

JOÃO BATISTA TAVARES JÚNIOR

**AVALIAÇÃO DA POTENCIALIDADE DE SENSORES REMOTOS NA DETECÇÃO  
DA *LORANTHACEAE* (ERVA-DE-PASSARINHO)**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Ciências Geodésicas, Programa de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas, Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná.

Orientador (es):

Prof. Dr. Daniel Rodrigues dos Santos

Prof. Dr. Alzir Felipe Buffara Antunes

CURITIBA  
2008

- 
- T231a      **Tavares Júnior, João Batista**  
    **Avaliação da potencialidade de sensores remotos na detecção da**  
    **Loranthaceae (Erva-de-Passarinho) [manuscrito] / João Batista Tavares**  
    **Júnior. – 2008.**  
    127 f. : il. ; 30 cm.
- Impresso.**  
    **Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Paraná, Programa de**  
    **Pós-graduação em Ciências Geodésicas, Setor de Ciências da Terra, 2008.**  
    **“Orientadores: Prof. Dr. Daniel Rodrigues dos Santos e Prof. Dr. Azir**  
    **Felippe Buffara Antunes”.**  
    **Inclui bibliografias.**
1. Lorantacea. 2. Plantas - Parasito. 3. Sensoriamento remoto. 4.  
    Detectores. I Universidade Federal do Paraná. II. Santos, Daniel Rodrigues  
    dos. III. Antunes, Azir Felipe Buffara. IV. Título.

CDD: 583.88

---

Bibliotecário: Arthur Leitis Junior - CRB 9/1548

TERMO DE APROVAÇÃO

JOÃO BATISTA TAVARES JUNIOR

"AVALIAÇÃO DA POTENCIALIDADE DE SENSORES REMOTOS NA DETECÇÃO DA LORANTHACEAE (ERVA-DE-PASSARINHO)"

Dissertação nº 223 aprovada como requisito parcial do grau de Mestre no Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas, Setor de Ciências da Terra da Universidade Federal do Paraná, pela seguinte banca examinadora:

Orientador:

  
Prof. Dr. Daniel Rodrigues dos Santos  
Departamento de Geomática, UFPR

  
Dr. Flavio Jorge Ponzoni  
Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, INPE

  
Prof. Dr. Jorge Antonio Silva Centeno  
Departamento de Geomática, UFPR

Curitiba, 27 de outubro de 2008.

Aos meus pais João Batista Tavares e Sandra dos Santos Tavares

À meu amado irmão Frei Jaime Batista Tavares, ofm.

Aos meus Avós Homero Tavares e Maria Coutinho Tavares (in memoriam), Gercino Raimundo dos Santos e Maria Lázara dos Santos.

Por todo o amor que me dedicaram e que contribuiu para ser quem hoje sou.

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus pela vida, bênção e proteção;

Agradeço todas as pessoas que colaboraram direta ou indiretamente na realização do trabalho. Em especial:

Aos professores Dr. Daniel Rodrigues dos Santos, Dr. Alzir Felipe Buffara Antunes e Dr. Evaldo Ribeiro, pela orientação, apoio, incentivo, confiança e principalmente pela amizade;

Ao Dr. Flávio Jorge Ponzoni, pela confiança, acolhida e incentivo para o término do trabalho;

A Mônica Verali (secretária do CPGCG), pela excelente qualidade do seu trabalho.

À coordenação do CPGCG pela confiança e acolhida.

Ao Alex Bruno Keitzke e Carlos Silvano da Luz (Lima) do Centro de Fabricação Mecânica, Setor de Usinagem da Universidade Federal Tecnológica do Paraná – UFTPR pela confecção do dispositivo de adaptação do filtro *edge* infravermelho;

Ao Prof. Dr. Edson A. Mitishita por disponibilizar o acesso à câmera digital DSC – F828 para realização dos experimentos;

À Divisão de Sensoriamento Remoto (DSR) – INPE pela realização das medidas dos FRDH;

À Dr. Cláudia Maria de Almeida, aos professores do Departamento de Cartografia-Unesp em especial ao Prof. Dr. Nilton Imai, Prof. Dr. A. M. G. Tommaselli, Prof. Dr. Maurício Galo e à Profa. Dra. Katia Christina Zuffellato – Ribas (UFPR) pela colaboração no desenvolvimento deste trabalho, ao Prof. Dr. William A. Rodrigues (UFPR), pela identificação das espécies arbóreas e das ervas-de-passarinho aqui estudadas;

Aos funcionários da Biblioteca de Ciências e Tecnologia, em especial à Ângela e Eliane;

Aos professores Aluizio, João Bahia, Luís Guimarães, Mauro Homem, Marcelo Mofati, Marlene, Ivo e a UFRRJ pela confiança, amizade e incentivo em continuar meus estudos;

Aos colegas do Programa de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas da UFPR, principalmente, aos amigos Ângela, Claudionor, Elmo, Jaime, João Cortes, Juliana Moulin, Marcis, Maurício, Rogers, Silvio Andolfato, Sydney, Vagner, Vanessa, pelo apoio e incentivo que me foi dado;

Aos amigos Silvio Ogibowski e Vera;

À Melícia Ingredi Araújo Gavazza pelo amor, carinho, apoio e companheirismo; e

Ao Conselho Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento (CNPq), pela concessão de bolsa de Mestrado.

## RESUMO

Neste trabalho é proposto uma nova alternativa para detectar a *Loranthaceae* em seu hospedeiro de forma rápida, segura e de baixo custo. Tendo em vista que atualmente, o método de monitoramento de pragas vegetais é realizado de forma direta, morosa e de alto custo operacional. A abordagem proposta emprega sensores remotos de baixo custo para localizar e detectar a erva-de-passarinho em suas hospedeiras. Os objetivos do trabalho são analisar o comportamento vegetativo da erva-de-passarinho no hospedeiro, localizar em quais regiões (banda) do espectro eletromagnético suas respostas espectrais se difere estatisticamente e caracterizar a região de operação dos filtros de cor do *CCD* da câmera digital de pequeno formato DSC – F828 e constatar a relevância do fato em remover o filtro de corte infravermelho da câmera para obter imagens infravermelha. Foram realizados testes em laboratório utilizando os devidos equipamentos. Os resultados foram submetidos a análises estatísticas e avaliada a metodologia proposta. Com isto, pôde-se verificar a potencialidade do método e verificar a eficiência do uso dos equipamentos empregados.

Palavras chave: Detecção de erva-de-passarinho. Câmeras digitais. Sensor *CCD*. Reflectância. Corrente escura. Imagens infravermelha.

## ABSTRACT

In this work is proposed a fast, security and low cost approach for *Loranthaceae* detection in its hosts. Nowadays, the Mistletoe monitoring method is realized using direct method surfing with operational high cost. The proposed approach employ low cost remotes sensing for detect and located the Mistletoe in its hosts. The goals of work are analyze the features of Mistletoe, localize the spectral region where there are differences between the spectral signatures of species and characterize the operation region of color CCD filters and detectionim importe remove the cut infrarend filter for acquire infrared image. The experiments were realized and the results were submitted to the statistical analyses and available. So, we verified it potential and verified the efficiency of equipments used.

Keywords: Detection Mistletoe. Digital cameras. CCD. Reflectance. Dark current. Infrared image.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<b>FIGURA 01 - AS REGIÕES COLORIDAS NO MAPA MOSTRAM AS ÁREAS DE OCORRÊNCIA DAS PLANTAS PERTENCENTES À FAMÍLIA <i>LORANTHACEAE</i> (A) E <i>VISCACEAE</i> (B) NO PLANETA.</b>	<b>23</b>
<b>FIGURA 02 – AS SETAS APONTAM OS DANOS CAUSADOS NA QUALIDADE DA MADEIRA DE PLÁTANO (<i>PLATANUS X ACERIFOLIA</i>) (A), TIPUANA (<i>TIPUANA TIPU</i>) (B) E ALFENEIRO (<i>LIGUSTRUM LUCIDUM</i>) (C) PELA AÇÃO DA ERVA-DE-PASSARINHO.</b>	<b>23</b>
<b>FIGURA 03 - PORÇÃO DE LUZ REFLETIDA, TRANSMITIDA E ABSORVIDA PELA FOLHA APÓS A INTERAÇÃO COM A RADIAÇÃO SOLAR.</b>	<b>24</b>
<b>FIGURA 04 – SECÇÃO TRANSVERSAL DA FOLHA DE <i>IMPATIENS PARVIFLORA</i>.</b>	<b>25</b>
<b>FIGURA 05 – ESPECTRO DE ABSORÇÃO PARA A CLOROFILA A, CLOROFILA B E CAROTENÓIDES NO CLOROPLASTO DE UMA PLANTA.</b>	<b>25</b>
<b>FIGURA 06 – ESQUEMA DA ESTRUTURA DE FOLHAS DICOTILEDÔNEAS (ESQUERDA) E MONOCOTILEDÔNEAS (DIREITA), OBSERVADAS EM CORTE TRANSVERSAL.</b>	<b>27</b>
<b>FIGURA 07 – REFLEXÃO DA RADIAÇÃO ELETROMAGNÉTICA.</b>	<b>28</b>
<b>FIGURA 08 – DINÂMICA DOS FATORES DE REFLECTÂNCIA BIDIRECIONAL DE DOSSÉIS SIMULADOS EM FUNÇÃO DO AUMENTO DO NÚMERO DE CAMADAS DE FOLHAS.</b>	<b>28</b>
<b>FIGURA 09 – RELAÇÃO ENTRE A REFLECTÂNCIA E O IAF DE DOSSÉIS VEGETAIS.</b>	<b>29</b>
<b>FIGURA 10 – VARIAÇÃO DA ÁREA FOLIAR QUANDO O SOL ESTÁ COM DIFERENTES ALTITUDES SOLAR E AZIMUTAL.</b>	<b>30</b>
<b>FIGURA 11 – DIAGRAMA DA CORRENTE ESCURA DE DIFERENTES SENSORES <i>CCD<sub>s</sub></i>.</b>	<b>31</b>
<b>FIGURA 12 – PROCESSO DA FORMAÇÃO DA COR EM MEIO ANALÓGICO E DIGITAL.</b>	<b>32</b>
<b>FIGURA 13 – ARRANJO DAS CORRES DO FILTRO DE BAYER EM UM ARRAY DE PIXEL EM UM SENSOR.</b>	<b>33</b>
<b>FIGURA 14 – LISTA DE GRADE DE FILTRO DE COR UTILIZADOS EM <i>CCD</i> PARA A OBTENÇÃO DE IMAGENS.</b>	<b>33</b>
<b>FIGURA 15 – TRANSFORMAÇÃO A/D.</b>	<b>34</b>
<b>FIGURA 16 – COMPONENTES DO SENSORIAMENTO REMOTO.</b>	<b>35</b>
<b>FIGURA 17 – ÁREA DE ESTUDO - CAMPUS CENTRO POLITÉCNICO DA CIDADE UNIVERSITÁRIA.</b>	<b>36</b>
<b>FIGURA 18 - ESPÉCIES DE ERVA-DE-PASSARINHO ENCONTRADAS NA ÁREA DE ESTUDO.</b>	<b>37</b>



FIGURA 19: ESPÉCIES DE ÁRVORES COM MAIOR OCORRÊNCIA NA ÁREA DE ESTUDO.-----	37
FIGURA 20: FLUXOGRAMA DA PRIMEIRA ETAPA DA METODOLOGIA PROPOSTA. -----	38
FIGURA 21 – POSIÇÃO EM QUE AS FOLHAS “JOVENS”, “INTERMEDIÁRIAS” E “MADURAS” SE ENCONTRAM NO GALHO DA ESPÉCIE EM ESTUDO. -----	39
FIGURA 22: FOLHA POSICIONADA NA ESFERA INTEGRADORA LICOR 1800.-----	40
FIGURA 23 – (A) ESFERA INTEGRADORA COM A FONTE DE LUZ DIRECIONADA SOBRE A PLACA PADRÃO. (B) ILUMINAÇÃO REFLETIDA PELA FOLHA E ESPALHADA PELA ESFERA INTEGRADORA. -----	41
FIGURA 24 – FAIXAS ESPECTRAIS AVALIADAS (BANDA 1, DE 450 A 520 NM (AZUL); BANDA 2, DE 520 A 600 NM (VERDE); BANDA 3, DE 630 A 690 NM (VERMELHO); E BANDA 4, DE 760 A 900 NM (INFRATERMELHO)).-----	42
FIGURA 25 – FLUXOGRAMA DOS TESTES ESTATÍSTICOS. ONDE: TT - <i>TIPUANA TIPO</i> (VELL.) MOR. ( <i>TIPUANA</i> ), AJ - <i>LIGUSTRUM LUCIDUM</i> W.T. AITON. (ALFENEIRO-DO-JAPÃO), MA - <i>MICHELIA CHAMPACA</i> L. (MAGNÓLIA), SV - <i>STRUTHANTHUS VULGARIS</i> MART., SU - <i>STRUTHANTHUS URAGUENSIS</i> (H & A), TA - <i>TRIPODANTHUS ACUDIFOLIUS</i> (R & PAV.) TIEGH, SA - <i>STRUTHANTHUS</i> SP.. -----	43
FIGURA 26: FLUXOGRAMA DA SEGUNDA ETAPA DA METODOLOGIA PROPOSTA. -----	45
FIGURA 27: FILTRO <i>EDGE</i> INFRATERMELHO. ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS NO ANEXO 02.-	47
FIGURA 28 – BECKMAN UV – <i>VISIBLE SPECTROPHOTOMETER</i> .-----	48
FIGURA 29: MONTAGEM DO SISTEMA PARA A OBTENÇÃO DOS DADOS PARA AVERIGUAR A REGIÃO DE ATUAÇÃO DO FILTRO DE CORTE INFRATERMELHO, ASSIM COMO DA GRADE DE FILTRO DE COR DO <i>CCD</i> . -----	49
FIGURA 30: (A) APODRECIMENTO DO TRONCO PROVOCADO PELA AÇÃO DA ERVA-DE- PASSARINHO. (B) À ESQUERDA ÁRVORE MORTA PELO ALTO ÍNDICE DE INFESTAÇÃO DA ERVA-DE-PASSARINHO, À DIREITA, ÁRVORE TOMADA PELA ERVA-DE-PASSARINHO. (C) ÁRVORE TOMADA PELA ERVA-DE-PASSARINHO.-----	51
FIGURA 31: PADRÃO DE COLONIZAÇÃO DA <i>STRUTHANTHUS</i> SP. EM SUA HOSPEDEIRA <i>TIPUANA TIPO</i> (VELL.) MOR. -----	52
FIGURA 32: PADRÃO DE COLONIZAÇÃO DA <i>STRUTHANTHUS</i> SP. EM SUA HOSPEDEIRA <i>MICHELIA CHAMPACA</i> L. (MAGNÓLIA).-----	53
FIGURA 33: PADRÃO DE COLONIZAÇÃO DA <i>STRUTHANTHUS URAGUENSIS</i> (H & A) EM SUA HOSPEDEIRA (ARBUSTO). (A E B) <i>STRUTHANTHUS URAGUENSIS</i> (H & A) NA PONTA DO GALHO DE UM ARBUSTO. (C E D) DETALHE DE SUA FORMA ANATÔMICA.-----	53

**FIGURA 34: PADRÃO DE COLONIZAÇÃO DA *STRUTHANTHUS VULGARIS* MART. (H & A) EM SUA HOSPEDEIRA (ARBUSTO). (A) *STRUTHANTHUS VULGARIS* MART. (H & A) NA GALHA DE UM ARBUSTO. (B) DETALHE DE SUA FORMA ANATÔMICA. -----54**

**FIGURA 35: PADRÃO DE COLONIZAÇÃO DA *TRIPODANTHUS ACUDIFOLIUS* (R & PAV.) TIEGH EM SUA HOSPEDEIRA.-----55**

**FIGURA 36 – (A) FOLHA PRESA NO SUPORTE DA ESFERA INTEGRADORA COM A FONTE DE LUZ INCIDINDO SOBRE ELA. (B) FIGURA APRESENTANDO O GRÁFICO DA RADIÂNCIA ESPECTRAL HEMISFÉRICA DA FOLHA. (C) ESFERA INTEGRADORA COM A FONTE DE LUZ DIRECIONADA SOBRE A PLACA PADRÃO. (D) FIGURA APRESENTANDO O GRÁFICO QUE REPRESENTA A RADIÂNCIA ESPECTRAL HEMISFÉRICA DA PLACA.-----56**

**FIGURA 37: (A, B, C, D, E, F, G,) GRÁFICO REPRESENTANDO O FRDH DAS FOLHAS “JOVENS”, “INTERMEDIÁRIAS” E “MADURAS”; (H, I, J) GRÁFICOS REPRESENTANDO O FRDH DAS FOLHAS JOVENS (XX01), INTERMEDIÁRIAS (XX02) E MADURAS (XX03), ONDE AS DUAS PRIMEIRAS LETRAS É A SIGLA ADOTADA PARA DESIGNAR A ESPÉCIE E AS OUTRAS DUAS LETRAS SEGUIDA SÃO SUBSTITUÍDA PELO NÚMERO QUE INDICA A IDADE DA FOLHA SEDO TTXX - *TIPUANA TIPO* (VELL.) MOR. (TIPUANA), AJXX - *LIGUSTRUM LUCIDUM* W.T. AITON. (ALFENEIRO-DO-JAPÃO), MAXX - *MICHELIA CHAMPACA* L. (MAGNÓLIA), SVXX - *STRUTHANTHUS VULGARIS* MART., SUXX - *STRUTHANTHUS URAGUENSIS* (H & A), TAXX - *TRIPODANTHUS ACUDIFOLIUS* (R & PAV.) TIEGH, SAXX - *STRUTHANTHUS* SP.. -----58**

**FIGURA 38 – DETALHES DAS AMOSTRAS DA *LIGUSTRUM LUCIDUM* W.T. AITON. (ALFENEIRO-DO-JAPÃO) E *STRUTHANTHUS VULGARIS* MART.-----59**

**A FIGURA 39: DIAGRAMA DE DISPERSÃO DAS BANDAS: (39A) – 1 (AZUL), (39B) – 2 (VERDE), (39C) – 3 (VERMELHO) E (39D) – 4 (INFRAVERMELHO) DOS FRDH DA TT E SUAS RESPECTIVAS FUNÇÕES. O DIAGRAMA DE DISPERSÃO COM SUAS RESPECTIVAS FUNÇÕES PARA AS DEMAIS ESPÉCIES ESTUDAS ESTÃO REPRESENTADOS NO ANEXO 3. ONDE: TT – *TIPUANA TIPOS* (VELL) MOR. -----63**

**A FIGURA 40: (40A) REPRESENTA O VALOR MÉDIO E O DESVIO PADRÃO DO FRDH DA BANDA DO AZUL CORRESPONDENTE AS ESPÉCIE ESTUDADA, A (40B) OS VALORES DA BANDA VERDE; A (40C) DA BANDA DO VERMELHO E A (40D) DA BANDA INFRAVERMELHO. ONDE: TT - *TIPUANA TIPO* (VELL.) MOR. (TIPUANA), AJ - *LIGUSTRUM LUCIDUM* W.T. AITON. (ALFENEIRO-DO-JAPÃO), MA - *MICHELIA CHAMPACA* L. (MAGNÓLIA), SV - *STRUTHANTHUS VULGARIS* MART., SU - *STRUTHANTHUS URAGUENSIS* (H & A), TA - *TRIPODANTHUS ACUDIFOLIUS* (R & PAV.) TIEGH, SA - *STRUTHANTHUS* SP.. -----64**

