado sob revelação normal.

Apresento, também, como sugestão, aplicar os dois métodos no ensino da fotografia astronômica para o curso de graduação do Observatório do Valongo- UFRJ. Ambos métodos poderiam proporcionar experimentos interessantes; e de forma prática e didática poderiam facilitar a compreensão dos princípios básicos da técnica fotográfica.

13- ASTROFOTOGRAFIAS

Infelizmente, por motivos gráficos, não foi possível incluir neste texto as imagens conseguidas ao decorrer deste projeto, que teve financiamento parcial da FUNARTE, Fundação Nacional de Arte, sendo que os gastos restantes foram custeados por mim mesmo.

Parte das astrofotografias obtidas representando uma pequena amostra, de 16 imagens em preto e branco, foi destinada em anexo ao Relatório Final de Atividades para a FUNARTE, com intuito de ilustrá-lo e justificar, visualmente, o projeto, de nome "Astrofotografia", remetido a esta entidade. Os objetivos do Astrofotografia confundem-se com o presente projeto final de curso cuja coordenação ficou por conta dos professores: Jacques Augustowski, o orientador do presente, e José Felipe Carria Caldeira, do Observatório do Valongo, e cuja execução foi realizada pelo autor deste.

O conjunto total de astrofotografias reproduzidas em p&b, no momento, está arquivada, assim como, o conjunto total de negativos. Uma grande parte representativa do conjunto total de astrofotos já foi selecionada e, provavelmente, será destinada para organização de uma exposição fotográfica itinerante, de cunho de divulgação astronômica e dos métodos e procedimentos aplicados aqui. A organização de tal exposição, que está em fase preparatória, ficará por conta do Departamento de Dinamização do Museu de Astronomia e Ciências Afins MCT-CNPq, Rio de Janeiro. Esta exposição de âmbito astrofotográfico e de divulgação, até certo ponto inédita em nosso país, atende às justificativas do projeto "Astrofotografia", e, certamente, percorrerá alguns espaços existentes nas seguintes instituições: Observatório do Valongo, Escola de Belas Artes, Planetário da Gávea-RJ e Funarte-RJ. Os contatos oficiais com tais entidades estão por vir. A exposição itinerante, provavelmente, acontecerá ao longo do ano de 1989. As ampliações para esta exposição são no formato 24 x 30 cm, principalmente.

14- AGRADECIMENTOS

Inicialmente, gostaria de agradecer ao "destino" por ter conhecido o professor de Fotografia I e II do Departamento de Artes Utilitárias, também, orientador deste projeto, o prof. Jacques que, sempre, me incentivou no estudo da fotografia e ensinou-me os primeiros passos desta técnica-arte.

Agradeço ao prof. Adolfo do OV pelo ensino introdutório dado para o manuseio do microdensitômetro e por ter incentivado em defender este projeto no fim de meu curso de Astronomia- UFRJ.

Agradeço ao astrônomo Fernando do Observ. de Capricórnio/OV pelo incentivo dado ao trabalho astrofotográfico desenvolvido aqui.

Sou grato pela ajuda dada pela prof. Encarnacion, do OV, nos ajustes de curvas por mínimos quadrados feitos aqui.

Sou grato ao prof. Gilson, do OV-ON, pelo seu esclarecimento e opinião para o ajuste de curvas na calibração da sensibilidade efetiva.

Meus agradecimentos aos monitores de Fotografia, Diva, Isabela e Richard, da EBA, que me apoiaram na reprodução de cópias ao decorrer do ano de 1988. Também, agradeço aos alunos(as) da EBA, que me incentivaram de um modo bastante peculiar.

Agradeço à Solange da Funarte, por ter acreditado neste projeto, e ao repórter Luiz do jornal Programação Funarte, pelo seu interesse em fazer uma matéria sobre o projeto.

Meus agradecimentos, pelo incentivo todo especial, aos alunos e ex-alunos de astronomia do OV, que conheci durante meu curso, dentre eles, o Guga, o Gustavo, o Gil, o Reinaldo, o Felipe, o Marcelo de Niterói, a Marília, o André G., o Assafim, o Renato, o David e o Bruno.

Agradeço ao prof. Felipe do OV que, no início, ajudou-me no uso do telescópio Coudé, e, também, aos profs. Jorge, Machado e Sílio(OV).

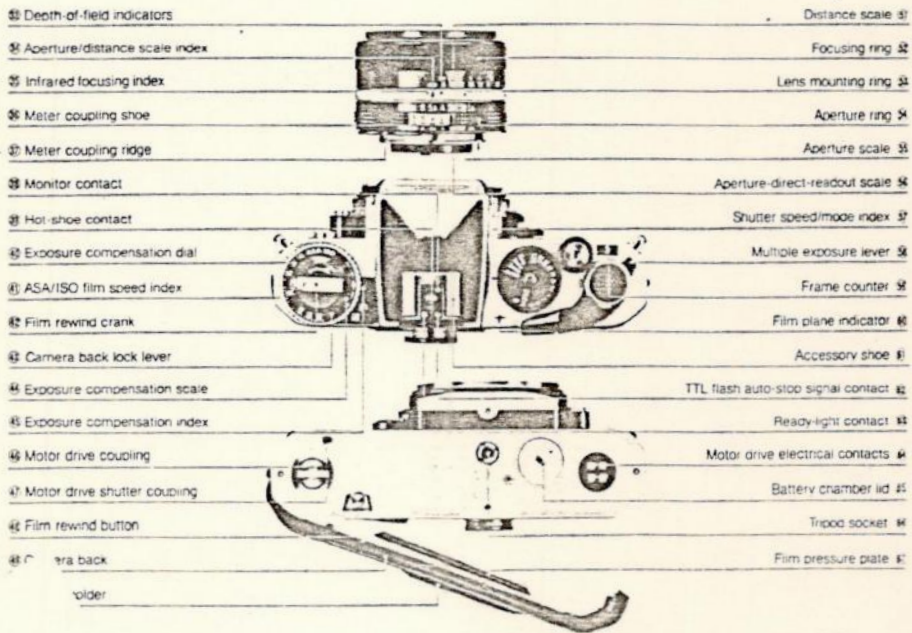
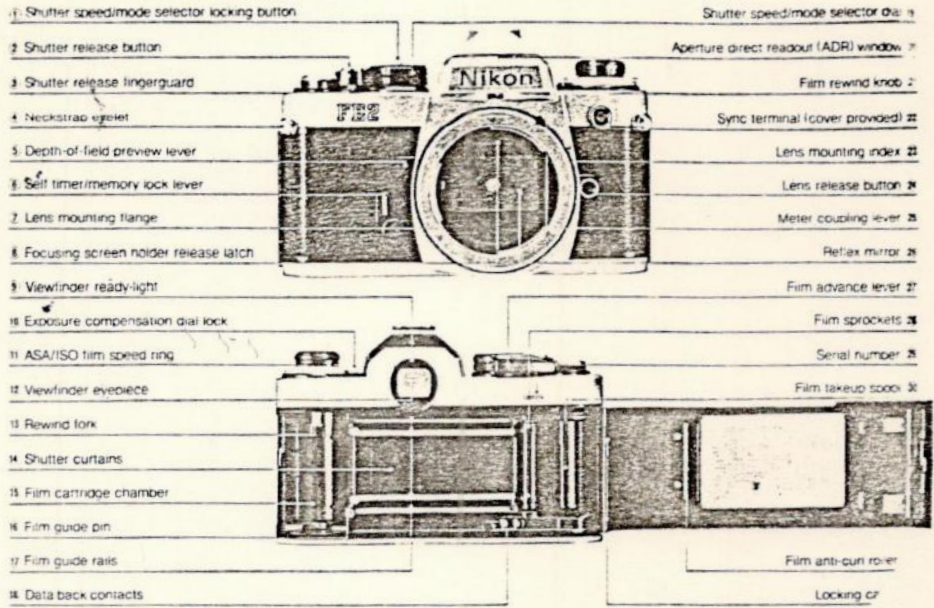
Sou grato à minha mãe, por ter liberado um banheiro da nossa casa para o processamento de filmes apesar das discussões.