**FIGURA 41 – MAPA DA CORRENTE ESCURA E SEUS RESPECTIVOS GRÁFICOS COM AS FREQUÊNCIAS DE NC. -----70**

**FIGURA 42 – FIGURAS MOSTRANDO O EFEITO DA CORRENTE ESCURA NAS IMAGENS. (A) ISO AUTOMÁTICO. (B) ISO 800-----71**

**FIGURA 43 - CÂMERA DSC - F828 COM O DISPOSITIVO ACOPLANDO O FILTRO *EDGE* INFRAVERMELHO NA OBJETIVA. -----72**

<b>FIGURA 44 – (A E D) IMAGENS OBTIDAS COM AS FUNÇÕES NIGHTSHOT E NIGHTFRAMING DESATIVAS. (B E E) IMAGENS OBTIDAS COM A FUNÇÃO NIGHTSHOT ATIVADA. (C E F) IMAGENS OBTIDAS COM A FUNÇÃO NIGHTFRAMING ATIVADA.</b> -----	<b>72</b>
<b>FIGURA 45 – IMAGENS OBTIDAS COM A CÂMERA DSC - F828, (A E D) SEM O FILTRO EDGE INFRAVERMELHO ACOPLADO NA OBJETIVA DA CÂMERA, (B E E) COM O FILTRO EDGE INFRAVERMELHA ACOPLADO NA OBJETIVA DA CÂMERA E (C E F) REPRESENTA UMA COMPOSIÇÃO RGB, EMPREGANDO A BANDA R<sub>IR</sub> DA IMAGEM INFRAVERMELHA NO CANAL R, A BANDA R E G DA IMAGEM OBTIDA SEM O FILTRO NOS CANAIS GB RESPECTIVAMENTE.</b> -----	<b>73</b>
<b>FIGURA 46: MONTAGEM DO SISTEMA PARA A OBTENÇÃO DOS DADOS PARA AVERIGUAR A REGIÃO DE ATUAÇÃO DO FILTRO DE CORTE INFRAVERMELHO, ASSIM COMO DA GRADE DE FILTRO DE COR DO CCD.</b> -----	<b>74</b>
<b>FIGURA 47 – GRÁFICO REPRESENTANDO OS VALORES CONTIDOS NA IMAGEM GERADA COM A REM COM COMPRIMENTO DE ONDA 630NM COM AS FUNÇÕES NIGHTSHOT E NIGHTFRAMING DESATIVADAS.</b> -----	<b>75</b>
<b>FIGURA 48 - RESULTADOS DAS ANÁLISES DAS IMAGENS OBTIDAS COM A FUNÇÃO NIGHTSHOT ATIVADA.</b> -----	<b>76</b>
<b>FIGURA 49 - RESULTADOS DAS ANÁLISES DAS IMAGENS OBTIDAS COM A FUNÇÃO NIGHTFRAMING ATIVADA.</b> -----	<b>78</b>
<b>FIGURA 50 – ALGUNS RESULTADOS DAS ANÁLISES DAS IMAGENS OBTIDAS COM A FUNÇÃO NIGHTSHOT E NIGHTFRAMING DESATIVADA.</b> -----	<b>81</b>
<b>FIGURA 51 – GRÁFICO REPRESENTANDO AS FUNÇÕES DOS FILTROS QUE COMPÕEM A GRADE DE FILTRO DE COR DO CCD DA CÂMERA DSC – F828.</b> -----	<b>83</b>
<b>FIGURA 52 – LOCAIS DE EXTRAÇÃO DAS AMOSTRAS DA REGIÃO SENSIBILIZADA PELA RESPOSTA DA ERVA-DE-PASSARINHO E DA HOSPEDEIRA NA IMAGEM OBTIDA COM E SEM O FILTRO EDGE INFRAVERMELHO.</b> -----	<b>84</b>
<b>FIGURA 53 – (A) VALORES MÉDIOS DE NC DA BANDA RGB E R<sub>IR</sub> DAS AMOSTRAS DA SA E MA. (B) OS VALORES DO FRDH DAS FOLHAS ISOLADAS DA SA E MA OBTIDOS COM O SPECTRON SE-590.</b> -----	<b>85</b>
<b>FIGURA 54 – FAIXA DE RECOBRIMENTO DAS BANDAS ESPECTRAIS DA CÂMERA DSC – F828 E AS FAIXAS ADOTADAS NA AVALIAÇÃO ESTATÍSTICAS DOS FRDH.</b> -----	<b>86</b>

## LISTA DE TABELAS

<b>TABELA 01: PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DA CÂMERA DSC – F828.</b> -----	<b>34</b>
<b>TABELA 02 – TABELA APRESENTANDO O VALOR MÉDIO, O DESVIO PADRÃO E A SUFICIÊNCIA AMOSTRAL (N=150) DAS ERVAS-DE-PASSARINHO E DE SUAS HOSPEDEIRAS.</b> -	<b>61</b>
<b>TABELA 03: RESULTADOS DO TESTE DE BARTLETT (QUI-QUADRADO) E DO TESTE F DE SNEDECOR.</b> -----	<b>65</b>
<b>TABELA 04: RESULTADOS DO TESTE DE TUKEY AO NÍVEL DE SIGNIFICÂNCIA DE 5% (A = 0,05) APLICADO NOS VALORES DE FRDH, NAS BANDAS AZUL, VERDE, VERMELHO E INFRAVERMELHO DE CADA ESPÉCIE EM ESTUDO.</b> -----	<b>67</b>

## LISTA DE SIGLAS

CCD - *Charge Coupled Devices*;  
CMOS - *Complementary metal-oxide-semiconductor*;  
RFA - Radiação fisiologicamente ativa;  
REM – Radiação eletromagnética;  
IAF - Índice de Área Foliar;  
DAF - Distribuição Angular de Folhas;  
A/D - Analógico digital;  
NC – Nível de cinza;  
FRDH - Fatores de Reflectância Direcional Hemisférica;  
TT - *Tipuana tipo* (VELL.) MOR. (TIPUANA);  
AJ - *Ligustrum lucidum* W.T. AITON. (ALFENEIRO-DO-JAPÃO);  
MA - *Michelia champaca* L. (MAGNÓLIA);  
SV - *Struthanthus vulgaris* MART.;  
SU - *Struthanthus uraguensis* (H & A);  
TA - *Tripodanthus acudifolius* (R & PAV.) TIEGH;  
SA - *Struthanthus* sp.

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO I</b> -----	<b>15</b>
1 INTRODUÇÃO-----	15
1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS -----	15
1.2 O PROBLEMA DA ERVA-DE-PASSARINHO E MOTIVAÇÃO DO ESTUDO -----	17
1.3 JUSTIFICATIVA -----	19
1.4 OBJETIVOS-----	20
1.5 Contribuição da pesquisa -----	20
1.6 Estrutura do trabalho-----	21
<b>CAPÍTULO II</b> -----	<b>22</b>
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA -----	22
2.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS -----	22
2.2 ERVA-DE-PASSARINHO (LORANTHACEAE e Viscaceae) -----	22
2.3 INTERAÇÃO DA RADIAÇÃO SOLAR COM A VEGETAÇÃO. -----	23
2.3.1 Interação da radiação solar com a folha. -----	24
2.3.2 Interação da radiação solar com o dossel.-----	27
2.4 Sensor CCD (CHARGE COUPLED DEVICE)-----	30
2.4.1 Falsos Sinais.-----	31
2.4.1.1 Corrente escura (Dark current).-----	31
2.4.2 Sensores e a formação das cores -----	32
2.5 Descrição da câmera DSC – F828-----	34
<b>CAPÍTULO III</b> -----	<b>35</b>
3 MATERIAIS E MÉTODOS -----	35
3.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS -----	35
3.2 METODOLOGIA-----	36
3.2.1 Área de estudo -----	36
3.2.2 Primeira etapa da metodologia proposta -----	38
3.2.2.1 Padrão de colonização da erva-de-passarinho-----	38
3.2.2.2 Medidas radiométricas -----	38
3.2.2.3 Organização e avaliação dos dados espectrais obtidos com o SPECTRON SE-590-----	41
3.2.3 Segunda etapa da metodologia proposta -----	45
3.2.3.1 Mapeamento da corrente escura-----	45
3.2.3.2 Obtenção de imagem infravermelho com a câmera DSC – F828 e caracterização do filtro de corte infravermelho e da grade de filtro de cor do CCD -----	46
3.2.3.3 Avaliação das imagens obtidas com a câmera DSC – F828 na detecção da erva-de-passarinho em seu hospedeiro -----	49
<b>CAPÍTULO IV</b> -----	<b>51</b>
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES -----	51
4.1 ANÁLISE Do padrão de colonização da erva-de-passarinho -----	51
4.2 ANÁLISE DAS MEDIDAS radiométricas OBTIDAS COM O SPECTRON SE-590 -----	56
4.3 ANÁLISE DE SUFICIÊNCIA AMOSTRAL -----	61
4.4 Delineamento ESTATÍSTICO DOS FRDH -----	62
4.5 Mapeamento da corrente escura. -----	68
4.6 Teste para avaliação da potencialidade de obtenção de imagens infravermelho e caracterização do filtro de corte infravermelho e DOS FILTROS DE cor do CCD-----	71

4.7	<i>Análise do comportamento espectral da erva-de-passarinho registrado pela câmera DSC – F828 da Sony.</i>	83
<b>CAPÍTULO V</b>		<b>87</b>
5	<b>CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES</b>	87
5.1	<i>CONCLUSÕES DAS ANÁLISES DOS RESULTADOS DA PRIMEIRA ETAPA DA METODOLOGIA PROPOSTA</i>	87
5.2	<i>CONCLUSÕES DAS ANÁLISES DOS RESULTADOS DA SEGUNDA ETAPA DA METODOLOGIA PROPOSTA</i>	88
5.3	<i>RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS</i>	89
<b>BIBLIOGRAFIA</b>		<b>90</b>
<b>ANEXO 01</b>		<b>96</b>
<b>ANEXO 02</b>		<b>99</b>
<b>ANEXO 03</b>		<b>105</b>

## CAPÍTULO I

### 1 INTRODUÇÃO

#### 1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Nos últimos anos, a arborização urbana tornou-se um indicador de qualidade de vida e bem estar social, porém também apresenta transtornos à sociedade, tais como perda de bens móveis e imóveis ou até mesmo da vida, provocados pela queda das árvores.

Para evitar problemas com a arborização urbana é necessário que o órgão gestor realize planejamento adequado, de forma que sejam escolhidos os locais de plantio e de espécies apropriadas, entretanto, onde as árvores já se encontram instaladas deve-se efetuar monitoramento contínuo dos aspectos físicos, fisiológicos e fitossanitários. Por exemplo, a cidade de Curitiba – PR possui cerca de 300 mil árvores, e segundo Rota (2001), aproximadamente 30% da vegetação estão eivadas de ervas-de-passarinho que é considerada uma das principais ameaças fitossanitárias.

Atualmente, a detecção de árvores contaminadas pela erva-de-passarinho é realizada por meio de visitas a campo ou comunicado dos moradores o que dificulta a realização dos trabalhos preventivos, sendo necessário adotar meios (ferramentas) que permitam efetuar o seu monitoramento com mais facilidade.

A erva-de-passarinho (*Loranthaceae* e *Viscaceae*) é uma planta hemiparasita que se fixa nos troncos e galhos das árvores. Em busca de água e nutrientes, suas raízes penetram na casca do hospedeiro até atingir o xilema, de onde retira água e sais minerais, provocando assim, a perda do vigor vegetal e conseqüentemente os riscos de acidentes provocados por quedas de árvores se tornam maior com as árvores enfraquecidas pelo parasita.

Entre as várias espécies das famílias das *Loranthaceae* e *Viscaceae*, as principais encontradas na arborização urbana de Curitiba são: *Tripodanthus acutifolius* (Ruiz & Pav.), *Struthantus polyrhysus* Mart., *Struthantus vulgares* Mart., *Struthantus uraguensis* (Hook. & Arn.) e *Phoradendron linearifolium* Eichl., que apresentam estrutura e padrão de colonização diferentes entre si.



Ao comparar a morfologia foliar entre as espécies supracitadas e seus hospedeiros, nota-se certa similaridade entre algumas das espécies o que pode conduzir a propriedades espectrais similares dificultando a distinção entre as espécies por meio de dados espectrais.

Mediante a aplicação de técnicas de sensoriamento remoto é possível diferenciar espécie vegetais, explorando suas diferenças morfológicas e fisiológicas que implicam em também diferenciações em suas propriedades espectrais.

Para tanto, é necessário realizar a caracterização espectral das espécies em análise e averiguar se há diferenças significativas capazes de proporcionar a distinção das espécies.

Dentre o conjunto de mecanismos de imageamento capazes de registrar as propriedades espectrais dos objetos, pode-se citar as câmeras digitais convencional as quais vêm sendo aplicadas com sucesso na obtenção de dados para fins de aplicações ambientais oferecendo suporte na coleta de informações em projetos ambientais, devido ao baixo custo, facilidade operacional e qualidade dos resultados obtidos (DISPERATI, 2007).

As câmeras digitais convencional possuem um dispositivo de silício denominado *Charge Couple Device (CCD)*, que podem ser sensibilizados por comprimento de onda correspondentes à faixa do espectro entre 400-1100nm (ATKINSON, 1996).

Similar aos filmes fotográficos, o *CCD* é dotado de uma grade de filtro para definir as regiões do espectro eletromagnético que dão origem às três cores primárias, vermelha, verde e azul, mais conhecidas como RGB (*Red, Green and Blue*).

Devido às características do *CCD* e da grade de filtro de cor, algumas câmeras possuem um filtro de corte infravermelho que, geralmente, não permite a transmissão dos comprimentos de onda do espectro eletromagnético correspondente à região do infravermelho próximo. A interação do espectro de comprimento de onda situado na região do infravermelho próximo com a vegetação; é associado à estrutura celular e quantidade de água da folha (GAUSMANN, 1985) e por isso é uma região importante a ser estudada em pesquisas temáticas de vegetação.

Para que este tipo de dispositivo possa ser empregado na aquisição de dados, no visível e infravermelho próximo, para estudo da vegetação é necessário constatar a relevância do fato em remover o filtro de corte infravermelho da câmera para obter imagem infravermelho e caracterizar a função dos filtros da grade de filtro de cor do *CCD*.

Nesse contexto, a proposta de pesquisa deste trabalho é utilizar os dados capturados e registrados pela câmera digital DSC-F828 na detecção e localização da erva-de-passarinho em seu hospedeiro.

## 1.2 O PROBLEMA DA ERVA-DE-PASSARINHO E MOTIVAÇÃO DO ESTUDO

As várias espécies da erva-de-passarinho são encontradas em plantas lenhosas, desde árvores de floresta, em ambientes urbanos, árvores frutíferas, árvores ornamentais, arbustos, *thorny scrubs*, *euphorbs* e cactos, sendo sua preferência por árvores e arbustos (DEVKOTA, 2005).

Pesquisas recentes mostram que a erva-de-passarinho tem provocado um declínio nas florestas, causando problemas comerciais e ecológicos, como observados nas florestas de pinos da Croácia (PRPIĆ *et al.*, 2001 apud PERNAR *et al.*, 2005), no deserto de Mojavo, onde a *desert mistletoe* tem sido apontada como a principal causa da morte do *blue palo verde* (*Cercidium floridum*) (SPURRIER e SMITH, 2007).

De acordo com Tsopelas *et al.* (2004), 20% das 600 árvores encontradas no Parque Nacional do Mount Parnis próximo à cidade de Atenas/Grécia, morreram. Sendo estudada durante um período de cinco anos (1998 – 2002), os autores detectaram que 67,83% das árvores mortas estavam infestadas pela erva-de-passarinho (*Loranthaceae* – *Viscum álbum*).

Rotta (2001) verificou que aproximadamente 30%, das 300 mil árvores das ruas da cidade de Curitiba (estimadas pela Secretaria Municipal do Meio Ambiente), estão infestadas por erva-de-passarinho, sendo as espécies mais comuns as que seguem: *Tripodanthus acutifolius* (Ruiz & Pav.) Tiegh; *Struthanthus vulgaris* Mart; *Struthanthus polyrhysus* Mart; *Struthanthus uraguensis* (Hook. & Arn.) G. Don; e *Phoradendron linearifolium* Eichl.

Capehart *et al.* (1977), mostraram que o uso de imagens adquiridas pelo satélite *LANDSAT* possui potencialidade para identificar algumas áreas ocupadas

pela *Melaleuca quinquenervia* no Sul da Flórida, apesar de não atingir a precisão requerida para o mapeamento proposto.

Glenn *et al.* (2005) avaliaram o desempenho das imagens de alta resolução espectral para atualizar inventários de propagação da “*Leafy spure*” (*Euphorbia esula* L.). Neste trabalho, os autores concluíram que o uso de imagens de alta resolução espectral é adequado para atualização de inventários de cobertura com baixo e pequeno índice de infestação, principalmente em ambientes de praia e mistura de plantas de estepe.

Com a construção dos sensores de alta resolução espacial como, por exemplo, os sensores *Ikonos* e *Quickbird*, diversos pesquisadores (Jensen e Cowen (1999), Small e Lu (2006), Moeller e Blaschke (2006), Farina, *et al.* (2007), Johansen e Coops (2007), Ginak, *et al.* (2007), entre outros) puderam empregar dados de sensores orbitais na gestão urbana.

Apesar da qualidade da resolução das imagens dos sensores orbitais, estas ainda não são capazes de substituir totalmente o emprego de imagens adquiridas por sensores não orbitais (câmeras fotográficas analógicas, digitais e filmadoras).

Atualmente, grande parte das câmeras digitais são dotadas por sensores semicondutores, sendo o *CCD* o mais conhecido e empregado (TOMMASELLI *et al.*, 2000).

Everitt e Nixon (1985) com o intuito de distinguir a “*camphorweed*” (*Heterotheca subaxillaris*) das demais vegetações no Sul do Texas utilizaram imagens coloridas adquiridas com câmeras fotográficas. Segundo os autores, por ambas apresentarem uma mesma época de floração há dificuldades na análise dos resultados e por isso, não é possível diferenciar com eficiência a “*camphorweed*” da “*groundsel*” (*Senecio spartioides*). Porém, os resultados mostraram potencialidade na separação da “*camphorweed*” das demais vegetações assim como o monitoramento do seu crescimento.

Gonçalves (2006) retratou que o uso de câmeras de pequeno formato em levantamentos Aerofotogramétricos é tema de pesquisa há aproximadamente 15 anos. Podendo ainda contar com a possibilidade de aquisição de imagens na faixa do infravermelho próximo, bastando utilizar um filtro de radiação passa faixa na abertura de sua objetiva.

Assim, a realização deste trabalho foi motivada pelos aspectos supracitados.

### 1.3 JUSTIFICATIVA

Árvores infestadas pela erva-de-passarinho ficam propensas ao ataque de qualquer agente biótico e/ou abiótico. Desta forma a vegetação fica predisposta ao apodrecimento e ao ataque de cupins, destruindo sua capacidade de suportar vendavais e até mesmo o próprio peso, provocando sua queda por falta de vigor. Geralmente, a queda de uma árvore no meio urbano pode provocar perdas de bens imóveis e móveis e/ou humana.