Meus agradecimentos aos fotógrafos Pedro Lobo e Dick Welton, pelas discussões construtivas proporcionadas com eles.

Por fim, meu agradecimento especial à Eulália, que, mesmo, estando fisicamente longe proporcionou um incentivo especial ao meu trabalho.

NIKON FE-2

NOMENCLATURE



NIKON FE-2

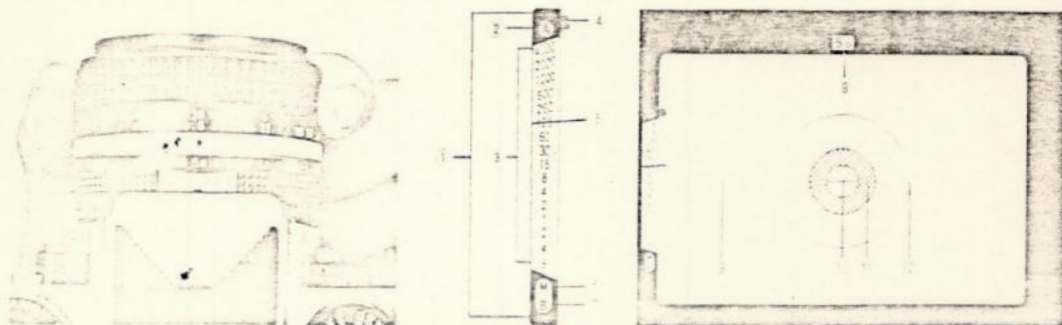
SPECIFICATIONS

Type of camera:	Electronically-controlled 35mm single-lens reflex (SLR) focal plane shutter camera	Reflex mirror:	Automatic instant-return mirror
Usable film:	Any cartridge-type 35mm film	Self-timer:	Quartz-timed approx. 10 sec. delayed exposure; setting "cancellable"
Picture format:	24mm x 36mm	Memory lock:	Provided; via lever
Lens mount:	Nikon bayonet mount	Multiple exposure:	Provided; via lever
Lens available:	More than 60 interchangeable Nikkor and Nikon Series E lenses, including 50mm standard lenses	Flash synchronization:	Built-in hot shoe for mounting flash unit; sync terminal also provided; M250 setting for 1/250 sec. sync
Shutter:	Electronically controlled vertical-travel, metal focal plane shutter with titanium curtains	Ready-light:	Provided inside the viewfinder
Shutter speeds:	Stepless speeds from 8 to 1/4000 sec. on A (Auto) mode; 16 speeds quartz-controlled from 8 to 1/4000 sec. on manual; mechanically controlled, 1/250 sec. at M250 setting and long exposure at B setting	Exposure metering:	Through-the-lens, center-weighted, full-aperture exposure measurement employing <u>two silicon photo-diodes</u> (SPD's) with Nikkor and Nikon Series E lenses fitted with meter coupling ridge; exposure correctly set either automatically or by matching two needles; meter cross-coupled with both lens diaphragm and shutter speed controls; meter powered by two 1.55V silver-oxide batteries, two 1.5V alkaline-manganese batteries or one 3V lithium battery
Viewfinder:	Fixed eyelevel pentaprism type; 0.86X magnification with 50mm lens set at infinity; 93% frame coverage	Metering range:	EV 1 to EV 18 at ASA/ISO 100 with f/1.4 lens
Viewfinder display:	Shutter speed, aperture f-number, exposure compensation mark, meter needle, shutter speed needle		
Focusing screen:	Matte/Fresnel focusing screen with central split-image rangefinder spot and microprism collar (Nikon Type K2 screen); two other types of screens available optionally (Type B2 and E2)		
	Exposure compensation dial:	Provided; ±2 EV in one-third increments	
	Film speed range:	ASA/ISO 12 to ASA/ISO 4000	
	Film winding:	Via single-stroke lever with 135° winding angle and 30° standoff angle; lever also serves as shutter release lock; automatic film winding possible using the optional Motor Drive Unit MD-12	
	Frame counter:	Additive type; automatically resets to "S," three frames before "1," when camera back is opened	
	Film rewind:	By crank after film rewind button is depressed	
	Depth-of-field preview:	Via lever provided on front of camera	
	Camera back:	Hinged, swing-open type; removable; memo holder provided	
	Tripod socket:	1/4 inch	
	Dimensions (body only):	Approx. 142.5mm(W) x 90.0mm(H) x 57.5mm(D)	
	Weight (body only):	Approx. 550g	

NIKON FE-2

Visor e sistema de focalização:

—BASIC OPERATION—

**Compose and focus on the subject.**

The FE2 is provided with the Type K2 focusing screen as standard for all-purpose photography. While looking through the viewfinder, compose your photo with the main subject in the center to assure correct exposure. Then turn the focusing ring of the lens until the subject looks clear. For precise pinpoint focusing on subjects with distinct contours, use the central split-image rangefinder; turn the focusing ring until the split image becomes whole (A). For rapid focusing and for subjects with indistinct outlines, use the microprism collar; turn the focusing ring until the shimmering image becomes sharp (B). When taking close-ups or macrophotography or shooting with telephoto lenses of maximum apertures of approx. $f/4.5$ or smaller, the split-image spot and microprism collar are likely to darken. Therefore, use the matte portion of the screen; turn the focusing ring until the image looks sharp (C).

- | | |
|--|-------------------------------|
| 1 Outside exposure-range warning mark | 7 B (Bulb) |
| 2 A (Auto) | 8 f-number in use |
| 3 Shutter speed scale | 9 Fine matte/Fresnel field |
| 4 Shutter speed mode indication needle | 10 3mm dia. split-image spot |
| 5 Meter needle | 11 1mm-wide microprism collar |
| 6 M250 | 12 12mm dia. area |

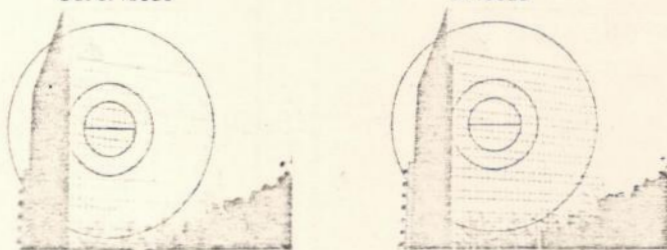
Notes:

- 1) The shutter speed scale in the viewfinder is color coded; black numbers indicate reciprocal shutter speeds, i.e. 60 means 1/60 sec., while red shows actual shutter speeds.
- 2) The finder coverage of the FE2 is approx. 93%. The actual image size will be slightly larger than the image seen in the viewfinder.

(A) Split-image focusing

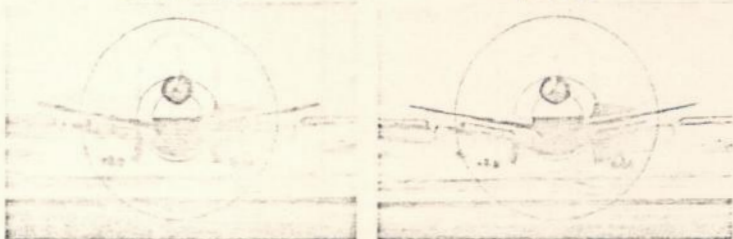
Out of focus

In focus

(B) Microprism focusing

Out of focus

In focus

(C) Matte field focusing

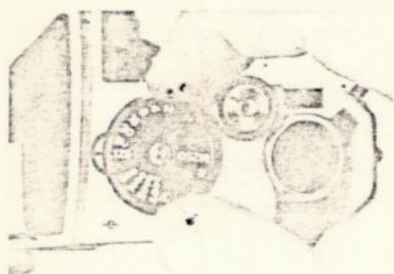
Out of focus

In focus

NIKON FE-2

Modos para a velocidade de obturação e sistema de fotometragem:

CONTROLS IN DETAIL



2000274

Shutter Speed/Mode Selector Dial

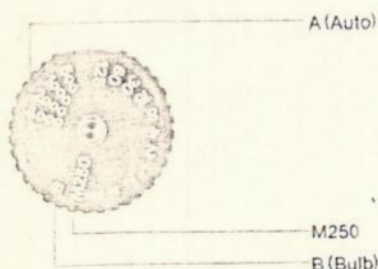
The Nikon FE2 offers aperture-priority automatic mode operation and manual control of all shutter speeds from 8 to 1/4000 sec., including the M250 (mechanically controlled—1/250 sec.) and B (bulb) settings. To set the desired shooting mode or shutter speed, rotate the shutter speed/mode selector dial until the desired setting click-stops opposite the shutter speed/mode index. At the A setting, a locking mechanism is provided to prevent accidental shifting of the setting. To rotate the dial from the A setting, depress the lock button (1) provided. Note that shutter speeds between engraved numbers (i.e., intermediate speeds) cannot be used. Since you can see the shutter speed in use inside the viewfinder, it's not necessary to look at the shutter speed dial as you turn it. The dial has the following settings:

A (Auto):

Used for aperture-priority automatic mode shooting. You manually set the f/stop first; then the camera automatically selects the matching electronically controlled shutter speed steplessly between 8 and 1/4000 sec., depending on the scene brightness and the film speed in use.

1/4000—8 sec. (Manual):

Used for full manual control of both f/stop and shutter speed. All sixteen speeds indicated on the dial are available with timing accuracy assured by a quartz oscillator. Yellow numbers on the dial indicate actual shutter speeds, while white ones are reciprocals, i.e., 2 means 1/2 sec., and 4000 means 1/4000 sec. The 250 is indicated with red which means the fastest sync speed for an electronic flash unit. A one-stop change will either halve or double the exposure; e.g., a shutter speed of 1/125 sec. lets in twice as much light as a setting of 1/250 sec. and half as much light as 1/60 sec.

**M250 (Mechanical—1/250 sec.):**

At this setting, the shutter operates mechanically at 1/250 sec.; this is used when the battery is exhausted and other shutter speed modes are not operable.

B (Bulb):

At this mechanical setting, the shutter curtains remain open as long as you depress the shutter release button. B is especially useful for making long time exposures with a cable release and a tripod.

*** Exposure metering system**

The Nikon FE2 employs a through-the-lens (TTL) center-weighted full aperture exposure metering system which measures the light passing through the lens at maximum aperture, thus assuring a bright finder image during shooting. Exposure measurement emphasis is placed especially on the brightness in the 12mm dia. central area, although the meter reads the light over the entire focusing screen. Correct exposure is assured when the main subject is placed in this central area.

FILMES

TRI-X PAN ISO 400 Kodak

KODAK TRI-X Pan Film

A fast, wide-latitude panchromatic film with a medium-toed curve. It can be used with all types of lighting and yields excellent gradation. It is very responsive to contrast control with a wide variety of developers. This film has remarkably fine grain, considering its fast speed. Many photographers choose KODAK TRI-X Pan Film as an all-purpose film.

Forms Available: Standard-size roll films, 135 magazines, and 35 mm long rolls.

Speed: ISO 400/27° ASA 400/27 DIN

Safelight: Handle in total darkness.

Emulsion Characteristics

Grain: Fine. **Resolving Power** **High Contrast:** 100 lines/mm (High)
Low Contrast: 50 lines/mm

Sensitivity: Panchromatic.

Development: Develop at approximate times and temperatures given below. The amount of development is the major control of negative contrast. The figures given below are to be considered average starting times. Refer to the section on negative contrast in this publication, and to the adjustment method of finding developing times given in Publication No. R-20, KODAK Darkroom DATAGUIDE, for further information.

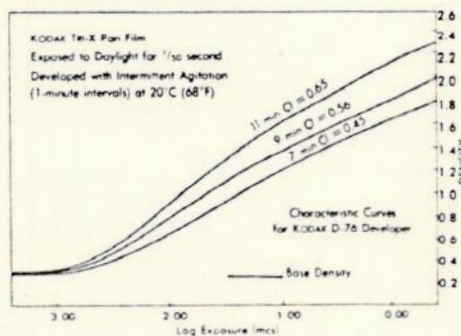
KODAK Developer	Developing Times (in Minutes)									
	Small Tank (Agitation at 30-Second Intervals)					Large Tank (Agitation at 1-Minute Intervals)				
	18°C (65°F)	20°C (68°F)	21°C (70°F)	22°C (72°F)	24°C (75°F)	18°C (65°F)	20°C (68°F)	21°C (70°F)	22°C (72°F)	24°C (75°F)
HC-110 (Dilution B)	8½	7½	6½	6	5	9½	8½	8	7½	6½
POLYDOL	8	7	6½	6	5	9	8	7½	7	6
D-76	9	8	7½	6½	5½	10	9	8	7	6
D-76 (1:1)	11	10	9½	9	8	13	12	11	10	9
MICRODOL-X	11	10	9½	9	8	13	12	11	10	9
MICRODOL-X (1:3)*	—	—	15	14	13	—	—	17	16	15
DK-50 (1:1)	7	6	5½	5	4½†	7½	6½	6	5½	5
HC-110 (Dilution A)	4¼†	3¾†	3¼†	3†	2½†	4¾†	4¼†	4†	3¾†	3¼†

* Gives greater sharpness than other developers shown in table.