A quantidade de árvores espalhadas pelas ruas de Curitiba dificulta a ação preventiva do órgão responsável em relação à queda de árvores, pois o processo de identificação de indivíduos com pragas ou doenças é determinado por meio de métodos diretos, ou seja, com visitas a campo ou comunicação dos moradores o que dificulta a realização de trabalhos preventivos. Dessa forma, surge a necessidade de obter uma ferramenta capaz de coletar dados que permitam efetuar monitoramento da erva-de-passarinho assim como dos seus aspectos físicos, fisiológicos e fitossanitários de sua hospedeira.

A coleta de dados de forma direta implica em serviço moroso, de alto custo e por muitas vezes até mesmo perigoso, pois poderá ocorrer a queda de uma árvore no momento da coleta das informações. Neste caso, o uso de imagens adquiridas com câmeras digitais de pequeno formato é uma alternativa de baixo custo pouco explorada no ramo do Sensoriamento Remoto para a extração de informações no estudo fitossanitário da arborização de ruas, de rápido processamento e análise.

Portanto, no que tange o exposto justifica-se a realização do tema proposto para desenvolvimento da pesquisa em Pós-Graduação devido:

- Número elevado de indivíduos arbóreos das ruas da cidade de Curitiba parasitados pela erva-de-passarinho;
- Risco de acidentes provocados por quedas de árvores enfraquecidas pela parasita;

- Necessidade de métodos mais eficientes para a coleta de dados a serem utilizados na elaboração do plano de ações de manejo da arborização;
- Necessidade de detecção e localização da erva-de-passarinho em sua hospedeira utilizando informações radiométricas adquiridas por sensores imageadores de baixo custo;
- Explorar a potencialidade de câmeras digitais de pequeno formato na aplicação do tema proposto;
- Tema pouco explorado no país e por isso encontra-se em aberto na comunidade científica;
- Possibilidade de consolidar tema de pesquisa no país;

#### 1.4 OBJETIVOS

Tendo em vista a proposta do trabalho, o objetivo geral do trabalho é avaliar a potencialidade de detectar e localizar a erva-de-passarinho em sua hospedeira utilizando dados capturados e registrados pela câmera digital DSC-F828. Para tanto, têm-se como objetivos específicos os seguintes itens:

- Observar o padrão de colonização da erva-de-passarinho em sua hospedeira;
- Efetuar a caracterização espectral da folha da erva-de-passarinho e de algumas hospedeiras utilizando o SPECTRON SE-590;
- Estudar a potencialidade das câmeras digitais DSC-F828 em obter imagem infravermelha utilizando as funções que permitem desabilitar o filtro de corte infravermelho;
- Identificar o início da faixa de operação do filtro de corte infravermelho da câmera DSC-F828;
- Identificar os intervalos espectrais da grade de filtro de cor do sensor *CCD* da câmera DSC-F828;

#### 1.5 CONTRIBUIÇÃO DA PESQUISA

Este trabalho tem como principal contribuição, o estudo da viabilidade de uso de câmeras digitais de pequeno formato na individualização de espécies

vegetativas. Esta pesquisa apresenta ênfase para estudos fitossanitários derivados de informações adquiridas de forma indireta e que antecedem o estágio crítico do desenvolvimento da praga vegetativa. A partir disto, espera-se que o diagnóstico para controle e tratamento do problema seja mais eficiente, rápido e de menor custo para o órgão gestor, além de abrir um leque de pesquisa direcionada para o tema aqui proposto.

## 1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho está estruturado da seguinte forma:

- No segundo capítulo será abordada a fundamentação teórica que abrange todo o conteúdo de suporte à metodologia adotada no trabalho;
- No terceiro capítulo são apresentados os materiais e métodos adotados para a realização do trabalho;
- No quarto capítulo são mostrados os resultados e discussão dos experimentos realizados; e
- No quinto e último capítulo são apresentadas às conclusões e sugestões para a realização de trabalhos futuros, de acordo com os resultados obtidos na análise.

## CAPÍTULO II

### 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

#### 2.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Este capítulo está dividido em subitens, a saber:

- Erva-de-passarinho (*Loranthaceae* e *Viscaceae*);
- Interação da radiação solar com a vegetação;
- Sensor *CCD* (*Charge Coupled Devices*);
- Falsos Sinais;
- Corrente escura (*Dark current*);
- Sensores e a formação das cores; e
- Descrição da câmera DSC – F828.

#### 2.2 ERVA-DE-PASSARINHO (*LORANTHACEAE* E *VISCACEAE*)

As ervas-de-passarinho são plantas perenes com folhas sempre verdes, que se fixam nos galhos e troncos da planta hospedeira (árvores e arbustos), onde se desenvolvem vigorosamente e ocupam parte ou quase a totalidade da copa da árvore. São consideradas plantas hemiparasitas porque também realizam a fotossíntese, o que permite metabolizar substâncias orgânicas para o seu desenvolvimento (LEAL, BUJOKAS e BIONDI, 2006).

De acordo com Wilson e Calvin (2006), a erva-de-passarinho pertence às famílias *Loranthaceae* e *Viscaceae*, as quais contêm 75 gêneros e aproximadamente 1000 espécies, com diferenças na aparência, hábito e padrão de colonização sobre o hospedeiro (ROTTA, 2001) e apresentam distribuição mundial similar (FIGURA 01).

A erva-de-passarinho danifica árvores e arbustos causando prejuízos tanto à hospedeira quanto de ordem econômica. A título de exemplo, devido aos ataques deste parasito (espécie - *Arceuthobium vaginatum* (Willd.) J. Presl nas florestas de *Pinus* sp. e *Eucalyptus* sp. no sudoeste dos Estados Unidos houve uma perda superior a 4 (quatro) milhões de metros cúbicos de madeira devido à redução do

crescimento e à mortalidade das árvores comerciais do gênero *Pinus* (ROTTA, 2001).



FIGURA 01 - AS REGIÕES COLORIDAS NO MAPA MOSTRAM AS ÁREAS DE OCORRÊNCIA DAS PLANTAS PERTENCENTES À FAMÍLIA *LORANTHACEAE* (A) E *VISCACEAE* (B) NO PLANETA.

FONTE: <<http://www.parasiticplants.siu.edu/Loranthaceae/index.html>> visitado em 14 de maio de 2008

Além da redução do crescimento e mortalidade das árvores, a erva-de-passarinho prejudica a qualidade da madeira como pode ser visto na FIGURA 02.

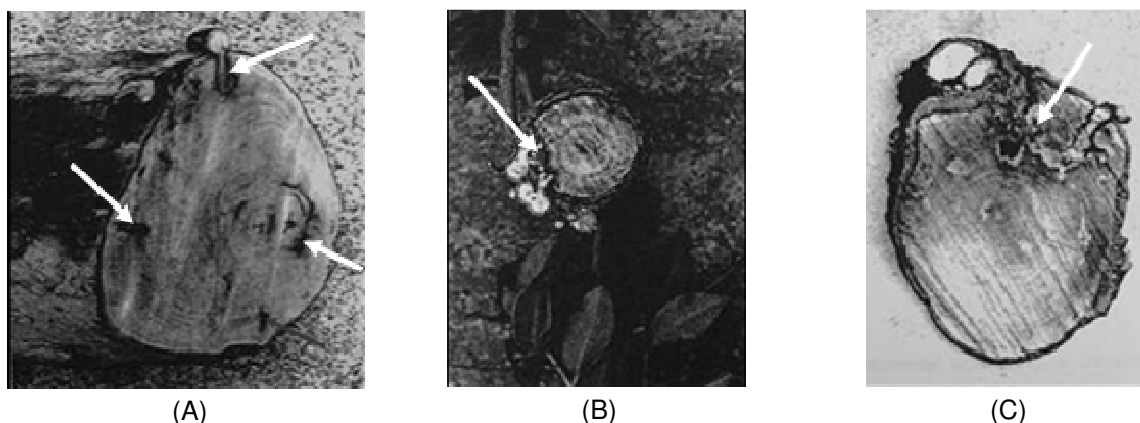


FIGURA 02 – AS SETAS APONTAM OS DANOS CAUSADOS NA QUALIDADE DA MADEIRA DE PLÁTANO (*PLATANUS X ACERIFOLIA*) (A), TIJUANA (*TIPUANA TIPU*) (B) E ALFENEIRO (*LIGUSTRUM LUCIDUM*) (C) PELA AÇÃO DA ERVA-DE-PASSARINHO.

FONTE: ROTTA (2001)

### 2.3 INTERAÇÃO DA RADIAÇÃO SOLAR COM A VEGETAÇÃO.

De acordo com Valeriano (2003), é fundamental o conhecimento das interações da radiação solar com a vegetação para a interpretação de dados de Sensoriamento Remoto, pois sob o ponto de vista desta técnica há diferenças na forma de interação da radiação eletromagnética com as folhas podendo sofrer uma maior absorção ou reflexão devido a sua estrutura e composição (FIGURA 03).



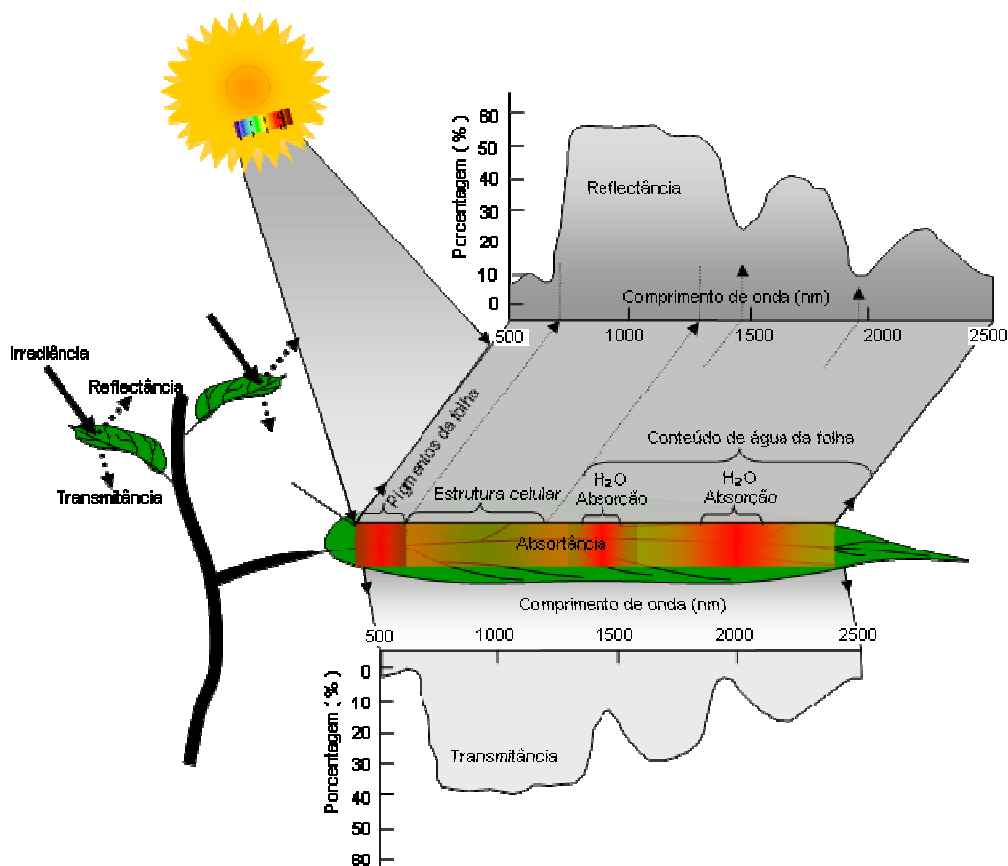


FIGURA 03 - PORÇÃO DE LUZ REFLETIDA, TRANSMITIDA E ABSORVIDA PELA FOLHA APÓS A INTERAÇÃO COM A RADIAÇÃO SOLAR.

FONTE: O autor (2008)

### 2.3.1 Interação da radiação solar com a folha.

A folha é o órgão onde se encontram os pigmentos fotossintetizantes os quais são responsáveis pela realização da fotossíntese. A porção da radiação eletromagnética capaz de induzir uma resposta fisiológica na planta está situada na faixa do visível (entre 400 - 700 nm), sendo denominada radiação fisiologicamente ativa (RFA) (MOREIRA, 2005).

Segundo Taiz e Zeiger (2004), em algumas plantas o mesofilo (Figura 04) é o sistema mais ativo dos tecidos fotossintéticos, que possui muitos cloroplastos com pigmentos verdes especializados na absorção da luz, ou seja, as clorofilas.

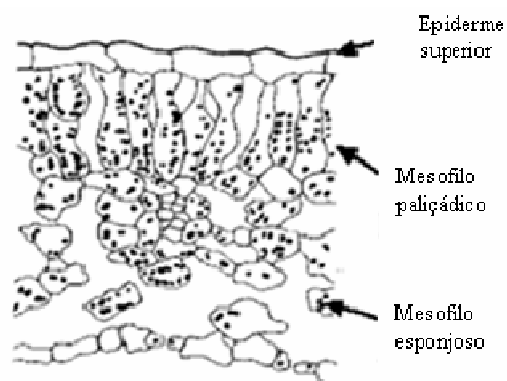


FIGURA 04 – SECÇÃO TRANSVERSAL DA FOLHA DE *Impatiens parviflora*.

FONTE: <<http://www.herbario.com.br/cie/universi/teoriacont/1003fot.htm>> visitado em 13 de junho de 2008

Na folha, os principais pigmentos fotossintéticos são as clorofilas **a** e **b** e os carotenóides (FIGURA 05).

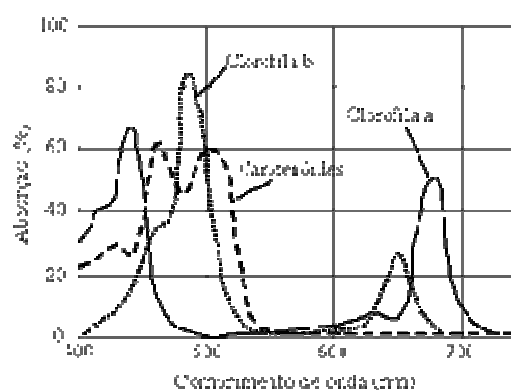


FIGURA 05 – ESPECTRO DE ABSORÇÃO PARA A CLOROFILA **a**, CLOROFILA **b** E CAROTENÓIDES NO CLOROPLASTO DE UMA PLANTA.

FONTE: Raven (2007)

Os máximos de absorção da clorofila **a** ocorrem em 420 e 660nm (comprimento de onda correspondente a um pico na curva de absorção da radiação eletromagnética) nas regiões azul e vermelho respectivamente. Os máximos de absorção da clorofila **b** ocorrem em 435 e 643nm, regiões correspondentes ao azul e vermelho. Já os carotenóides absorvem a radiação eletromagnética preferencialmente na região entre 400 a 550 nm (FIGURA 05) (RAVEN, 2007).

Segundo Terashima e Hikosaka (1995), a anatomia da folha é altamente especializada para a absorção de luz, sendo a camada celular mais externa (epiderme) (FIGURA 04), tipicamente transparente à luz visível e suas células são,

com freqüência, convexas, podendo atuar como lentes que concentram luz e transportam ao cloroplasto com uma quantidade muitas vezes maior que a quantidade de luz ambiente (VOGELMANN, 1996 apud TAIZ e ZEIGER, 2004).

Segundo Gates *et al.* (1965) as plantas são muito eficientes na absorção da energia do espectro eletromagnético na região do ultravioleta e visível. Entretanto, nos comprimentos de onda longo a reflectância e a transmitância das folhas aumentam drasticamente.

Este aumento ocorre no limite entre os comprimentos de onda vermelho e infravermelho próximo marcando a fronteira entre o processo de absorção no vermelho e o espalhamento interno nas folhas no infravermelho próximo, sendo este o ponto de inclinação máxima no espectro da reflectância da vegetação e é conhecido como borda vermelha (no inglês, *red edge*), (CURRAN *et al.*, 1991).

Na faixa do infravermelho próximo o arranjo do mesófilo esponjoso afeta o espalhamento da luz nesta região, sendo que, para uma folha madura, cerca de 55% da luz do infravermelho incidente é refletida (reflectância especular e difusa), 40% é transmitida e 5% é absorvida pelas folhas (GAUSMANN, 1985).

A reflectância na faixa do infravermelho próximo está em função da célula, bem como dos espaços intercelulares. Inicialmente, o mesófilo de uma folha muito jovem consiste primordialmente de um parênquima esponjoso com espaços de ar, favoráveis ao mecanismo de reflectância interna. As células largas das folhas maduras se aglomeram reduzindo o espaço intercelular e conseqüentemente reduzindo a reflectância (GATES *et al.*, 1965).

A diferença entre a estrutura das folhas das dicotiledôneas e monocotiledôneas (FIGURA 06) geralmente é responsável pela larga diferença na reflectância da luz no infravermelho próximo, sendo que a estrutura da folha das dicotiledôneas normalmente acarreta uma reflectância maior do que a compacta estrutura das folhas de monocotiledôneas (GAUSMANN, 1985).

Desta forma, as propriedades de reflexão, transmissão e absorção na região do infravermelho próximo são dominadas pelas características ópticas da folha, que depende das estruturas celulares internas. Portanto, fatores externos à folha como, por exemplo, a disponibilidade de água, pode provocar alterações na relação água-ar no mesófilo e alterar a reflectância de uma folha nesta região (PONZONI, 2002).

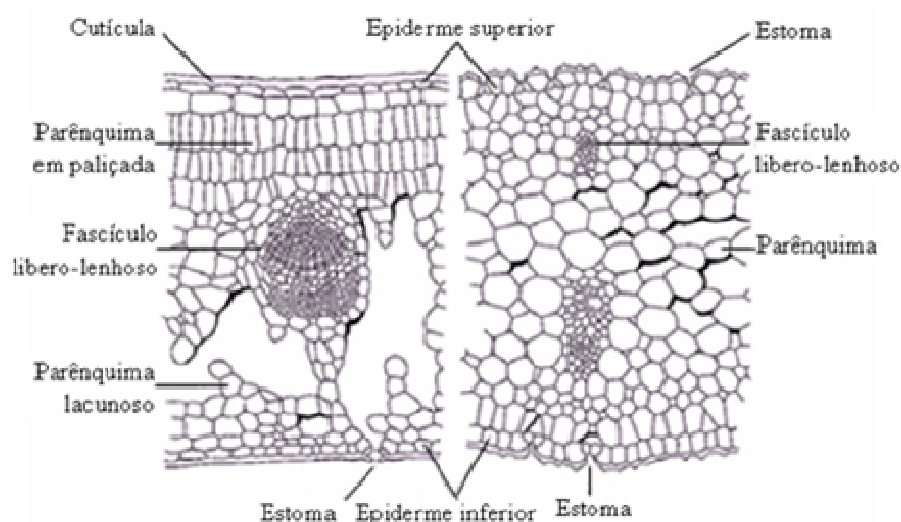


FIGURA 06 – ESQUEMA DA ESTRUTURA DE FOLHAS DICOTILEDÔNEAS (ESQUERDA) E MONOCOTILEDÔNEAS (DIREITA), OBSERVADAS EM CORTE TRANSVERSAL.

FONTE: Pinto (2004) <[http://pedropinto.com/ensino/downloads/tlbll\\_relatorio4.pdf](http://pedropinto.com/ensino/downloads/tlbll_relatorio4.pdf)>visitado em 16 de junho de 2008

De maneira geral, quanto mais lacunosa a folha, maior será o espalhamento interno da radiação, sendo que quanto maior o espalhamento interno da radiação incidente, maior sua reflectância (MOREIRA, 2005).