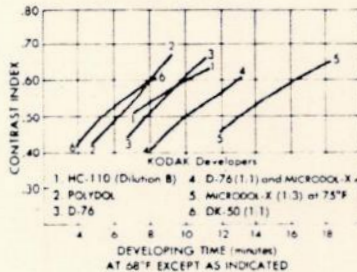
† Avoid development times of less than 5 minutes if possible, because poor uniformity may result.

Note: Do not use developers containing silver halide solvents.

Characteristic Curves



Contrast Index Curves



Note: These curves represent 35 mm and 70 mm films with gray antihalation base. For the roll film with clear base, all densities are 0.15 lower.

DS 18

PLUS-X PAN ISO 125 Kodak

KODAK PLUS-X Pan Film
KODAK PLUS-X Portrait Film 5068
KODAK PLUS-X Pan Professional Film

These are extremely fine grain, panchromatic films of medium speed and excellent sharpness. Although they have similar sensitometric characteristics, the films are available in various forms to suit different applications. PLUS-X Pan has a gray dye incorporated in the base material for improved antihalation and to prevent edge fog. PLUS-X Portrait Film 5068 and PLUS-X Pan Professional Film have a clear acetate base and a retouching surface on the emulsion side. These are short-toed, long-straight-line-curve films especially suitable for daylight use.

Forms Available: PLUS-X Pan Film—135 magazines, 35 mm and 70 mm long rolls.
 PLUS-X Portrait Film—35 mm and 70 mm long rolls.
 PLUS-X Pan Professional Film—120 and 220 rolls and 4 x 5-inch packs.

Speed: ISO 125/22° ASA 125/22 DIN **Safelight:** Handle in total darkness.

Emulsion Characteristics

Grain: Extremely Fine. **Degree of Enlargement:** (High). **Color Sensitivity:** Panchromatic.

Resolving Power { High Contrast: 125 lines/mm (High)
 Low Contrast: 50 lines/mm

Development: Develop at approximate times and temperatures given below. The amount of development is the major control of negative contrast. The figures given below are to be considered average starting times. Refer to the section on negative contrast in this publication, and to the adjustment method of finding developing times given in Publication No. R-20, *KODAK Darkroom DATAGUIDE*, for further information.

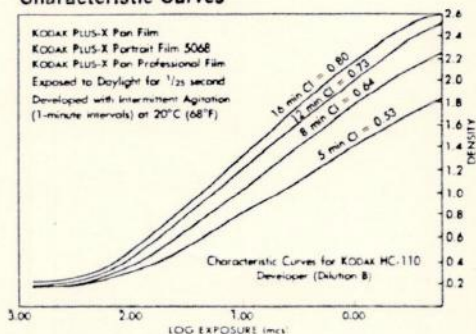
KODAK Developer	Developing Times (in Minutes)*									
	SMALL TANK—(Agitation at 30-Second Intervals) ↓					LARGE TANK—(Agitation at 1-Minute Intervals)				
	18°C (65°F)	20°C (68°F)	21°C (70°F)	22°C (72°F)	24°C (75°F)	18°C (65°F)	20°C (68°F)	21°C (70°F)	22°C (72°F)	24°C (75°F)
HC-110 (Dilution B)	6	5	4½	4	3½	6½	5½	5	4¾	4
POLYDOL	6½	5½	4¾	4¼	3¾	7½	6	5½	4¾	3¾
D-76	6½	5½	5	4½	3¾	7½	6½	6	5½	4½
D-76 (1:1)	8	7	6½	6	5	10	9	8	7½	7
MICRODOL-X	8	7	6½	6	5½	10	9	8	7½	7
MICRODOL-X (1:3)†	—	—	11	10	9½	—	—	14	13	11

* Avoid development times of less than 5 minutes if possible, because poor uniformity may result.

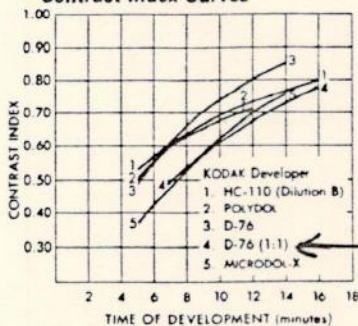
† Gives greater sharpness than other developers shown in table.

Note: Do not use developers containing silver halide solvents.

Characteristic Curves



Contrast Index Curves



Note: The characteristic curves above are for films with gray antihalation base; for those with clear base, all densities are 0.15 lower.

PANATOMIC-X ISO 32 Kodak

KODAK PANATOMIC-X Film
KODAK PANATOMIC-X Professional Film

These are slow speed, panchromatic films that yield negatives with extremely fine grain and excellent definition. These qualities make KODAK PANATOMIC-X and PANATOMIC-X Professional Films particularly suitable for small camera work and any similar purpose when the negatives must be enlarged to high magnifications. With their slow speed and medium-toe curve shape, these films are especially suitable for daylight use and for interior use with bulb and electronic flash. PANATOMIC-X Film can be processed by reversal to produce black-and-white transparencies.

Forms Available: KODAK PANATOMIC-X Film, 135 magazines, 35 mm and 70 mm long rolls.
KODAK PANATOMIC-X Professional Film, 120 rolls.

Speed: ISO 32/16° ASA 32/16 DIN

Safelight: Handle in total darkness.

Emulsion Characteristics

Grain: Extremely Fine. **Degree of Enlargement:** Very High.

Resolving Power { **High Contrast:** 200 lines/mm (Very High)
 { **Low Contrast:** 80 lines/mm

Color Sensitivity: Panchromatic.

Development: Develop at approximate times and temperatures given below. The amount of development is the major control of negative contrast. The figures given below are to be considered average starting times. Refer to the section on negative contrast in this publication, and to the adjustment method of finding developing times given in Publication No. R-20, *KODAK Darkroom DATAGUIDE*, for further information.