### 2.3.2 Interação da radiação solar com o dossel.

O conjunto de galhos e folhas estabelece a forma e a estrutura da parte aérea (cobertura) da vegetação (arbórea e arbustiva), denominada dossel. Estes elementos recebem dois tipos de radiação: a radiação solar, que não é interceptada pelos elementos; e a radiação solar, que é interceptada e então espalhada por vários elementos. Desta forma, o sensor recebe: a energia espalhada por um elemento; a energia espalhada várias vezes por diversos elementos; e um fluxo refletido pelo solo que atinge o sensor sem ser interceptado por qualquer componente da vegetação (KNIPLING, 1970; PONZONI, 1993, ver FIGURA 07).

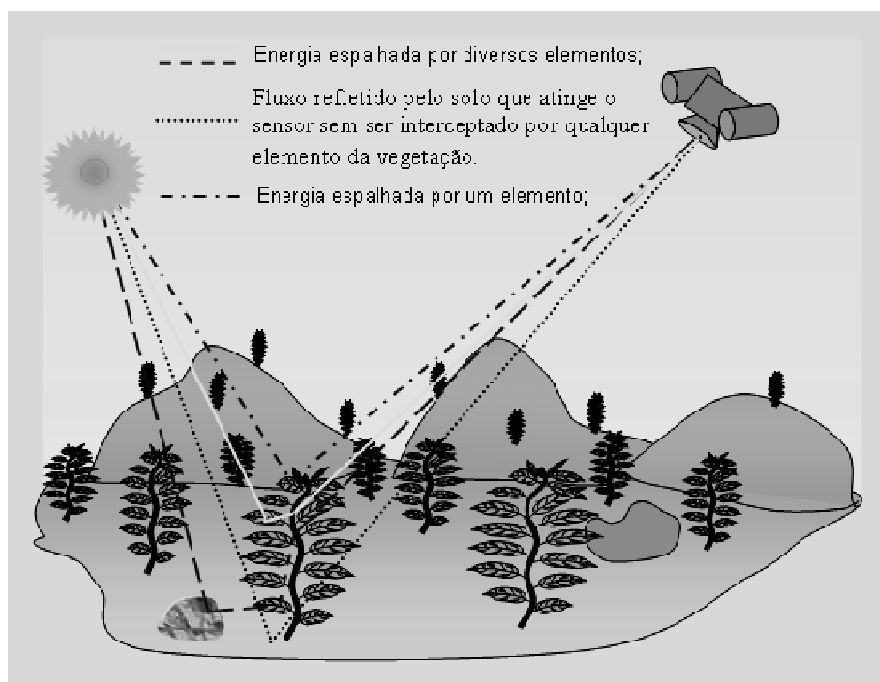


FIGURA 07 – REFLEXÃO DA RADIAÇÃO ELETROMAGNÉTICA.

FONTE: O autor (2008)

A reflectância do dossel, comparada com a de uma folha isolada, é menor na região do visível do que na região do infravermelho (MOREIRA, 2005). Isso se deve ao fato de que na região do visível a reflectância diminui com o aumento de camadas de folhas e na região do infravermelho próximo a reflectância aumenta com o aumento de números de camadas de folhas (FIGURA 08) (PONZONI e SHIMABUKURO, 2007).

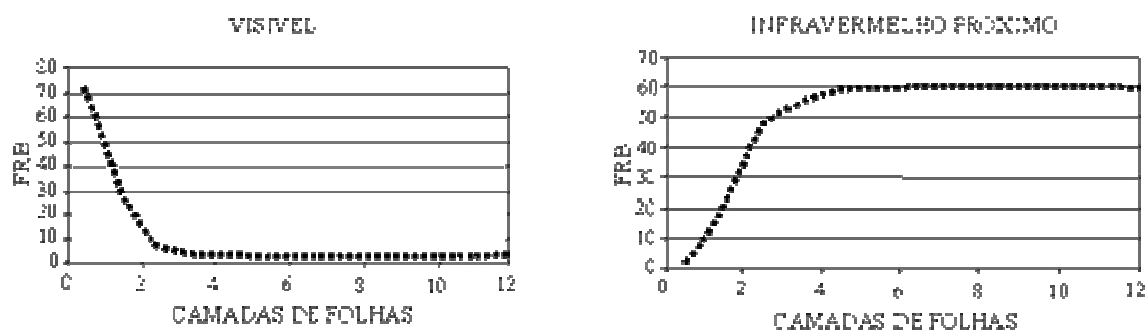


FIGURA 08 – DINÂMICA DOS FATORES DE REFLECTÂNCIA BIDIRECIONAL DE DOSSÉIS SIMULADOS EM FUNÇÃO DO AUMENTO DO NÚMERO DE CAMADAS DE FOLHAS.

FONTE: Ponzoni e Shimabukuro (2007)

Além dos parâmetros espectrais, os parâmetros biofísicos e geométricos influenciam a reflectância espectral dos dosséis. Os parâmetros biofísicos referem-se ao IAF e à Distribuição Angular de Folhas (DAF), já os parâmetros geométricos caracterizam a localização espacial da fonte de radiação eletromagnética e do sensor, através de medidas angulares (PONZONI, 1993).

A DAF é definida por uma função densidade de distribuição da folha, relacionada aos ângulos de inclinação e azimutal da folha, que são variáveis para os diferentes tipos de vegetação descritos como: planófila; erectofila; extremófila; plagiófila; uniforme; e esféricas (GOEL e STREBEL, 1984 apud PONZONI, 1993).

O índice de área foliar é a razão entre a área total de apenas uma face das folhas por unidade de área de superfície do solo. Devido às fases de desenvolvimento das culturas, os pesquisadores a dividem em duas fases: antes e depois do IAF máximo (WIEGMAND e RICHARDSON, 1987 apud VALERIANO, 2003). Esta divisão não é arbitrária, pois após o IAF máximo, começa a formação de material senescente, alterando a composição do dossel em termos de seus elementos (VALERIANO, 2003).

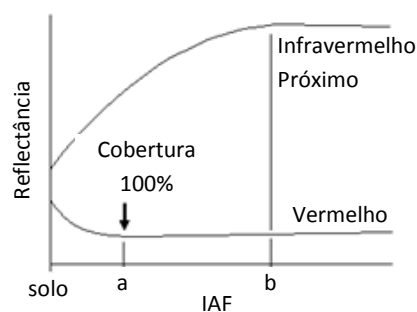


FIGURA 09 – RELAÇÃO ENTRE A REFLECTÂNCIA E O IAF DE DOSSÉIS VEGETAIS.

FONTE: Valeriano (2003)

Como pode ser visto na FIGURA 09, esta separação se faz necessário por haver diferentes relações entre o índice de vegetação de um dossel, quando analisada entre a fase de sua incidência até a cobertura do solo (solo – a), e da cobertura do solo até o ponto crítico para o infravermelho próximo (a – b), sendo que após este ponto crítico (b em diante), a reflectância não é sensível ao aumento do IAF (VALERIANO, 2003).

Em relação aos parâmetros geométricos, Pinter *et al.* (1983) retratam que as diferentes altitudes solar e azimutal causam mudanças na radiação de retorno diurna em ambas as regiões do espectro do visível e infravermelho próximo, devido à variação do índice de vegetação gerado por eles, como pode ser visto na FIGURA 10.

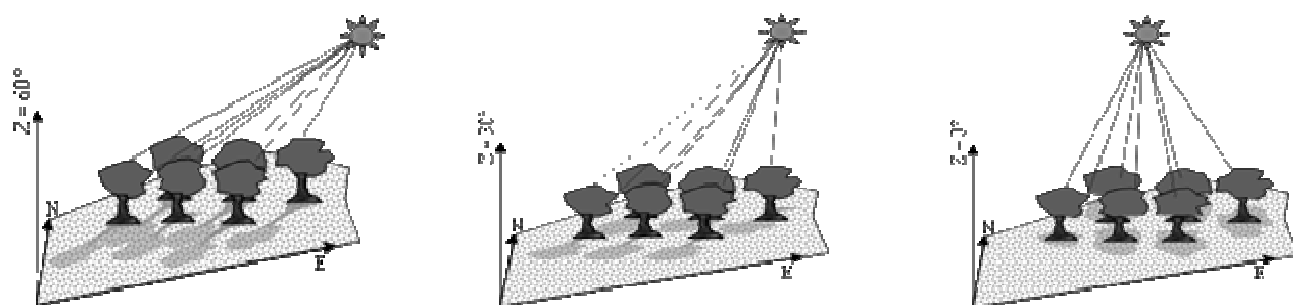


FIGURA 10 – VARIAÇÃO DA ÁREA FOLIAR QUANDO O SOL ESTÁ COM DIFERENTES ALTITUDES SOLAR E AZIMUTAL.

FONTE: O autor (2008)

#### 2.4 SENSOR *CCD* (*CHARGE COUPLED DEVICE*)

Os sensores *CCD* foram concebidos em 1970 sendo originalmente aplicados como dispositivos de memória. Por apresentarem sensibilidade à luz, eles foram rapidamente aplicados na fotografia, sendo hoje os mais populares e usuais nas câmeras fotográficas digitais disponíveis no mercado (<[http://www.ing.iac.es/~smt/CCD\\_Primer/CCD\\_Primer.htm](http://www.ing.iac.es/~smt/CCD_Primer/CCD_Primer.htm)>).

Sendo um pequeno dispositivo (painel) geralmente medindo 6,7 mm, os *CCD* comerciais mais comuns são feitos de Silício, e são estruturados na forma de uma matriz de capacitores (fotocélulas/pixels). Estes capacitores são desenhados de maneira a acumular a carga que é gerada por efeito fotoelétrico em cada um dos pixels. De maneira simples, um fóton de luz que incide sobre um pixel será absorvido por um único elétron do material (Silício dopado, com excesso de elétrons) e por causa dessa energia recebida são ejetados e acumulados nos capacitores (RIBEIRO, 2008).

Ao final da exposição, o circuito transforma a carga acumulada em cada capacitor em uma voltagem sendo estas descarregadas uma a uma formando uma “fila” na saída do painel, as quais serão utilizadas para montar a imagem (ATKINSON, 1996).

### 2.4.1 Falsos Sinais.

Os falsos sinais são efeitos sistemáticos ou aleatórios que são provocados por defeitos na fabricação do sensor *CCD* ou deficiência na tecnologia dos *CCDs*. Os efeitos mais importantes são: *dark current* (corrente escura); *blooming* (saturação); *smear* (mancha); *traps* (armadilhas); e *blemishes* (deformidade). Todos estes efeitos resultam na degradação da qualidade da imagem. Dentre estes efeitos será retratado o efeito da corrente escura.

#### 2.4.1.1 Corrente escura (*Dark current*).

Durante o tempo de integração do *CCD* com a luz, é acumulada uma interferência térmica em cada elemento de imagem (pixel). Isto ocorre devido à necessidade do sensor *CCD* ser refrigerado a uma temperatura muito baixa para que o sinal seja reduzido a um nível negligenciável. O resultado da interferência provocada pelo mau resfriamento é conhecido como *dark current* (Corrente escura), a qual interfere na qualidade da imagem, resultando em dois ruídos: ruído de leitura e ruído espacial (*THETA SYSTEM Elektronik GmbH, 2004*).

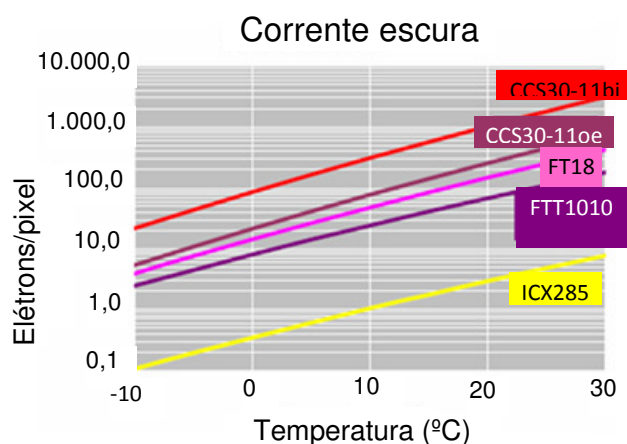


FIGURA 11 – DIAGRAMA DA CORRENTE ESCURA DE DIFERENTES SENSORES *CCD*s.

Fonte: *THETA SYSTEM Elektronik GmbH* (2004). In: <<http://www.theta-system.de/Datasheet/Glossar.pdf>> acessado em 30 de julho de 2008. (2004)

*THETA SYSTEM Elektronik GmbH* (2004) retrata que a corrente escura possui uma relação Temperatura x Elétrons/pixel quase exponencial como mostra a (Figura 11).



O ruído de leitura relaciona-se com as flutuações registradas durante o processo de leitura e uma maneira de correção consiste em efetuar uma média ou soma mediana de diversas imagens do mesmo objeto. Já o ruído espacial, está relacionado ao fato de cada elemento sensor reagir de modo distinto à corrente escura, produzindo um aspecto granulado na imagem, sendo habitualmente construído um mapa de referência pela soma média de 7 a 10 imagens obtidas em total obscuridade (RÉ, 2005).

#### 2.4.2 Sensores e a formação das cores

De acordo com Tommaselli, *et al.* (2000), um conjunto básico para coleta de imagens é composto por um sistema de lentes, um material foto-sensível e um sistema de gravação final da imagem.

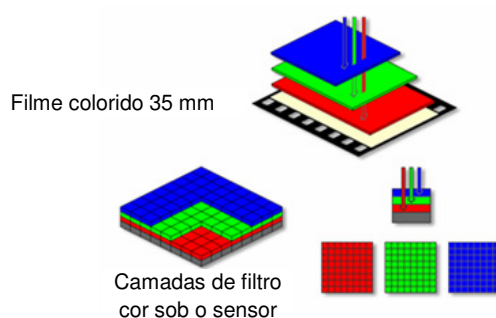


FIGURA 12 – PROCESSO DA FORMAÇÃO DA COR EM MEIO ANALÓGICO E DIGITAL.

FONTE: BOCKAERT (2003)

O material foto-sensível da câmera digital é um dispositivo transdutor, denominado chip *CCD*, que é capaz de transformar a energia luminosa em energia elétrica. Para formar a imagem, as câmaras digitais possuem um conversor analógico digital (*A/D*), que transforma o sinal elétrico analógico gerado pelo *CCD* em um sinal digital, sendo este armazenado em uma unidade de memória. Nas câmaras digitais, a formação da cor é baseada nos princípios do filme colorido. Para tanto, são dispostas três películas (filtro) sobre o *CCD*, as quais medem as cores fundamentais segundo as indicações no diagrama abaixo (FIGURA 12) (BOCKAERT, 2003).

Devido à estrutura do *CCD*, as películas não podem ser contínuas, assim, neste caso essa película é posta em forma de uma grade de filtro de cor sobre o

CCD das câmeras fotográficas digitais para capturar as componentes: vermelho, verde, e azul da luz incidida sobre ele (FIGURA 13).

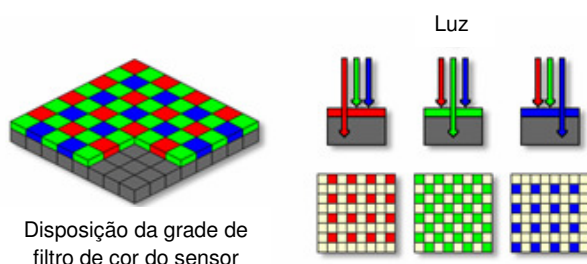


FIGURA 13 – ARRANJO DAS CORES DO FILTRO DE BAYER EM UM ARRAY DE PIXEL EM UM SENSOR.

FONTE: BOCKAERT (2003)

Essa grade de filtro é denominada Filtro de Bayer (do inglês *Bayer filter*). Sendo um arranjo de filtros RGB (Red – vermelho, Green – verde, Blue – azul) que forma uma malha de quadros sobre o sensor, estando composta por 50% de verde, 25% de vermelho e 25% de azul. Como pode ser visto na FIGURA 14, essa grade possui várias composições, mas sempre mantendo o mesmo padrão de distribuição.

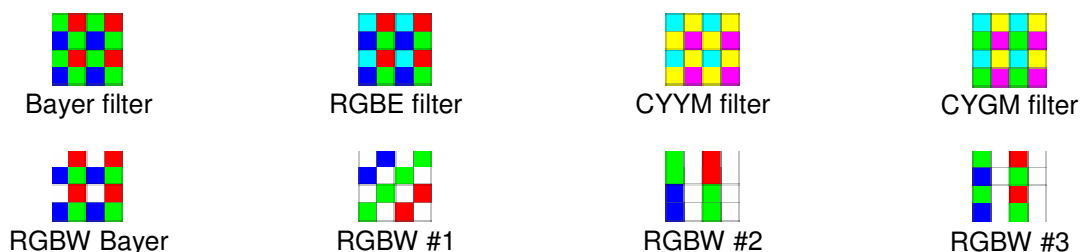


FIGURA 14 – LISTA DE GRADE DE FILTRO DE COR UTILIZADOS EM CCD PARA A OBTENÇÃO DE IMAGENS.

FONTE: < [http://en.wikipedia.org/wiki/Color\\_filter\\_array](http://en.wikipedia.org/wiki/Color_filter_array)> acessado em 30 de julho de 2008

Assim, o número de fótons coletados em cada pixel é convertido em uma carga elétrica pelo fotodiodo. Esta carga é então convertida em uma tensão amplificada e posteriormente convertida para um valor digital, através do conversor analógico-digital (A/D) já citado, de modo que a câmera possa processar os valores da imagem (FIGURA 15) (BOCKAERT, 2003).




Analógico →	Amostra	→ Digital
1,00 V - 	- 255	→ 11111111
0,38 V - 	- 98	→ 01100010
0,00 V - 	- 0	→ 00000000

FIGURA 15 – TRANSFORMAÇÃO A/D.

FONTE: BOCKAERT (2003)

Aqui, os valores de intensidade do fluxo de radiação eletromagnética recebidos pelo sensor e transformados em voltagem são convertidos em número digital (NC), seguindo intervalos numéricos que variam de amplitude segundo  $2^n$ , sendo n valores múltiplos de 2, que definem a resolução radiométrica de um sensor.

## 2.5 DESCRIÇÃO DA CÂMERA DSC – F828

A câmera DSC – F828 é um novo modelo da linha *Cyber-shot* da Sony. Seu grande diferencial está no novo *CCD*, que além do RGB tradicional incorpora uma quarta cor, que a empresa denomina como *Emerald*. Segundo *Digital Photography Review* (2008) a Sony anunciou em 2003, que com esta nova abordagem a reprodução das cores ficaria mais próxima da percepção da visão humana. Também, outros recursos avançados já clássicos da Sony equipam esta câmera, como o sistema Infravermelho *NightShot* e o sistema *NightFraming*. As principais características da câmera DSC - F828 são descritas na TABELA 01.

TABELA 01: PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DA CÂMERA DSC – F828.

Fonte: SONY CORPORATION (2003)

Distância de focal (f= mm)	7.1 - 51.0
Resolução	8.0 Megapixels
Resolução Máxima	3264 x 2448 Pixels
Velocidade do Obturador	30 - 1/3200 s
ISO	Automático, 64, 100, 200, 400, 800
Modos de Exposição	+ - 2EV
Sensor de imagem	CCD 2/3" (8.8 x 6.6 mm) efetivo de 8 megapixels, RGBE, 14 bits de cor, processador Sony <i>Real Image Processor</i>
Funções	<i>Nightshot</i> e <i>NightFraming</i>

## CAPÍTULO III

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

#### 3.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Considerando que o Sensoriamento Remoto é composto por três componentes distintas (Fonte, Objeto e Sensor) que interligam entre si (FIGURA 16), a metodologia proposta foi dividida em duas etapas.

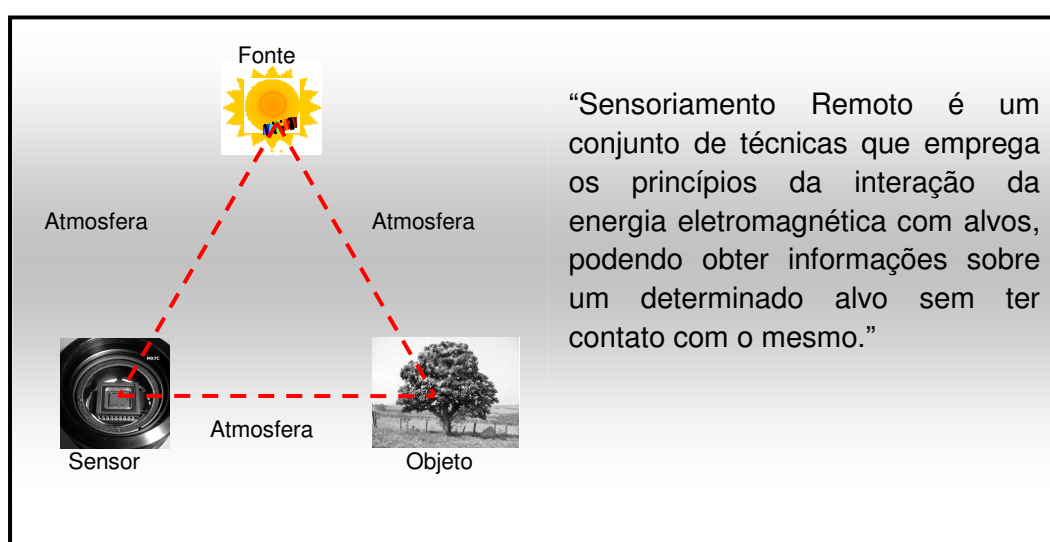


FIGURA 16 – COMPONENTES DO SENSORIAMENTO REMOTO.

Fonte: O autor (2008)

Onde a primeira etapa está orientada à descrição e a caracterização do objeto em estudo (erva-de-passarinho e hospedeira) e a segunda à caracterização do Sensor proposto ao estudo (câmera DSC – F828), sendo estas divididas em subitens, a saber:

- Área de estudo;
- Primeira etapa da metodologia proposta;
  - Padrão de colonização da erva-de-passarinho;
  - Medidas radiométricas;
  - Organização e avaliação dos dados espectrais obtidos com o SPECTRON SE-590;

- Segunda etapa da metodologia proposta;
  - Mapeamento da corrente escura;
  - Obtenção de imagem infravermelho com a câmera DSC – F828 e caracterização do filtro de corte infravermelho e da grade de filtro de cor do CCD;
  - Avaliação das imagens obtidas com a câmera DSC – F828 na detecção da erva-de-passarinho em seu hospedeiro;

## 3.2 METODOLOGIA

### 3.2.1 Área de estudo

A área escolhida para realizar o trabalho situa-se no campus Centro Politécnico da cidade universitária localizada na cidade de Curitiba – PR no Bairro Jardim das Américas (FIGURA 17).

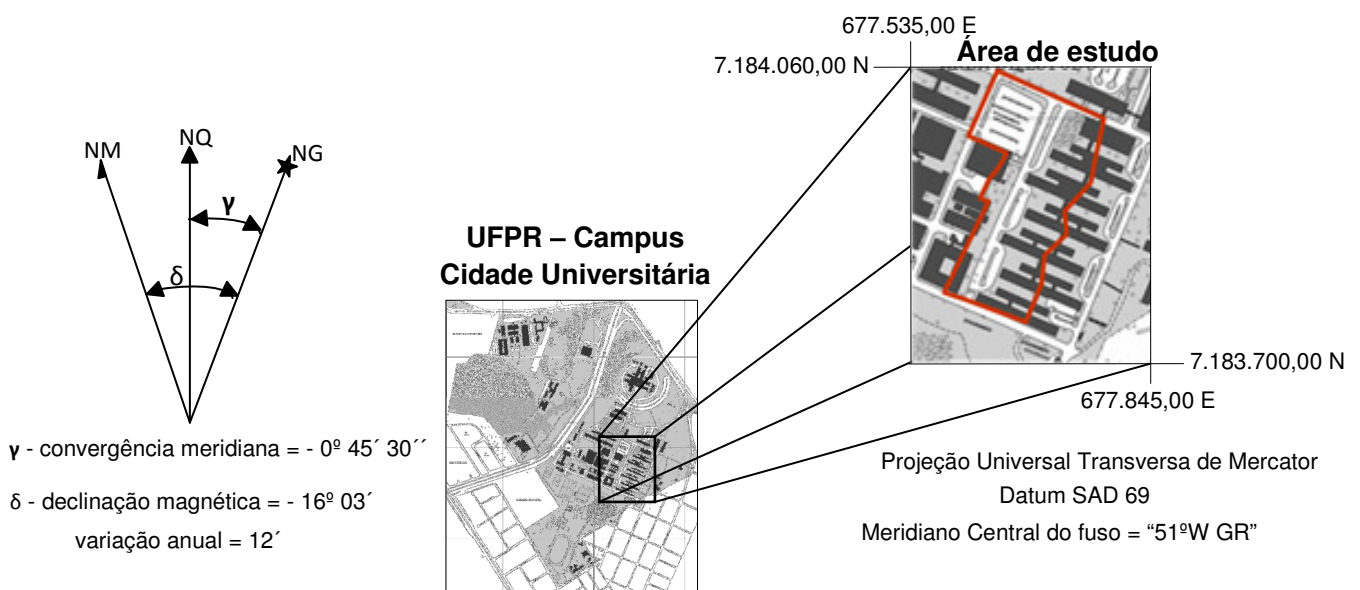


FIGURA 17 – ÁREA DE ESTUDO - CAMPUS CENTRO POLITÉCNICO DA CIDADE UNIVERSITÁRIA.

Fonte: O autor (2008)

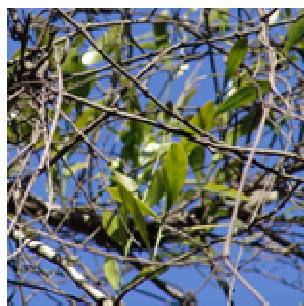
Dentro da área de estudo foi identificada a ocorrência de 4 (quatro) tipos de erva-de-passarinho. Para identificação botânica das mesmas, as amostras coletadas (galhos com folha, flor e/ou frutos) foram enviadas ao Departamento de

Botânica do Setor de Ciências Biológicas da Universidade Federal do Paraná. As espécies identificadas foram (FIGURA 18):

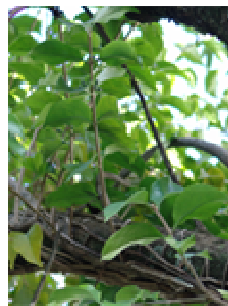
- *Tripodanthus acudifolius* (R & Pav.) Tiegh;
- *Struthanthus uraguensis* (H & A);
- *Struthanthus vulgaris* Mart.; e
- *Struthanthus* sp.



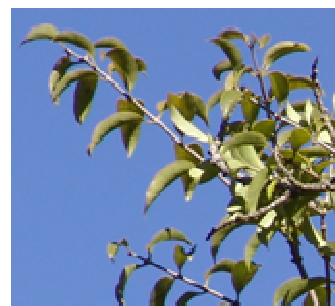
*Tripodanthus acudifolius* (R & Pav.) Tiegh



*Struthanthus uraguensis* (H & A)



*Struthanthus vulgaris* Mart.

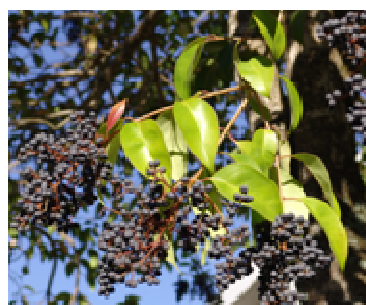


*Struthanthus* sp.

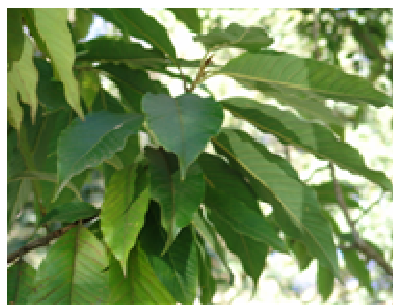
FIGURA 18 - ESPÉCIES DE ERVA-DE-PASSARINHO ENCONTRADAS NA ÁREA DE ESTUDO.

Fonte: O autor (2008)

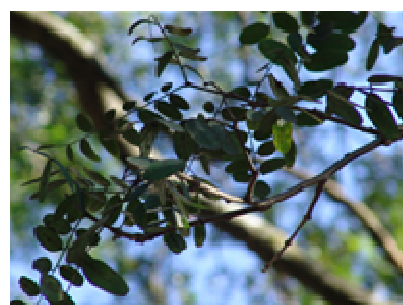
A vegetação arbórea e arbustiva dessa área é composta por 364 árvores e 57 arbustos, sendo que 53,84% das árvores e 3,5% dos arbustos estão contaminados pela erva-de-passarinho.



*Ligustrum lucidum* W.T. Aiton. (alfeneiro-do-japão)



*Michelia champaca* L. (Magnólia)



*Tipuana tipu* (Vell.) Mor.

FIGURA 19: ESPÉCIES DE ÁRVORES COM MAIOR OCORRÊNCIA NA ÁREA DE ESTUDO.

Fonte: O autor (2008)

Dentre as espécies arbóreas existentes na área de estudo, constatou-se que 3 das espécies apresentam um maior índice de ocorrência de contaminação

pelas ervas-de-passarinho, sendo sua botânica identificada pelo Departamento de Botânica do Setor de Ciências Biológicas da Universidade Federal do Paraná como: *Ligustrum lucidum* W.T. Aiton. (alfeneiro-do-japão), *Michelia champaca* L. (Magnóliara) e *Tipuana tito* (Vell.) Mor. (FIGURA 19).

Desta forma, o estudo foi direcionado para a caracterização espectral de folhas das 4 espécies de erva-de-passarinho e de 3 espécies de árvores que possuem maior índice de indivíduos infestados.

### 3.2.2 Primeira etapa da metodologia proposta

A FIGURA 20 ilustra o fluxograma das principais atividades desenvolvidas na primeira etapa da metodologia proposta.

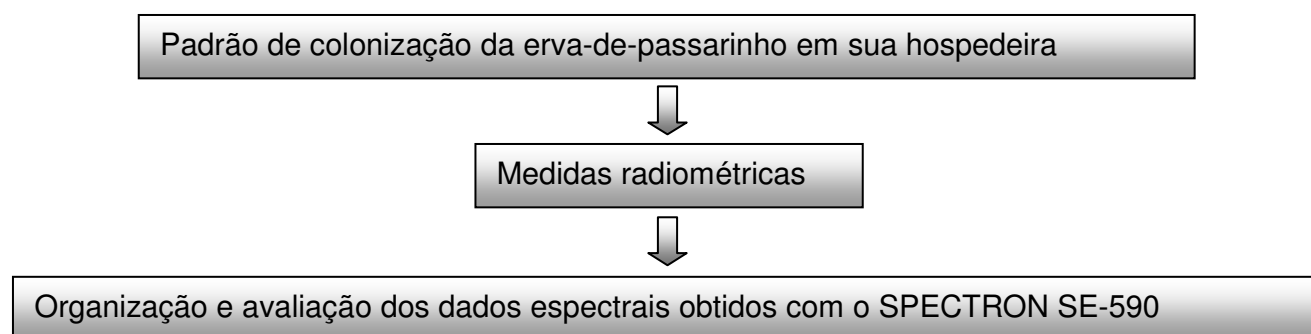


FIGURA 20: FLUXOGRAMA DA PRIMEIRA ETAPA DA METODOLOGIA PROPOSTA.

#### 3.2.2.1 Padrão de colonização da erva-de-passarinho

Consiste em verificar se o padrão de colonização da erva-de-passarinho favorece-se a sua localização na hospedeira por meio de imagens. Para isto foram postas as seguintes observações:

- Observar se há diferenças no padrão de colonização entre as 4 (quatro) espécies de erva-de-passarinho estudadas; e
- Observar se o padrão de colonização da erva-de-passarinho, de uma mesma espécie, varia conforme o tipo do dossel da hospedeira.

#### 3.2.2.2 Medidas radiométricas

Conforme já mencionado, o dossel é composto por um grupo de dezenas a milhares de folhas, sendo este grupo composto por folhas de várias idades, aqui

classificadas como “jovens”, “intermediárias” e “maduras”. Cabe ressaltar que, definir fisiologicamente a idade das folhas de um dossel é um procedimento que requer conhecimento fisiológico das plantas, pois existem vários fatores a serem considerados. Assim, para a realização deste trabalho, considerou-se o processo de senescência ou envelhecimento que é um processo de desenvolvimento natural da planta.

Durante o processo de senescência ocorre a translocação dos nutrientes das folhas para as regiões mais ativas do crescimento, envolvendo tanto eventos citológicos quanto bioquímicos, sendo os cloroplastos do mesofilo as primeiras organelas a entrarem no processo de deterioração e de senescência foliar (KERBAUY, 2004). Deste modo, a coleta das folhas foi fundamentada em um critério subjetivo que procurou contemplar folhas em diferentes etapas de desenvolvimento, adotando-se para isso uma coleta direcionada para o início do galho junto à bainha (“maduras”), sua porção intermediária (“intermediárias”) e sua parte final, mais jovem (“jovens” ) (FIGURA 21).



FIGURA 21 – POSIÇÃO EM QUE AS FOLHAS “JOVENS”, “INTERMEDIÁRIAS” E “MADURAS” SE ENCONTRAM NO GALHO DA ESPÉCIE EM ESTUDO.

Fonte: Desenho particular de Frei Jaime Batista Tavares, ofm (2008)

Foram coletadas 50 folhas “jovens”, 50 folhas “intermediárias” e 50 folhas “maduras” para cada espécie estudada, totalizando 150 amostras por espécie.



A coleta das folhas e as medidas radiométricas foram realizadas no período da manhã das 07,00 às 10,00 horas. A escolha do período para realizar a coleta e as medidas é fundamental, devido ao fato de que as plantas com o decorrer do dia apresentam diferenças fisiológicas que pode interferir na caracterização espectral pretendida, como exemplo, sob luz forte os cloroplastos se movem para as superfícies celulares paralelas à luz incidente, de modo a evitar a absorção em excesso. A reordenação dos cloroplastos pode aumentar cerca de 15% a absorção da luz (GORTON *et al.*, 1999).

Para medir a resposta espectral das folhas das espécies estudadas, cada uma das folhas amostradas foi posicionada (FIGURA 22) em um suporte da esfera integradora LICOR 1800, acoplada no SPECTRON SE-590 (FIGURA 23A), de propriedade da Divisão de Sensoriamento Remoto do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). O SPECTRON SE-590 é um espectrorradiômetro portátil para medição em campo e é constituído de duas partes: uma unidade controladora (data-logger/CE-500) e uma unidade detectora (SE-390WB) (STEFFEN, 1996).



FIGURA 22: FOLHA POSICIONADA NA ESFERA INTEGRADORA LICOR 1800.

FONTE: O autor (2008)

O SPECTRON SE-590 mede a radiância refletida pela folha iluminada por uma fonte de luz halógena (FIGURA 23B). Para obter o Fator de Reflectância Direcional Hemisférico (FRDH) (Equação 01, (PINTO, 2000)) é necessário que no início e ao final de cada bateria de medidas radiométricas seja realizada uma medida com a fonte de luz direcionada sob uma superfície isotrópica; geralmente

esta superfície é uma placa revestida com sulfato de bário ( $\text{BaSO}_4$ ) o qual reveste toda a superfície interna da esfera integradora.

$$\text{FRDH} = \left( \frac{R_f}{R_p} \right) \quad (01)$$

Onde,

- $R_f$  = radiância espectral direcional hemisférica da folha; e
- $R_p$  = radiância espectral direcional hemisférica da placa.



FIGURA 23 – (A) ESFERA INTEGRADORA COM A FONTE DE LUZ DIRECIONADA SOBRE A PLACA PADRÃO. (B) ILUMINAÇÃO REFLETIDA PELA FOLHA E ESPALHADA PELA ESFERA INTEGRADORA.

FONTE: O autor (2008)

### 3.2.2.3 Organização e avaliação dos dados espectrais obtidos com o SPECTRON SE-590

A radiância espectral direcional hemisférica das folhas, medida pelo SPECTRON SE-590, deve ser convertida em fator de reflectância direcional hemisférica (FRDH). Neste trabalho foi utilizado um aplicativo desenvolvido no Laboratório de Radiometria do INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais), sendo este denominado ESPECTRO (detalhes em STEFFEN *et al.*, 1993). Para cada espécie estudada foram obtidos 3 arquivos com FRDH, sendo o primeiro

arquivo contendo as informações das 50 folhas “jóvens”, o segundo as informações das 50 folhas “intermediárias” e o terceiro das 50 folhas “maduras”.

Os dados contidos nos arquivos supracitados foram utilizados para gerar gráficos e realizar análises estatísticas com intuito de constatar se há ocorrência de diferenças significativas entre as respostas espectrais das folhas das espécies estudadas, bem como das espécies que se diferem entre se.

Para realizar as análises estatísticas, considerou-se que as bandas espectrais da grande maioria dos sensores cobrem uma faixa relativamente grande do espectro eletromagnético, assim, optou-se a priori, em determinar as médias dos valores de FRDH em faixas (bandas) equivalentes a quatro regiões do espectro eletromagnético, sendo elas: Banda 1, de 450 a 520nm (Azul); Banda 2 de 520 a 600nm (Verde); Banda 3 de 630 a 690nm (Vermelho) e Banda 4 de 760 a 900nm (Infravermelho). A FIGURA 24 mostra as faixas espectrais avaliadas.

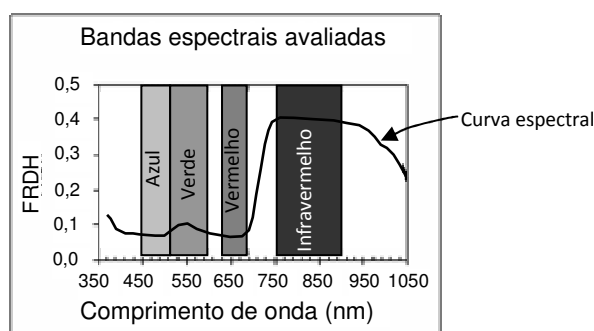


FIGURA 24 – FAIXAS ESPECTRAIS AVALIADAS (BANDA 1, DE 450 A 520 NM (AZUL); BANDA 2, DE 520 A 600 NM (VERDE); BANDA 3, DE 630 A 690 NM (VERMELHO); E BANDA 4, DE 760 A 900 NM (INFRAVERMELHO)).

FONTE: O autor (2008)

Para verificar se o número de amostras coletas foi suficiente, é necessário calcular a suficiência amostral ( $n$ ), para cada espécie estudada, para isso, utiliza-se a média e os desvios-padrão dos fatores de reflectância determinados por faixa espectral (Banda espectral). A suficiência amostral é calculada por meio da seguinte expressão, a saber (COURA, 2005):

$$n = \frac{t^2 * S^2}{((1 - nc) * \bar{x})^2} \quad (02)$$

Onde,

$t$  = valor da tabela *t* de *Student*;

$s^2$  = variância das amostras;

$nc$  = nível de confiança (ex.: 90%,  $1 - nc = 1 - 0,90 = 0,10$ ); e

$\bar{x}$  = média aritmética simples das amostras.