KODAK Developer	Developing Times in Minutes									
	Small Tank*					Large Tank†				
	18°C (65°F)	20°C (68°F)	21°C (70°F)	22°C (72°F)	24°C (75°F)	18°C (65°F)	20°C (68°F)	21°C (70°F)	22°C (72°F)	24°C (75°F)
HC-110 (Dilution B)	4¾	4¼	4	3¾	3¼	5½	4¾	4¼	4	3½
D-76	6	5	4½	4¼	3¾	6½	5½	5	4¾	4
D-76 (1:1)	8	7	6½	6	5	9	7½	7	6½	5½
MICRODOL-X	8	7	6½	6	5	9	7½	7	6½	5½
MICRODOL-X 1:3‡	—	—	11	10	8½	—	—	12	11	9½
POLYDOL	6½	5½	5	4½	3½	7	6	5½	5	4

*Agitation at 30-second intervals throughout development.

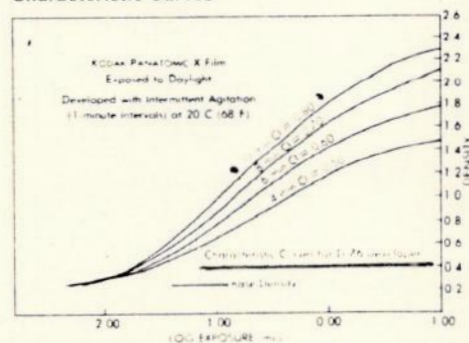
†Agitation at 1-minute intervals throughout development.

‡Gives greater sharpness than other developers shown in table.

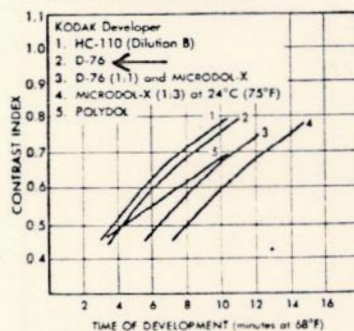
Development times of less than 5 minutes may produce poor uniformity and should be avoided.

Note: Do not use developers containing silver halide solvents, such as thiocyanates or thiosulfates.

Characteristic Curves



Contrast Index Curves



Note: These curves represent 35 mm and 70 mm films with gray antihalation base. For the roll film with clear base, all densities are 0.15 lower.

DS 10

TECHNICAL PAN 2415 Kodak

KODAK TECHNICAL PAN FILM 2415

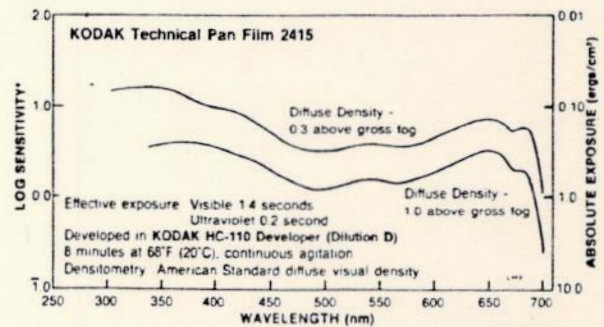
The information given here is excerpted from Kodak Publication P-255 and reproduced by permission. Since frequent revisions are likely, you should consult the latest edition of that publication for current data. For information on how to obtain Kodak publications, see Appendix A.

DESCRIPTION

- A black-and-white, panchromatic negative film having extended red sensitivity
- Extremely fine grain and extremely high resolving power
- Ability to vary contrast through changes in development to cover a broad range of applications
- Superior pictorial film when using developers such as KODAK TECHNIDOL LC Developer or POTA Developer
- Dimensionally stable, 0.004-inch (0.10 mm) KODAK ESTAR-AH Base with a built-in 0.1 density that suppresses light piping
- Dyed-gel backing to suppress halation and curl
- Good latent-image keeping

SPECTRAL SENSITIVITY

The spectral sensitivity of Technical Pan Film 2415 reflects an extensive effort to provide reasonably uniform sensitivity at all visible wavelengths out to 690 nanometres. To achieve a closer approximation to flat response, some users may wish to make exposures through a color compensating filter which selectively attenuates red and blue-UV radiation, e.g., a KODAK Color Compensating Filter CC40C or CC50C (Cyan). The effect of using such a filter will be to yield reasonably flat response out to 655 nm. Note, in comparison, that films having conventional panchromatic sensitivity are designed to provide flat response only out to 625 nm. Thus even with a CC50C Filter, Technical Pan Film 2415 will record red portions of a scene relatively more efficiently than materials such as KODAK PANATOMIC-X Film or KODAK PLUS-X Pan Film.



*Sensitivity = reciprocal of exposure (ergs/cm²) required to produce specified density

TPAN

PICTORIAL PHOTOGRAPHY

This film yields superior image quality when processed in compensating developers such as KODAK TECHNIDOL LC Developer or POTA Developer. The grain and resolving power of this film are better than any other black-and-white pictorial film that Kodak has ever offered.

Because the sensitivity of this film extends further into the red region than conventional panchromatic films, the recording of red objects will be slightly lighter than normal in the print. In some cases, this characteristic may be desirable. For example, it helps reduce the effect of some types of skin blemishes and in many cases produces a luminous quality to skin tones which many observers consider quite pleasing.

Filtration is usually not required in either portrait or scenic pictorial photography. However, because of the extended red sensitivity of KODAK Technical Pan Film 2415, scenes involving various shades of red and flesh tones may appear lighter in the print than the results obtained from conventional black-and-white films. (This effect is less evident in shade portraits outdoors because there is less red light present.) In some cases this effect can be lessened by using a KODAK WRATTEN Filter No. 38. When this filter is used, exposures must be increased one stop with tungsten illumination and two stops with daylight or electronic flash illumination. A KODAK Color Compensating Filter CC40C can also be used without a filter factor for a more moderate effect. Because of variations in circumstances and tastes, experimentation is in order.

KODAK TECHNIDOL LC Developer is available in a 3-packet pouch. Each packet holds enough powder to make 1 U.S. pint (473 mL) of solution sufficient to process two 135-36 size rolls of KODAK Technical Pan Film 2415 in conventional stainless steel spiral reel tanks. It should be used to process one or two rolls at the same time. Processing two rolls in succession is not recommended. The developer should be used immediately after mixing because it is a one-time developer. It must be used within 24 hours after mixing. Refer to the packet.

The suggested processing conditions for KODAK TECHNIDOL LC Developer with KODAK Technical Pan Film 2415 are as follows:

Exposure Index: 25 for trial exposures
(Based upon the formula $EI = 0.81E$ is the 1/25 second exposure in lux seconds required for a density of 0.1 above minimum density.)

Development: Refer to small-tank processing section

Temperature: 68°F (20°C) 77°F (25°C) 86°F (30°C)

Time: 15 min 11 min 8 min

Develop to the desired contrast index, based on the suggested starting points. The contrast index is dependent primarily upon the developer, temperature, dilution, and development time chosen. It is affected to a lesser extent by exposure time, specific processing techniques, and normal product variability. Therefore, the times given above should be considered as starting points only.

NOTE: If one of the optional higher developer temperature recommendations are used, the rinse and fix temperatures should be maintained within 3°F (1.7°C) of the developer temperature, and the wash temperature maintained within 5°F (3°C) of the developer temperature.

In addition to KODAK TECHNIDOL LC Developer, pictorial results may be obtained with this film when using POTA Developer. It will produce results somewhat similar to KODAK TECHNIDOL LC Developer and can be prepared as follows:

POTA Developer	
Use This Amount	Of This Component
1 litre	distilled or deionized water
1.5 grams	1-phenyl-3-pyrazolidinone*
30 grams	sodium sulfite

* KODAK Balancing Developing Agent, BD-84, or ILFORD PHENIDONE Developing Agent.

The suggested meter setting for trial exposures on 2415 Film to be processed with this developer in a small tank for 15 minutes at 68°F (20°C) with agitation at 30-second intervals is:

EI 25 (Daylight)

This exposure index is based on the formula $EI = 0.8/E$, where E is the exposure (at 1/25 second) in lux seconds required to produce a density of 0.1 above minimum density with the indicated development. Refer to the Small Tank processing for details.

IMAGE STRUCTURE CHARACTERISTICS

All data given in this section are based on development at 68°F (20°C) in KODAK HC-110 Developer (Dilution D) for 8 minutes or in KODAK TECHNIDOL LC Developer for 15 minutes (as indicated).

	KODAK Developers	
	HC-110 (Dilution D)	TECHNIDOL LC
DIFFUSE RMS GRANULARITY*	8	7
RESOLVING POWER† (lines per mm)		
T.O.C. 1000:1	320	400
T.O.C. 1.6:1	125	125

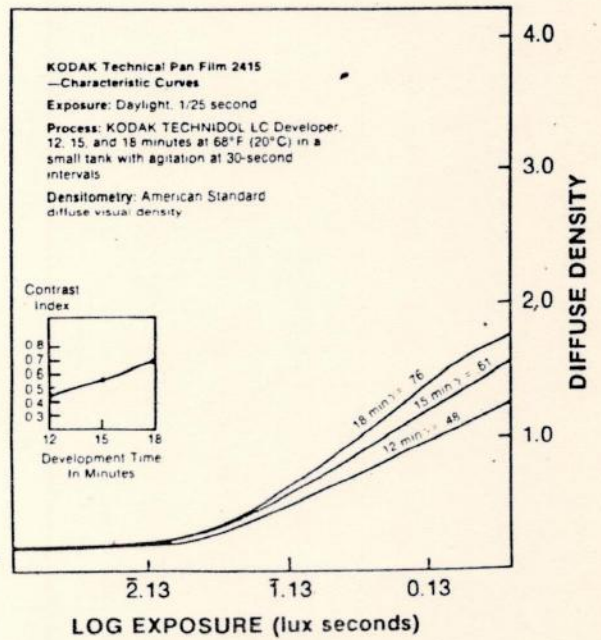
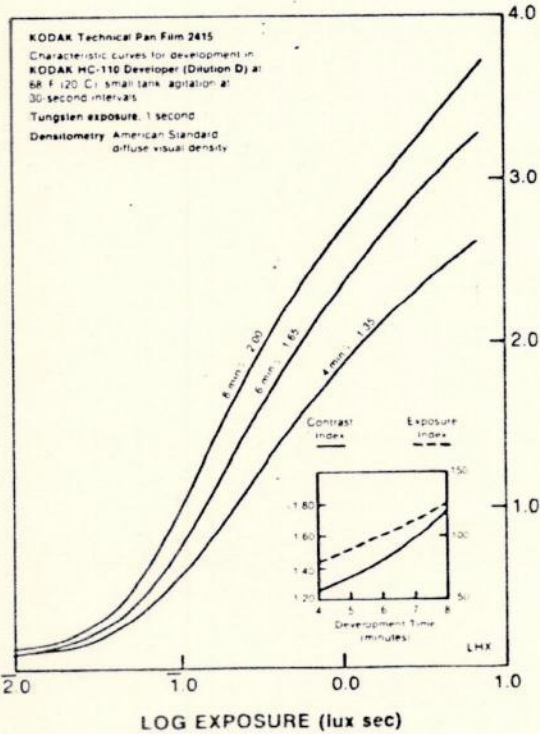
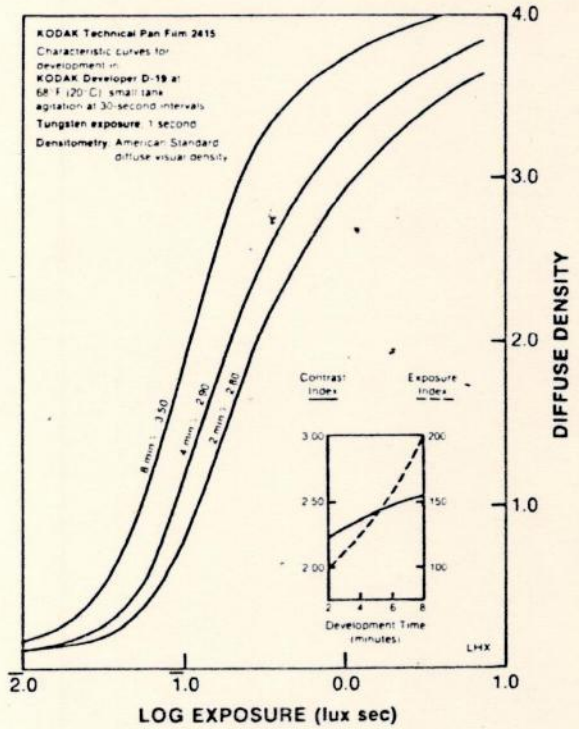
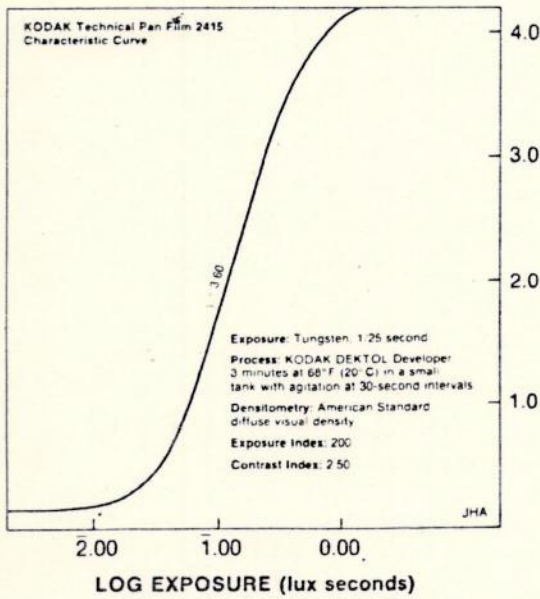
* Read at a net diffuse density of 1.0 using a 48-micrometre aperture and 12X magnification.

† Determined according to a method similar to the one described in ANSI Standard No. PH-2-33-1976, *Method for Determining the Resolving Power of Photographic Materials*.