A FIGURA 25 mostra os passos realizados para efetuar o delineamento estatístico dos valores médios de FRDH.

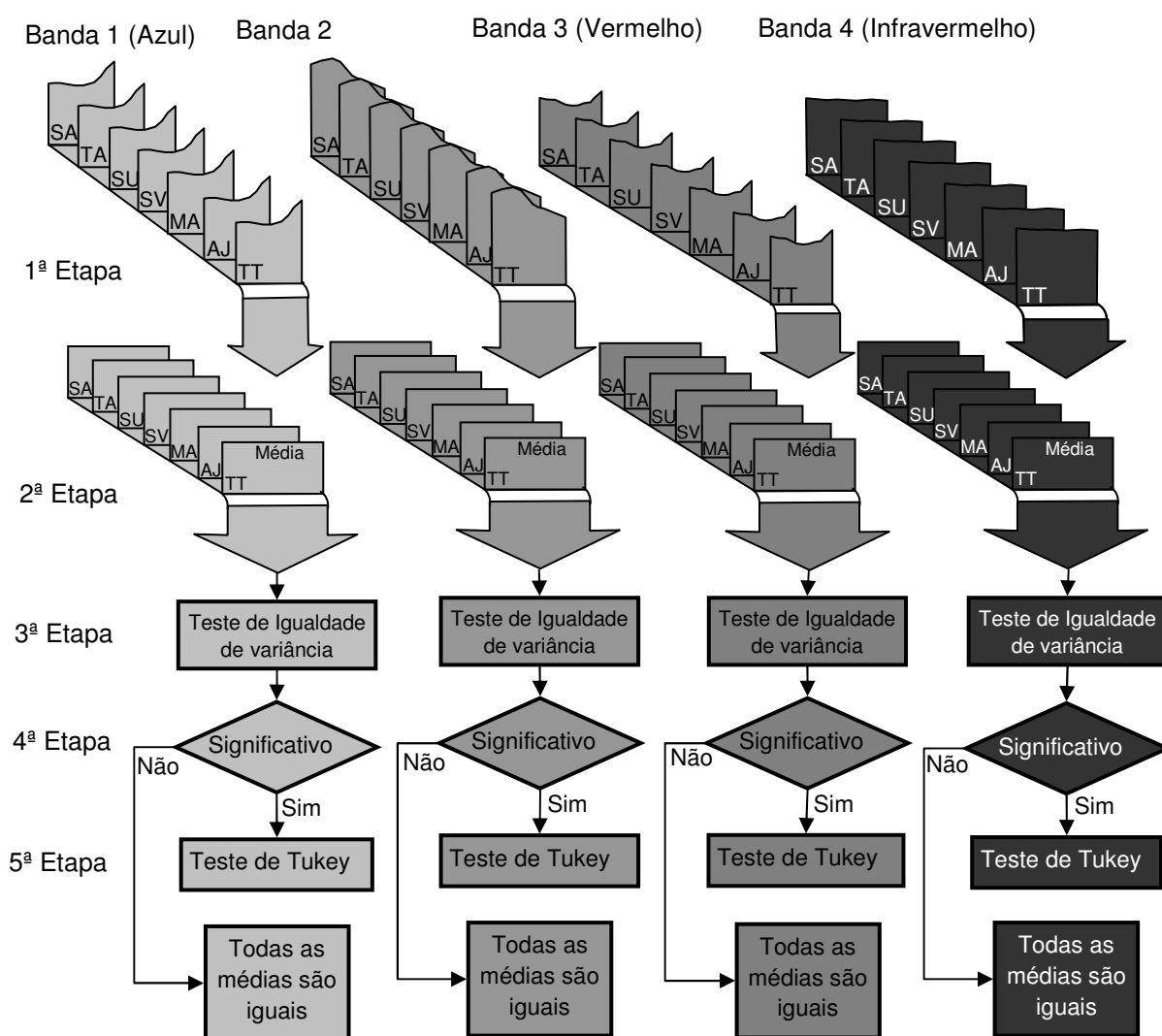


FIGURA 25 – FLUXOGRAMA DOS TESTES ESTATÍSTICOS. ONDE: TT - *Tipuana tipo* (VELL.) MOR. (TIJUANA), AJ - *Ligustrum lucidum* W.T. AITON. (ALFENEIRO-DO-JAPÃO), MA - *Michelia champaca* L. (MAGNÓLIA), SV - *Struthanthus vulgaris* MART., SU - *Struthanthus uraguensis* (H & A), TA - *Tripodanthus acudifolius* (R & PAV.) TIEGH, SA - *Struthanthus* sp..

FONTE: O autor (2008)

De acordo com o fluxograma apresentado na Figura 25 tem-se que:

**1ª Etapa** - Na primeira etapa, os vetores do FRDH foram agrupados em suas respectivas bandas espectrais. No caso da faixa correspondente à banda 1 (por exemplo), os vetores contidos na região que cobre a faixa de 450 a 520 foram separados obtendo-se 3 vetores contendo 50 amostras cada, sendo um representando as folhas jovens, um representando as folhas intermediárias e o outro as folhas maduras. Os três vetores foram agrupados, obtendo um novo vetor com 150 amostras.

**2ª Etapa** – Cálculo do valor médio, variância e desvio padrão de cada vetor.

**3ª Etapa** - Para realizar a análise da variância foi utilizado o aplicativo MSTATC, para o teste de Bartlett (Qui-Quadrado) e o teste *F* de Snedecor com um nível de significância de 5%.

**4ª Etapa** - Quando os resultados obtidos pelo teste Qui-Quadrado e o teste *F* não for significativos, ou seja, quando as variâncias forem iguais, considera-se que todas as médias dos valores de FRHD foram iguais, caso contrário, ou seja, a variância é significativa, aplica-se o teste de Tukey (**5ª Etapa**), utilizando novamente um nível de significância de 5 %, com o objetivo de identificar quais espécies diferiram significativamente entre si.

O teste de Tukey é utilizado quando se deseja comparar todos os pares de médias de *n* populações, adotando-se um único nível de confiança. Assim, o teste consiste em calcular um valor  $\Delta$  (Equação 03 – (GOMES, 1984)), acima do qual a diferença entre duas médias amostrais (em absoluto) é significativamente diferente de zero.

$$\Delta = q \frac{s}{r} \quad (03)$$

Onde:

*q* - é a *amplitude total estudentizada* (obtida em tabela), geralmente ao nível de 5% de probabilidade;

*s* - é a estimativa do desvio padrão;

*r* - é o número de repetições de cada um dos tratamentos.

Cabe ressaltar que os procedimentos aqui descritos foram aplicados na análise das quatro bandas espectrais individualmente.

### 3.2.3 Segunda etapa da metodologia proposta

A FIGURA 26 ilustra o fluxograma das principais atividades desenvolvidas na segunda etapa da metodologia proposta.

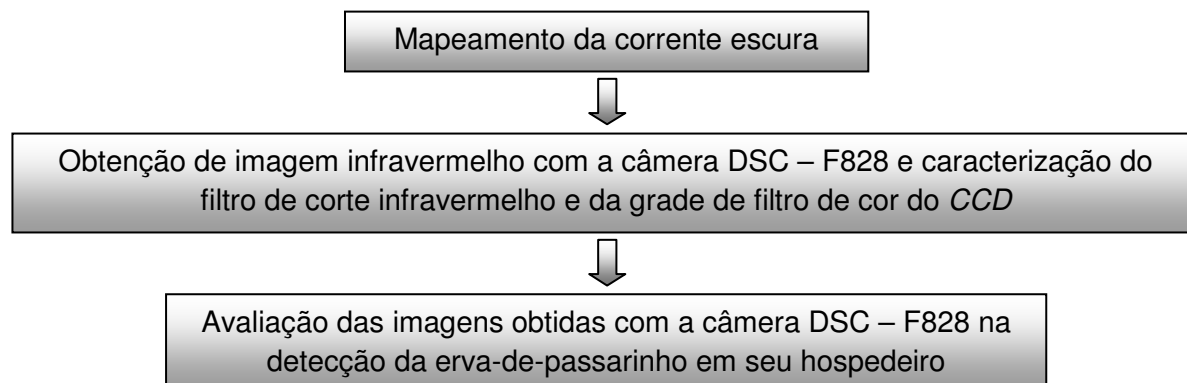


FIGURA 26: FLUXOGRAMA DA SEGUNDA ETAPA DA METODOLOGIA PROPOSTA.

#### 3.2.3.1 Mapeamento da corrente escura

Como retratado no item 2.4.1.1 a corrente escura pode chegar a um nível negligenciável refrigerando o CCD a uma temperatura muito baixa o que não ocorre com o CCD das câmeras digitais convencionais. Segundo Ré (2005), a corrente escura implica em 2 ruídos na imagem, isto é, o ruído de leitura e o ruído espacial.

Considerando que na fotografia analógica a sensibilidade do filme à luz é definida pelo ASA ou ISO, sabe-se que quanto maior o ISO menor a quantidade de luz necessária para sensibilizá-lo e quanto menor o ISO, maior a quantidade de luz necessária para sensibilizá-lo. A numeração é dada, de acordo com o tamanho dos pigmentos fotossensíveis e que a sensibilidade à luz das câmeras digitais de pequeno formato também são denominados ASA ou ISO. Logo, ao mudar a sensibilidade da câmera, a corrente acumulada no CCD pode gerar diferentes valores de níveis de cinza (NC) para cada ISO adotado, provocando alterações no valor de NC introduzido na imagem. Este será maior ou menor de acordo com o ISO estabelecido.

Isso acontece porque nas câmeras digitais de pequeno formato o ISO/ASA define a amplitude de leitura da corrente gerada no CCD. Dessa forma, quanto menor o ISO, maior deverá ser a amplitude da corrente e quanto maior o ISO, menor a amplitude da corrente. Então, ao mudar a sensibilidade da câmera, a

corrente acumulada no *CCD* introduzirá um valor de NC maior quanto maior for o ISO utilizado.

Baseado no trabalho de Ré (2005), para avaliar o efeito do ISO na imagem, propôs adquirir 3 conjuntos de 10 imagens em um ambiente totalmente escuro variando o ISO da câmera em 200, 400 e 800. Para averiguar as variações dos valores introduzidos pelo sistema nas imagens, propôs neste trabalho a confecção de 5 mapas de ruído espacial. O primeiro mapa registrava o valor mínimo encontrado nas 10 imagens, o segundo o valor médio, o terceiro o valor mediano, o quarto o valor da moda e o quinto o valor máximo registrado.

Como os valores digitais eram baixos, os valores de cada banda foram escalonados na escala de 0 a 255. Devido ao fato dos valores menores de NC possuírem maior freqüência, a atribuição dos novos valores foram dados em ordem inversa sendo o 255 atribuído ao 0, e o 0 ao valor máximo encontrado no mapa. Assim, quanto mais clara a imagem, mais próximos de zero estarão os valores introduzidos pelo sistema. Com isto, foi possível avaliar o comportamento dos erros espacial e de leitura do *CCD* acoplado na câmera DSC – F828 proposta para a realização deste estudo.

### 3.2.3.2 Obtenção de imagem infravermelho com a câmera DSC – F828 e caracterização do filtro de corte infravermelho e da grade de filtro de cor do *CCD*

O emprego das câmeras digitais de pequeno formato, geralmente é limitado à obtenção de imagens até a região do infravermelho, pois possui um filtro de corte de comprimento de onda na região especificada. A câmera DSC - F828 (Câmera adquirida com recursos do CNPq – UNIVERSAL Nº 477222/2003-0 do Projeto: Obtenção de Informações Espaciais da Superfície Terrestre a Partir de Par Estereoscópico de Imagens Orbitais de Alta Resolução) além de possuir o filtro de corte, também possui uma função denominada *NightShot* e *NightFraming*, que ao ser ativada, o filtro de corte infravermelho é desabilitado e um feixe de REM infravermelho é emitido pela câmera permitindo obter imagens em locais totalmente escuros.

Considerando a capacidade da câmera supracitada registrar imagem infravermelho com a função *NightShot* e/ou *NightFraming* ativa, propõe-se um estudo sobre a possibilidade de obter imagem infravermelho sem necessariamente

ter que remover o filtro de corte infravermelho acoplado ao sistema de funcionamento da câmera. No caso em estudo, a abertura de saída do feixe de REM infravermelho foi obstruído sendo o sol a única fonte de REM.

Para verificar a potencialidade da câmera em registrar dados na região do infravermelho, primeiramente foi necessário adaptar em sua objetiva um filtro *edge* infravermelho. Como pode ser visto na FIGURA 27, o filtro utilizado é quadrado e por isso foi desenvolvido um sistema de adaptação. Mediante a necessidade de um dispositivo leve e resistente, propôs o uso do alumínio como matéria prima para a sua confecção (ANEXO 01).



FIGURA 27: FILTRO *EDGE* INFRAVERMELHO. ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS NO ANEXO 02.

FONTE: O autor (2008)

Com o dispositivo implementado, propôs a tomada de imagens em campo com as seguintes características:

- Funções *NightShot* e *NightFraming* desativadas com e sem o filtro *edge* infravermelho;
- Função *NightShot* ativadas com o filtro passa banda infravermelho; e
- Função *NightFraming* ativadas com o filtro passa banda infravermelho.

Com este conjunto de imagens pôde-se gerar uma imagem falsa cor, onde as bandas RGB representam as bandas  $R_{infrav}$   $R_{normal}$   $G_{normal}$ , respectivamente. Neste trabalho foi proposto o uso do equipamento Beckman UV – *VISIBLE SPECTROPHOTOMETER* do Laboratório de Propriedades Ópticas do Departamento de Física da Universidade Federal do Paraná (FIGURA 28), para identificar a região de atuação do filtro de corte infravermelho da câmera. Este



equipamento é capaz de emitir um fluxo de luz monocromático dentro da faixa espectral entre 350 a 1000 nm, sendo a largura espectral do feixe emitido regulável e com precisão ao décimo de nm.

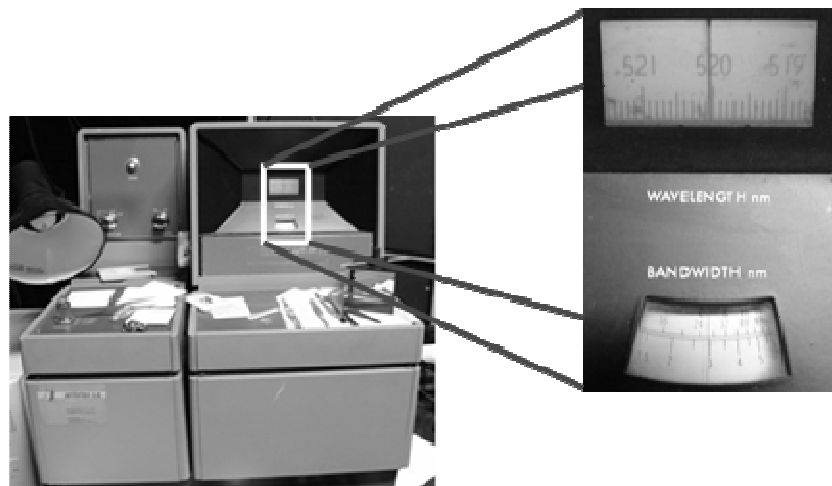


FIGURA 28 – BECKMAN UV – VISIBLE SPECTROPHOTOMETER.

FONTE: O autor (2008)

O fluxo de radiação eletromagnético (REM) emitido por este equipamento foi focalizado dentro de uma esfera integradora (modelo 2500 - pertencente ao Laboratório de Propriedades Ópticas do Departamento de Física da Universidade Federal do Paraná) (FIGURA 29). A superfície interna das esferas integradoras geralmente é revestida por uma substância denominada sulfato de bário ( $BaSO_4$ ), que teoricamente, possui a propriedade de refletir 100% de toda REM sobre ela incidente, sendo esta ainda considerada uma superfície isotrópica, ou seja, a REM é refletida homoganeamente.

Para evitar que a câmera registre valores diferentes do emitido pelo equipamento (advindos da interferência de fontes externa), foram confeccionadas aberturas em caixas de papelão com o interior pintado com tinta cor preto fosco. Uma abertura para a objetiva da câmera e outra para a esfera integradora, sendo estas perfeitamente encaixadas em ambas as aberturas (FIGURA 29).

Para evitar erros de segunda ordem (interferência do espectro de segunda ordem do espectrofotômetro), ou seja, evitar erros sistemáticos do equipamento foi usado filtros *edge* na abertura de entrada da esfera integradora, sendo estes o filtro FCG067SP utilizado na aquisição das imagens de 405 até 550 nm, o FGC-162.SP

de 550 até 750 nm e o FCG1.SP de 550 até 1000 nm. As curvas espectrais desses filtros podem ser vistas no ANEXO 02.

Como o diâmetro das aberturas de entrada e saída de REM da esfera integradora é pequeno ( $\varnothing = 3,16$  cm), somente uma pequena área do *CCD* foi sensibilizada pelo feixe de REM. A área que engloba a parte sensibilizada pela REM foi recortada, para evitar que a área não sensibilizada refletisse sobre a análise dos resultados.

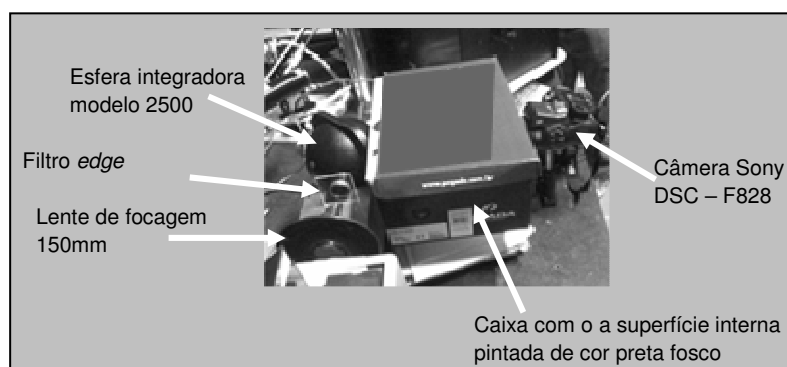


FIGURA 29: MONTAGEM DO SISTEMA PARA A OBTENÇÃO DOS DADOS PARA AVERIGUAR A REGIÃO DE ATUAÇÃO DO FILTRO DE CORTE INFRAVERMELHO, ASSIM COMO DA GRADE DE FILTRO DE COR DO *CCD*.

FONTE: O autor (2008)

A partir de um gráfico (NC x Freqüência) foi possível verificar quais bandas foram sensibilizadas por um determinado comprimento de onda do espectro eletromagnético, e conseqüentemente pôde-se determinar qual região do espectro eletromagnético o filtro de corte infravermelho permite sensibilizar o *CCD* e se quando as funções *NightShot* e *NightFraming* estavam ativadas, essa região foi ultrapassada assim como determinar a função dos filtros que compõe a grade de filtro de cor do *CCD*.

### 3.2.3.3 Avaliação das imagens obtidas com a câmera DSC - F828 na detecção da erva-de-passarinho em seu hospedeiro

Com o intuito de verificar a potencialidade do uso da câmera DSC - F828 no estudo da vegetação, foram realizados testes em campo e em laboratório. Nesta etapa do método proposto, o objetivo foi avaliar a resposta espectral registrada nas imagens obtidas com a câmera DSC - F828 com as funções *NightShot* e

*NightFraming* desativadas com e sem o filtro *edge* infravermelho acoplado em sua objetiva.