TPAN

Development in Small Tank Agitation at 30-Second Intervals

Contrast	Contrast Index	KODAK Developer	Development Time (minutes) at 68°F (20°C)	Exposure Index
High	2.50	DEKTOL	3	200
	2.25-2.50	D-19	2-8	100-200
	1.20-2.10	HC-110 (Dil. B)	4-12	100-250
	1.00-2.10	D-76	6-12	50-125
Low	0.80-0.95	HC-110 (Dil. F)	6-12	32-64
	0.40-0.80	TECHNIDOL LC or POTA	7-18	25-32



TPAN

11-84

KODAK Technical Pan Film 2415 (ESTAR-AH Base)

- Black-and-white, panchromatic negative film with extended red sensitivity.
- Extremely fine grain and extremely high resolving power.
- Dimensionally stable 4-mil ESTAR-AH Base with 0.1-density dye that suppresses halation and light piping.
- Good latent-image keeping.
- Contrast can be varied with changes in development.
- Useful in photomicrography and other scientific, medical, biological, and industrial applications where high-definition photographic records are required.
- High-quality pictorial results can be obtained with low-contrast developers such as KODAK TECHNIDOL LC Developer or KODAK TECHNIDOL Liquid Developer.

HANDLING

Load and unload the camera in subdued light. Rewind the film *completely* into the magazine before unloading.

Because this film is coated on a tough polyester support, it cannot be torn with your fingers. Use a pair of scissors or a knife to trim the ends of the film.

Darkroom Handling: Total darkness required. A KODAK 3 Safelight Filter (dark green) in a suitable lamp with a 15-watt bulb can be used at 4 feet for a few seconds only, after development is half completed.

EXPOSURE

→ The speed of this film depends upon the end use, the type and degree of development, and, consequently, the level of contrast desired. Therefore, no single speed value is appropriate for all situations. While all the EI speeds given below can be used as ISO (ASA/DIN) meter settings, they are properly identified as Exposure Indexes (EI), not ISO (ASA/DIN) speeds. These are suggested meter settings for trial exposures.

Pictorial Applications: To obtain contrast values normally recommended for pictorial work, use a compensating developer such as KODAK TECHNIDOL LC Developer or KODAK TECHNIDOL Liquid Developer.

Note: Each of the TECHNIDOL Developers has different development times and agitation procedures. Use the appropriate times and procedure for the developer that you select.

KODAK TECHNIDOL Liquid Developer: Drop the loaded film reel into a full tank of developer solution. Then promptly dislodge any air bubbles by tapping the bottom of the tank on the work surface. Immediately agitate by shaking vigorously with an up-and-down motion for 2 seconds. Do not rotate the tank. Let the tank sit for 28 seconds, and then start the next 2-second agitation. Repeat every 30 seconds for the duration of the development time.



Pictorial Applications—35 mm Film				
Contrast	Contrast Index	KODAK Developer	Development Time (minutes)	Exposure Index
Pictorial (Daylight)	0.64	TECHNIDOL Liquid	6½ at 86°F (30°C) 7½ at 77°F (25°C) 9 at 68°F (20°C)	25/15°

KODAK TECHNIDOL LC Developer: Drop the loaded film reel into a full tank of developer solution. Extend your arm and agitate the tank 180° at the wrist with no lateral arm movement. Agitate for 5 seconds every 30 seconds with a 1-pint tank.



Pictorial Applications—35 mm Film				
Contrast	Contrast Index	KODAK Developer	Development Time (minutes)	Exposure Index
Pictorial (Daylight)	0.56	TECHNIDOL LC	8 at 86°F (30°C) 11 at 77°F (25°C) 15 at 68°F (20°C)	25/15°

Photomicrography: The following exposure index (EI) values are intended as starting points for trial exposures to give satisfactory results with meters or photomicrography equipment having through-the-lens meters of the ANSI type. We suggest that you bracket exposures by half-stop intervals for first tests.

A light-colored contrast filter such as a KODAK WRATTEN Gelatin Filter No. 11 (yellowish-green) is suggested for use with most common histological stains.

Degree of Contrast Required	Contrast Index	KODAK Developer	Development Time at 68°F (20°C)	Exposure Index (Tungsten)
Maximum	2.40	D-19	4 minutes	125/22°
High	1.45	HC-110, Dilution B	6 minutes	100/21°
Moderate	0.85	HC-110, Dilution F	8 minutes	50/18°

Copy Applications: This film can be used in some applications where high-contrast "lith-type" films have been used, such as in copying printed material and making reverse-text title slides.

PROCESSING PROCEDURE

Procedure for processing in small tanks with spiral reels using agitation at 30-second intervals:

1. **Develop** to the desired contrast index as specified under "Exposure." See KODAK Publication No. P-255 for further details.

Note: If one of the optional higher developer temperature recommendations is used, the rinse and fix temperature should be maintained within 3°F (1.7°C) of the developer temperature, and the wash temperature maintained within 5°F (3°C) of the developer temperature.

2. **Rinse** at 65 to 70°F (18 to 21°C) in KODAK Indicator Stop Bath, KODAK Stop Bath SB-1a, or KODAK Stop Bath SB-5 for 15 to 30 seconds. Use running water for 30 seconds if no stop bath is used.

3. **Fix** at 65 to 70°F (18 to 21°C), with frequent agitation.

KODAK Rapid Fixer — 1½ to 3 minutes

KODAK Fixer — 2 to 4 minutes

→ KODAK Fixing Bath F-5—2 to 4 minutes

4. **Wash** in clear running water at 65 to 70°F (18 to 21°C) for 5 to 15 minutes.

To save time and conserve water, use KODAK Hypo Clearing Agent. First rinse the fixed film in running water for 15 seconds. Next bathe the film in KODAK Hypo Clearing Agent for 30 seconds with agitation. Then wash the film for 5 minutes in running water at 65 to 70°F (18 to 21°C), allowing at least one change of water during this time.

5. **Dry** in a dust-free place. Heated forced air at 120 to 140°F (49 to 60°C) may be used to reduce drying time.

STORAGE

Store unexposed film at 70°F (21°C) or lower in the original sealed container. Aging effects are lessened by storing the film at lower temperatures. If film has been refrigerated, allow the package to reach room temperature for 2 to 3 hours before opening; if frozen, allow 5 hours.

Store processed film in a cool, dry place.

ADDITIONAL INFORMATION

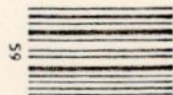
For more information regarding specialized applications, processing, exposure, and machine processing in a KODAK VERSAMAT Film Processor, Model 11, see KODAK Publication No. P-255, *KODAK Technical Pan Film 2415*. A single copy may be obtained free of charge from Department 412-L, Eastman Kodak Company, 343 State Street, Rochester, NY 14650.

The Kodak materials described in this publication for use with KODAK Technical Pan Film 2415 (ESTAR-AH Base) are available from those dealers normally supplying Kodak products. Other materials may be used, but similar results may not be obtained.

Notice: This film will be replaced if defective in manufacture, labeling, or packaging. Except for such replacement, the sale or any subsequent handling of this film is without other warranty or liability even though defect, damage, or loss is caused by negligence or other fault.