Neste caso, foram separadas 3 amostras de 150x150 pixels na região sensibilizada pela radiação refletida pela erva-de-passarinho e 3 amostras de mesma dimensão, representando a hospedeira nas bandas RGB e na  $R_{IR}$  e foram representados em um gráfico os valores médios do NC da banda RGB e  $R_{IR}$ , das representativas amostras de cada espécie.

Assim, foi possível avaliar se a REM refletida pela erva-de-passarinho e pela sua hospedeira correspondem aos resultados obtidos das análises dos FRDH das folhas isoladas, medidas com o *SPECTRON SE-590*. Os valores aqui expressos são valores digitais e não valores físicos, pois não foi possível realizar a calibração radiométrica da câmera. A seguir serão apresentados os resultados e discussão dos dados obtidos com o emprego da metodologia proposta.

## CAPÍTULO IV

### 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo serão apresentadas as análises e discussões dos resultados obtidos com os experimentos propostos na primeira e na segunda etapa da metodologia (capítulo III).

#### 4.1 ANÁLISE DO PADRÃO DE COLONIZAÇÃO DA ERVA-DE-PASSARINHO

Em campo foram observados os danos causados pela erva-de-passarinho em seu hospedeiro, tais como o apodrecimento do tronco, morte por asfixia, dentre outros conforme descrito por Rotta (2001) e Leal *et al.* (2006).

Dentre os efeitos apresentados nas hospedeiras constatou-se a morte de 3 árvores, causado pelo alto grau de infestação da erva-de-passarinho, além de 8 árvores com aproximadamente 95% de sua copa tomada pela praga estudada (FIGURA 30).

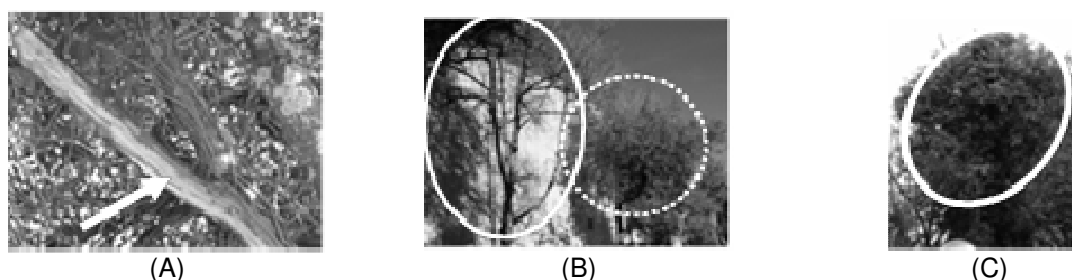


FIGURA 30: (A) APODRECIMENTO DO TRONCO PROVOCADO PELA AÇÃO DA ERVA-DE-PASSARINHO. (B) À ESQUERDA ÁRVORE MORTA PELO ALTO ÍNDICE DE INFESTAÇÃO DA ERVA-DE-PASSARINHO, À DIREITA, ÁRVORE TOMADA PELA ERVA-DE-PASSARINHO. (C) ÁRVORE TOMADA PELA ERVA-DE-PASSARINHO.

FONTE: O autor (2008)

Com o objetivo de verificar se o padrão de colonização da praga favorece ou dificulta localizá-la em sua hospedeira com uso de imagens, foi observado durante as visitas a campo as formas de colonização das 4 (quatro) espécies de erva-de-passarinho estudadas em seu hospedeiro.

Pelas observações em campo, notou-se que as espécies da erva-de-passarinho possuem padrão de colonização distinta entre si e algumas espécies apresentam padrão de colonização diferente dentre si mesmas. A variação do

padrão de colonização de uma espécie pode estar relacionada com a arquitetura do dossel de sua hospedeira. Dependendo da estrutura e da distribuição das folhas da hospedeira, pode haver maior ou menor quantidade de luz dentro de sua copa influenciando no padrão de colonização da erva-de-passarinho. Para melhor entender o padrão de colonização da erva-de-passarinho, segue uma descrição de cada uma das espécies aqui estuda.

***Struthanthus* sp.** – Ocupa sua hospedeira em forma de aglomerados, dando um aspecto de “novelo” envolvendo o tronco da hospedeira. Por possuir essa característica, em geral, o tamanho de seus galhos fica limitado em torno de 1 m de comprimento. Um exemplo desse tipo de hospedeiro e forma de ataque pode ser observado na FIGURA 31.



FIGURA 31: PADRÃO DE COLONIZAÇÃO DA *Struthanthus* sp. EM SUA HOSPEDEIRA *Tipuana Tipu* (Vell.) Mor.

FONTE: O autor (2008)

A posição em que ela se fixa no tronco varia de acordo com o tipo de dossel da hospedeira. Essa variação está relacionada à quantidade de luz dentro do dossel. A quantidade de luz é determinada pelo tipo de folha, forma de distribuição das folhas nos galhos e espaçamento entre elas. Em espécies com muita luminosidade dentro de sua copa, a *Struthanthus* sp. tende a permanecer nos galhos mais grossos, portanto, possui um comportamento menos agressivo à sua hospedeira.

Quando a hospedeira possui pouca luminosidade dentro de sua copa a *Struthanthus* sp., em busca de luz, procura se aglomerar nas pontas dos galhos. Para evitar futuras competições de luz, ela mata a guia do galho onde está instalada e procura ocupar todos os galhos vizinhos. Com isso ela ocupa toda a parte superior da planta causando sua morte por asfixia. Esse comportamento pode ser observado na FIGURA 32.



FIGURA 32: PADRÃO DE COLONIZAÇÃO DA *Struthanthus* sp. EM SUA HOSPEDEIRA *Michelia champaca* L. (Magnólia).

FONTE: O autor (2008)

Cabe ressaltar que a principal forma de propagação da erva-de-passarinho é realizada pelos pássaros frugívoros, sendo um dos fatores que determinam a posição em que a praga inicialmente irá se instalar na hospedeira. Assim, após a sua germinação, a praga inicia a disputa com a hospedeira pela luz, fazendo com que nas hospedeiras com pouca luz no interior de seu dossel a praga ocupe as pontas das galhas vindo a matar a hospedeira por asfixia.

***Struthanthus uraguensis* (H & A)** – Possui padrão de colonização bem distinta das demais. Ela ocupa as pontas dos galhos se aglomerando e formando um emaranhado de “linhas”. Para evitar a disputa de luz com sua hospedeira, seu caule (na forma de cipó) mata a guia do galho onde se encontra. Graças à forma de seu caule, a *Struthanthus uraguensis* pode se expandir alastrando-se por toda a parte superior da copa de sua hospedeira matando-a por asfixia. Suas folhas são pequenas, planas, rígidas e espessas permitindo um maior acúmulo de água. Essas características podem ser observadas na FIGURA 33.

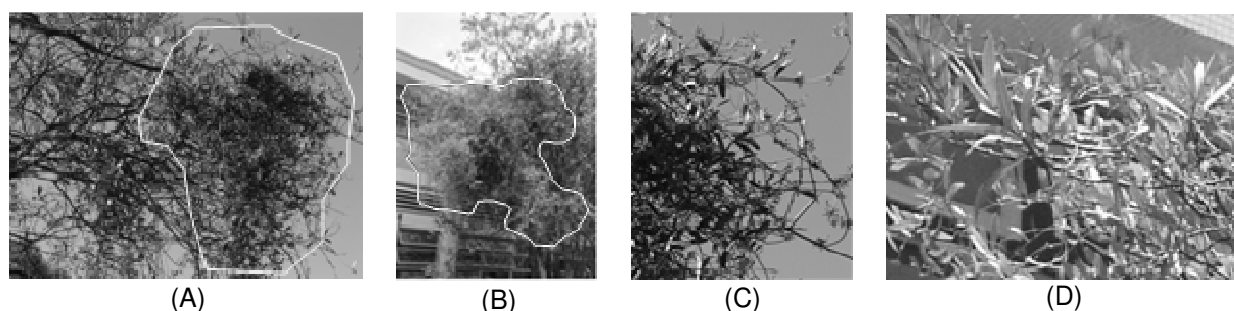


FIGURA 33: PADRÃO DE COLONIZAÇÃO DA *Struthanthus uraguensis* (H & A) EM SUA HOSPEDEIRA (ARBUSTO). (A E B) *Struthanthus uraguensis* (H & A) NA PONTA DO GALHO DE UM ARBUSTO. (C E D) DETALHE DE SUA FORMA ANATÔMICA.

FONTE: O autor (2008)

***Struthanthus vulgaris* Mart.** (FIGURA 34) – Tem padrão de colonização similar ao da *Struthanthus* sp. (FIGURA 32A). Por isso, ambas podem ser confundidas. Apesar de apresentarem características similares, suas folhas possibilitam a diferenciação, uma vez que as folhas da *Struthanthus vulgaris* Mart. são mais espessas e mais arredondadas. Outra diferença constatada está relacionada à sua forma de crescimento.

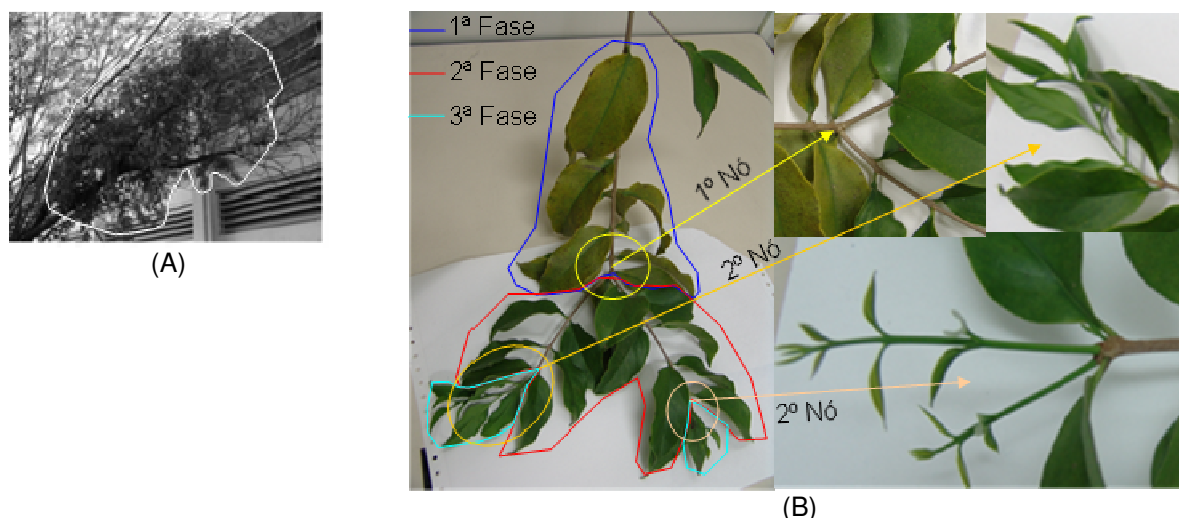


FIGURA 34: PADRÃO DE COLONIZAÇÃO DA *Struthanthus vulgaris* MART. (H & A) EM SUA HOSPEDEIRA (ARBUSTO). (A) *Struthanthus vulgaris* MART. (H & A) NA GALHA DE UM ARBUSTO. (B) DETALHE DE SUA FORMA ANATÔMICA.

FONTE: O autor (2008)

Analisando a FIGURA 34B verifica-se que:

- Cada fase de seu crescimento a *Struthanthus vulgaris* Mart produz um nó em seus galhos, nessa também, se pode observar que há diferenças bem marcantes na coloração das folhas pertencentes a cada uma das fases do crescimento, sendo as folhas da sua primeira fase mais amareladas, fenômeno que pode ser explicado pelo processo de senescência foliar.

***Tripodanthus acudifolius* (R & Pav.) Tiegh** – Possui padrão de colonização bem distinto das demais espécies aqui estudadas. O caule que a sustenta no tronco das árvores se alastram, em alguns casos chega até ao solo. Seus galhos possuem forma de cipó ficando pendurados dentre a copa de sua hospedeira e também podem se alastrar por toda a copa em busca de sua parte superior

(FIGURA 35A). Seus galhos podem atingir mais de 5 m, o que possibilita a ocupação de árvores vizinhas à sua hospedeira.

Seu padrão de colonização dificulta localizá-la em espécies arbóreas perenes como, por exemplo, o *Ligustrum lucidum* W.T. Aiton. (alfeneiro-do-japão) (FIGURA 35B). Já em espécies decíduas tal como a *Tipuana tipo*, a erva-de-passarinho se destaca, como pode ser visto na FIGURA 35C.

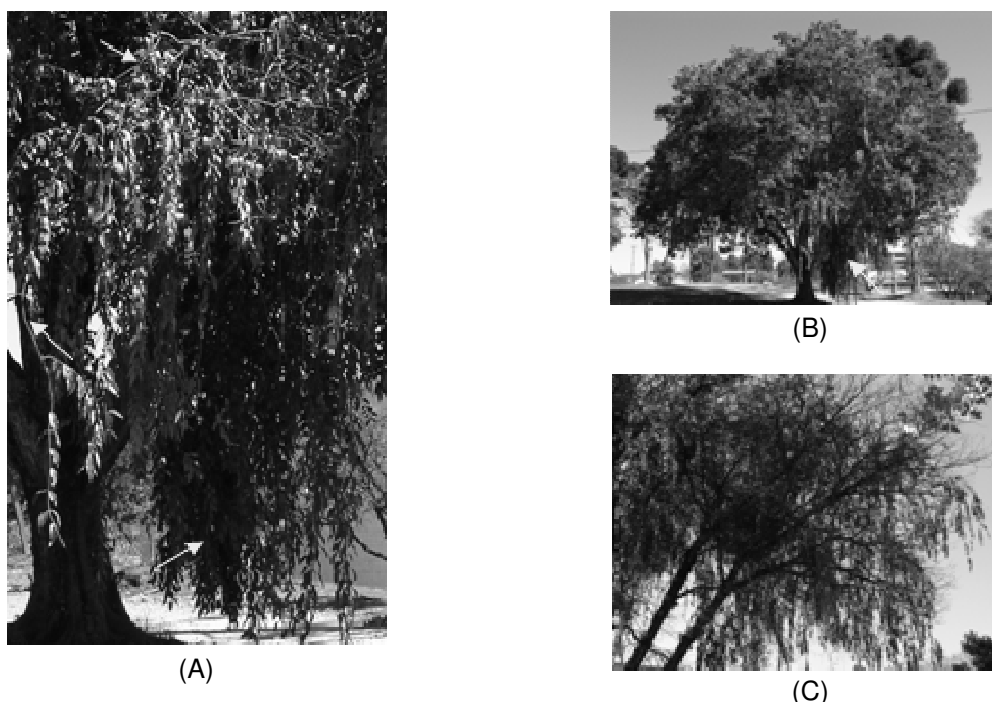


FIGURA 35: PADRÃO DE COLONIZAÇÃO DA *Tripodanthus acudifolius* (R & PAV.) TIEGH EM SUA HOSPEDEIRA.

FONTE: O autor (2008)

Na FIGURA 35A, as setas indicam os galhos da *Tripodanthus acudifolius* (R & Pav.) tiegh dentro e fora da copa de um *Ligustrum lucidum* w.t. aiton. (alfeneiro-do-japão). Na FIGURA 35B um *Ligustrum lucidum* w.t. aiton. (alfeneiro-do-japão) visto de longe. Essa árvore está totalmente tomada pela erva-de-passarinho, porém à distância não é possível perceber a sua presença. A FIGURA 35C mostra a *Tripodanthus acudifolius* (R & Pav.) tiegh parasitando uma *Tipuana tipo* (vell.) mor.. Note que, devido ao fato desta perder suas folhas a erva-de-passarinho fica bem destacada favorecendo a sua detecção e localização na hospedeira.

A seguir serão apresentadas as análises e discussões dos resultados obtidos com o emprego do SPECTRON SE-590.



#### 4.2 ANÁLISE DAS MEDIDAS RADIOMÉTRICAS OBTIDAS COM O SPECTRON SE-590

Cada uma das folhas amostradas foi posicionada no suporte da esfera integradora LICOR 1800 e foi realizada leituras de 252 faixas espectrais situadas entre os comprimentos de onda de 368,4 a 1113,7 nm do espectro eletromagnético (FIGURA 36A e 36B).

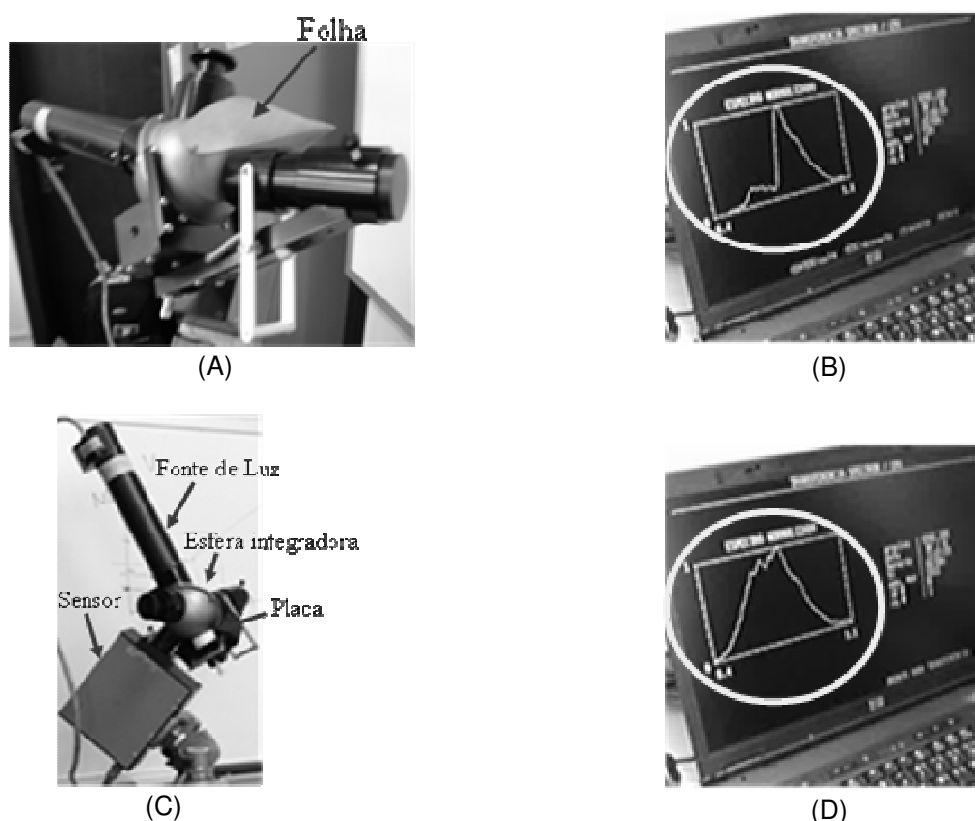
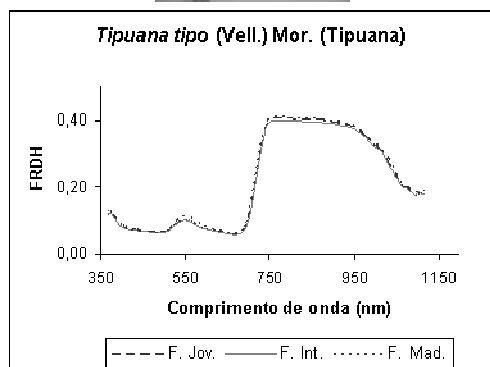


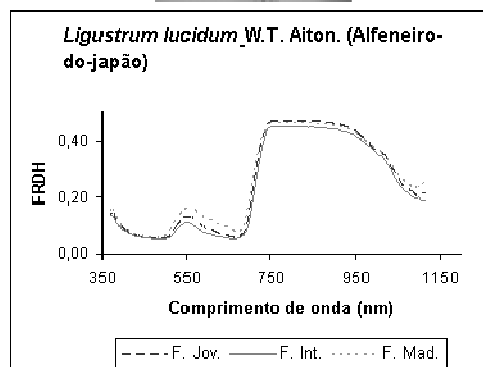
FIGURA 36 – (A) FOLHA PRESA NO SUPORTE DA ESFERA INTEGRADORA COM A FONTE DE LUZ INCIDINDO SOBRE ELA. (B) FIGURA APRESENTANDO O GRÁFICO DA RADIÂNCIA ESPECTRAL HEMISFÉRICA DA FOLHA. (C) ESFERA INTEGRADORA COM A FONTE DE LUZ DIRECIONADA SOBRE A PLACA PADRÃO. (D) FIGURA APRESENTANDO O GRÁFICO QUE REPRESENTA A RADIÂNCIA ESPECTRAL HEMISFÉRICA DA PLACA.