Kodak, Estar-AH, Panatomic-X, D-19, HC-110, Technidol, Wratten, and Versamat are trademarks.

EASTMAN KODAK COMPANY, Rochester, N.Y. 14650



ENDEREÇOS

- Observatório do Valongo- IGEO- CCMN- UFRJ
Ladeira do Pedro Antônio nº 43
Saúde - Rio de Janeiro - RJ
CEP 20080
tel: (021) 263-0685
- André de Castro Milone- residência:
Trav. Ricardo Barbosa nº 51
Jacarepaguá - Rio de Janeiro - RJ
CEP 22750
tel: (021) 447-2081
- Jacques Augustowski- residência:
Rua Visconde de Albuquerque nº 694 apto. 1802
Leblon - Rio de Janeiro - RJ
CEP 22450
- Escola de Belas Artes- CLA- UFRJ
Edifício da Reitoria
6º e 7º pavimentos
Ilha da Cidade Universitária - Rio de Janeiro - RJ
CEP 21941
tel: (021) 280-8693 - 280-8743

16- REFERÊNCIAS

- 1- Adams, A., "Polaroid Land Photography", Boston, New York Graphic Society, 1963.
- 2- Anderson, S.J., "The Barlow Lens", J. Brit. astron. Assoc., 92, p-135, 1982.
- 3- Arbour, R., "Deep-sky photography", J. Brit. astron. Assoc., 97, p-334, 1987.
- 4- Asimov, I., "Júpiter", Rio de Janeiro, Francisco Alves, 1983.
- 5- Berry, R., "Exposure in Astrophotography", Astron., janeiro, p-35, 1985.
- 6- Brown, G.P., Keene, G.T. e Millikan, A.G., "An Evaluation of Films for Astrophotography", Sky & Telesc., maio, p-433, 1980.
- 7- Burnham, R., "Photographing the giant planets", Astron., maio p-35, 1983.
- 8- Campos, J.A.S., apostilas: "Técnica Instrumental" e "Microdensitômetro", curso de graduação de Astronomia, OV-UFRJ, (s.d.).
- 9- Capelato, H.V., "Astrofísica Básica", in: apostila do Curso de Extensão Universitária- Introdução a Astronomia e Astrofísica, cap-II, (s.d.).
- 10- Covington, M.A., "Astrophotography for the Amateur", (s.l.), Cambridge University Press, 1985.
- 11- Dilsizian, R., "Photographing Our Nearest Star", Astron., maio, p-38, 1987.
- 12- Eastman Kodak Co., "Kodak Darkroom Dataguide", 1974.
- 13- Eisberg, R. e Resnick, R., "Física Quântica: Átomos, Moléculas, Sólidos, Núcleos e Partículas", 3ª ed., Rio de Janeiro, Ed. Campos, cap 2, 1985.
- 14- Gray, D.F., "The Observation and Analysis of Stellar Photospheres", (s.l.), John Wiley and Sons, p-75-110, 1976.
- 15- Hamlyn, The, "Larousse Astronomy", (s.l.), Ed. chefe: de la Cotardière, P., 1987.
- 16- Heudier, J-L, "Astronomical Photography: Its Present Status", AAS Photo-Bulletin, nº26, p-3, 1981.
- 17- Hewlett.Packard, "HP-15C Manual do Proprietário", Brasil, 1982.

- 18- Hooley, M., "Astrophotography with Tech Pan 2415 Film", *Astron.*, julho, p-77, 1986.
- 19- Horler, A., ed., "The Manual of Photography", 6^ª ed., (s. l.), Focal Press, 1971.
- 20- Instituto Astronômico e Geofísico- USP, ed., "Anuário Astronômico 1988", São Paulo, 1987.
- 21- Langford, M.J., "Fotografia Básica", Portugal, Dinalivro/
Martins Fontes, 1979.
- 22- Langford, M.J., "Fotografia, Manual de Laboratório(técni
cas e equipamentos)", São Paulo, Ed. Círculo do Livro/Melhoramentos, 1981.
- 23- Latham, D.W., "Measurements of Interobservatory
Densitometer Calibration", *AAS Phot-Bulletin*, n^º18, p-3, 1978.
- 24- Magalhães, A.M., "Instrumentação em Astrofísica", in: apostila do Curso de Extensão Universitária- Introdução à Astronomia e Astrofísica, cap-III, (s.d.).
- 25- Márov, M., "Planetas del Sistema Solar", ed. Mir, 1985.
- 26- Martys, C.R., "High Contrast Copying with Kodak Technical
Pan Film 2415", *AAS Photo-Bulletin*, n^º29, p-11, 1982.
- 27- Milone, A.de C., "Estudo da Exposição Correta em Astrofoto-
grafia da Lua", apresentado na IX Jornada Interna de Iniciação Científica da UFRJ, 1986.
- 28- Mourão, R.R.de F., "Dicionário Enciclopédico de Astronomia
e Astronáutica", Rio de Janeiro, Ed. Nova Fronteira, 1987.
- 29- Nikon, ed., "Nikon FE-2 Instruction Manual", (s.l.), (s.d.).
- 30- Observatório Nacional MCT-CNPq, ed., "Efemérides Astronômi-
cas 1987", Rio de Janeiro, 1986.
- 31 e 32- Pearce, G.S. e Scagell, R., "Astrophotography for beginners:
I e II", *J. Brit. astron. Assoc.*, 90, p-148 e p-369, 1980.
- 33- Pearce, G.S. e Scagell, R., "Astrophotography for beginners:
III", *J. Brit. astron. Assoc.*, 91, p-26, 1980.
- 34- Rackham, T., "Astronomical Photography at the telescope",
Londres, Faber and Faber, p-93 a 149, 1972.

35- Rey, L., "Planejar e Redigir Trabalhos Científicos", São Paulo, Ed. Edgard Blücher, 1987.

36- Saltzer, J., "The Zone System for all Formats", Nova York, American Photography Book Publishing Co., 1979.

37- Sherrod, P.C., "A Complete Manual of Amateur Astronomy", Sky & Telescope Magazine, p-240 a 261, 1981.

38- Stark, P.A., "Introdução aos métodos numéricos", Rio de Janeiro, Ed. Interciência, 1979.

39- Swihart, T.L., "Astrophysics and Stellar Astronomy", (s.l.), John Wiley & Sons, p-1 a 7, 1968.

40- Universo, Rev., "Astrofotografia-Superfícies Planetárias", vol.7, nº24, p-95, 1987.

41- Viebig, R., "Formulário Fotográfico", 7ªéd., São Paulo, Ed. Iris, 1985.

42- Young, A.T., "Image Orientation at a Coudé or Springfield Focus", Sky & Telesc. , setembro, p-274, 1981.

43- Macedo, H., "Teoria dos Erros Experimentais", Monografias de Física, XIV, Ed. CBPF-RJ, 1963.