FONTE: O autor (2008)

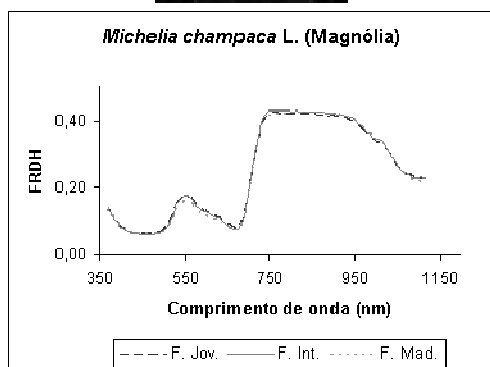
Para cada bateria de 50 folhas foram realizadas uma leitura no início e outra no final das medidas radiométricas com a fonte de luz direcionada sobre uma placa de referência de sulfato de bário ( $BaSO_4$ ), que reveste toda a superfície interna da esfera integradora (FIGURA 36C e 36D), sendo estas utilizadas para calcular o FRDH conforme equação 01.



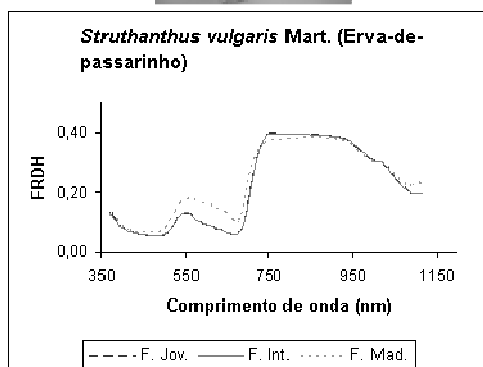
(A)



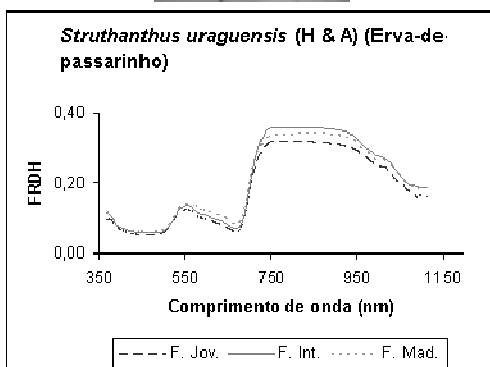
(B)



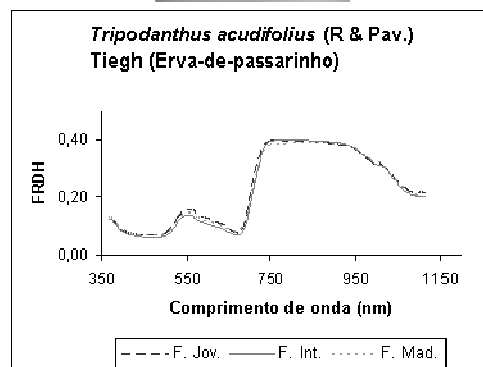
(C)



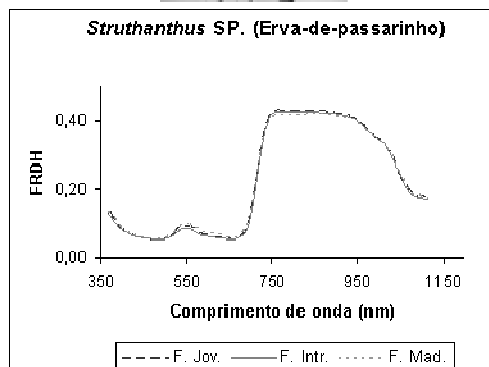
(D)



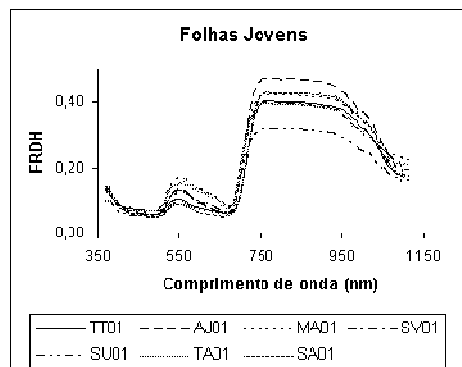
(E)



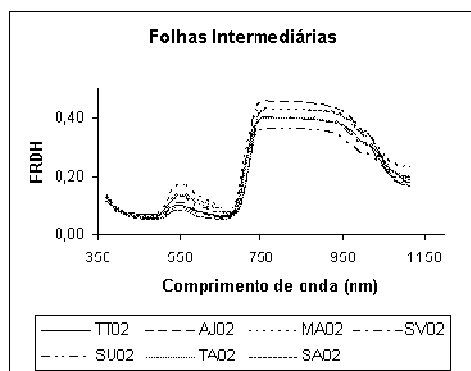
(F)



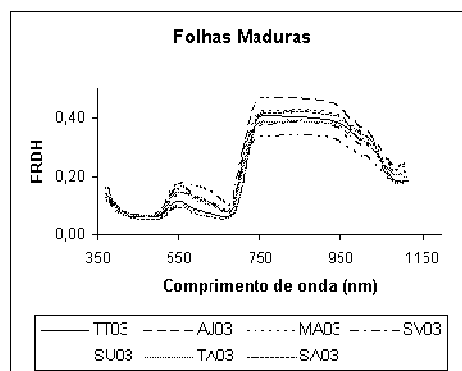
(G)



(H)



(I)



(J)

FIGURA 37: (A, B, C, D, E, F, G,) GRÁFICO REPRESENTANDO O FRDH DAS FOLHAS “JOVENS”, “INTERMEDIÁRIAS” E “MADURAS”; (H, I, J) GRÁFICOS REPRESENTANDO O FRDH DAS FOLHAS JOVENS (XX01), INTERMEDIÁRIAS (XX02) E MADURAS (XX03), ONDE AS DUAS PRIMEIRAS LETRAS É A SIGLA ADOTADA PARA DESIGNAR A ESPÉCIE E AS OUTRAS DUAS LETRAS SEGUIDA SÃO SUBSTITUÍDA PELA SIGLA DO NÚMERO QUE INDICA A IDADE DA FOLHA SEDO TTXX - *Tipuana tipo* (VELL.) MOR. (TIPUANA), AJXX - *Ligustrum lucidum* W.T. AITON. (ALFENEIRO-DO-JAPÃO), MAXX - *Michelia champaca* L. (MAGNÓLIA), SVXX - *Struthanthus vulgaris* MART., SUXX - *Struthanthus uraguensis* (H & A), TAXX - *Tripodanthus acudifolius* (R & PAV.) TIEGH, SAXX - *Struthanthus SP.*.

FONTE: O autor (2008)

Após o cálculo dos FRDH, foram calculadas a média e o desvio padrão do FRDH para cada grupo de idade das espécies estudadas. Para avaliar as discrepâncias entre as respostas espectrais dos três conjuntos de folhas coletadas de cada espécie foram gerados gráficos  $\lambda$  (comprimento de onda) x FRDH. Os gráficos obtidos podem ser observados na FIGURA 37.

Ao analisar os gráficos expostos na FIGURA 37, nota-se que:

- Todas as espécies apresentam diferenças entre a resposta espectral das folhas “jovens”, “intermediárias” e “maduras”. Em alguns casos as diferenças são mais acentuadas em outros menos;
- As espécies que apresentaram maiores diferenças entre os FRDH das folhas “jovens”, “intermediárias” e “maduras”, são as representadas na FIGURA 37B (*Ligustrum lucidum* W.T. Aiton. (alfeneiro-do-japão)), 37D (*Struthanthus vulgaris* Mart.) e 37E (*Struthanthus uraguensis* (H & A));
- Essas diferenças ocorrem tanto na região do espectro do visível quanto na do infravermelho próximo. Porém, as folhas maduras da *Ligustrum lucidum* W.T. Aiton. (alfeneiro-do-japão) (FIGURA 37B) e da *Struthanthus vulgaris* Mart. (FIGURA 37D) apresentaram diferenças na região compreendida entre 500 a 700 nm;

A FIGURA 38 apresenta os 3 (três) grupos de folhas das espécies *Ligustrum lucidum* W.T. Aiton. (alfeneiro-do-japão) e *Struthanthus vulgaris* Mart.



FIGURA 38 – DETALHES DAS AMOSTRAS DA *Ligustrum lucidum* W.T. AITON. (ALFENEIRO-DO-JAPÃO) E *Struthanthus vulgaris* MART.

FONTE: O autor (2008)

Ao analisar a FIGURA 38 nota-se que as folhas maduras apresentaram uma coloração mais amarelada, o que indica a possibilidade dessas estarem em processo de senescência foliar, pois segundo Raven (2007), durante este processo de senescência foliar ocorre a translocação dos nutrientes dessas folhas para as

regiões mais ativas do crescimento, sendo os cloroplastos do mesófilo as primeiras organelas a entrarem no processo de deterioração e de senescência foliar, desencadeado a degradação da clorofila e conseqüente perda da cor verde, sendo a coloração amarela-avermelhada resultante da presença de carotenóides, antes mascarados pela clorofila.

- Já a *Struthanthus uraguensis* (H & A) (FIGURA 37E) apresenta maior diferença na região entre 740 – 950 nm região correspondente à faixa do infravermelho próximo indicando que há diferenças da estrutura celular das folhas “jovens”, “intermediárias” e “maduras”, pois segundo Gates (1965) a reflectância na faixa do infravermelho próximo está em função das células foliares, bem como dos espaços intercelulares e que as células largas das folhas maduras se aglomeram reduzindo o espaço intercelular e conseqüentemente reduzindo a reflectância. Assim, as folhas “jovens” por refletirem menos REM infravermelho do que as folhas maduras podem ser constituídas por uma estrutura mais compacta do que as folhas maduras.
- A *Tipuana tipo* (Vell.) Mor. (Tipuana) (FIGURA 37A) é a espécie que apresentou menor diferença de FRDH.
- As FIGURAS 37H, 37I e 37J foram confeccionadas com o intuito de averiguar visualmente se existiam diferenças entre os valores de FRDH, no conjunto de folhas “jovens”, “intermediárias” e “maduras” das espécies; através das quais pode-se observar que algumas espécies se diferem espectralmente umas das outras, sendo que na faixa espectral do visível a *Michelia champaca* L. (Magnólia) e a *Struthanthus* sp. são as que apresentam maiores diferenças e na região do infravermelho, a *Ligustrum lucidum* W.T. Aiton. (alfeneiro-do-japão) e a *Struthanthus uraguensis* (H & A) sendo estas as espécies mais prováveis de possuírem diferenças espectrais significativas.

Para uma avaliação mais adequada, os FRDH foram submetidos às análises estatísticas, sendo seus resultados discutidos posteriormente.

### 4.3 ANÁLISE DE SUFICIÊNCIA AMOSTRAL

Para averiguar se a quantidade de amostras coletadas foi suficiente, foi calculada, por meio da EQUAÇÃO 02, a suficiência amostral (n), considerando a população infinita e nível de confiança de 90%.

O teste foi aplicado individualmente nas quatro bandas espectrais (Azul (450 a 520nm); Verde (520 a 600nm); Vermelho (630 a 690nm) e Infravermelho (760 a 900nm)) de cada espécie. Considerando que em campo ao obter uma imagem está registrando dados dos três grupos de folhas ao mesmo tempo, optou-se em organizar os 3 (três) grupos em uma única amostra, assim, cada faixa espectral avaliada foi constituída por 150 repetições onde 50 representam as folhas “jóvens”, 50 as “intermediárias” e 50 as “maduras”. Os resultados aqui obtidos estão apresentados na TABELA 02.

TABELA 02 – TABELA APRESENTANDO O VALOR MÉDIO, O DESVIO PADRÃO E A SUFICIÊNCIA AMOSTRAL (n=150) DAS ERVAS-DE-PASSARINHO E DE SUAS HOSPEDEIRAS.				
FONTE: O autor (2008)				
Espécie	Banda	Média	Desvio-padrão	Suficiência Amostral
TT	Azul	0,070	0,008	4
	Verde	0,095	0,014	7
	Vermelho	0,066	0,010	7
	Infravermelho	0,400	0,022	1
AJ	Azul	0,062	0,008	5
	Verde	0,117	0,038	28
	Vermelho	0,073	0,031	49
	Infravermelho	0,460	0,018	1
MA	Azul	0,072	0,020	22
	Verde	0,148	0,063	49
	Vermelho	0,092	0,041	55
	Infravermelho	0,423	0,021	1
SV	Azul	0,067	0,009	6
	Verde	0,131	0,030	15
	Vermelho	0,087	0,030	34
	Infravermelho	0,389	0,018	1
SU	Azul	0,062	0,010	7
	Verde	0,120	0,022	10
	Vermelho	0,082	0,019	15

	Infravermelho	0,338	0,047	6
TA	Azul	0,074	0,008	4
	Verde	0,133	0,028	13
	Vermelho	0,089	0,018	12
	Infravermelho	0,393	0,024	1
SA	Azul	0,057	0,004	2
	Verde	0,081	0,012	6
	Vermelho	0,061	0,006	3
	Infravermelho	0,424	0,019	1
ONDE: TT - <i>Tipuana tipo</i> (VELL.) MOR. (TIPUANA), AJ - <i>Ligustrum lucidum</i> W.T. AITON. (ALFENEIRO-DO-JAPÃO), MA - <i>Michelia champaca</i> L. (MAGNÓLIA), SV - <i>Struthanthus vulgaris</i> MART., SU - <i>Struthanthus uraguensis</i> (H & A), TA - <i>Tripodanthus acudifolius</i> (R & PAV.) TIEGH, SA - <i>Struthanthus</i> sp..				

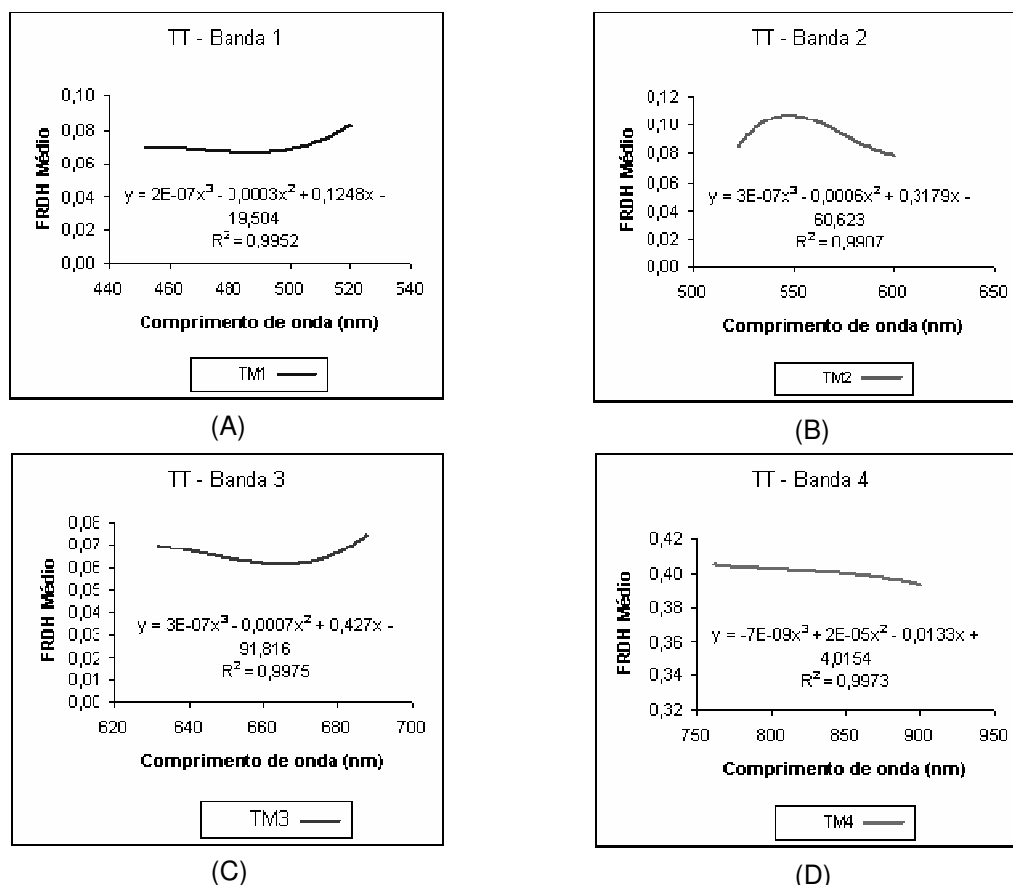
Conforme os valores apresentados na TABELA 03, o número de amostras coletadas para o estudo ( $n = 150$ ) foram suficiente, para atingir um nível de confiança de 90%, não havendo necessidade de efetuar novas medidas para o desenvolvimento do trabalho.

Analisando a EQUAÇÃO 02, nota-se que depois de fixados os valores tabelados, o número de amostras para descrever um dado evento é dado pela razão entre a variância e a média, sendo que quanto menor for a variância e maior a média, menor é o número de amostras necessárias para representar um dado conjunto, sendo esta observação constatada na TABELA 03.

#### 4.4 DELINEAMENTO ESTATÍSTICO DOS FRDH

A análise visual das FIGURAS 37H, 37I e 37J mostra que existem espécies com valores de FRDH distintos umas das outras, indicando a possibilidade de separação espectral entre as espécies. Com o objetivo de averiguar as espécies que são estatisticamente diferentes, seguiu-se o delineamento conforme apresentada na FIGURA 25.

Na primeira etapa os dados correspondentes a cada banda analisada foram separados, obtendo-se, para a banda uma faixa contendo 150 repetições. Após esta etapa, os valores médios de cada vetor e suas respectivas funções foram representados em um diagrama de dispersão (FIGURA 39).



A FIGURA 39: DIAGRAMA DE DISPERSÃO DAS BANDAS: (39A) – 1 (AZUL), (39B) – 2 (VERDE), (39C) – 3 (VERMELHO) E (39D) – 4 (INFRAVERMELHO) DOS FRDH DA TT E SUAS RESPECTIVAS FUNÇÕES. O DIAGRAMA DE DISPERSÃO COM SUAS RESPECTIVAS FUNÇÕES PARA AS DEMAIS ESPÉCIES ESTUDADAS ESTÃO REPRESENTADOS NO ANEXO 3. ONDE: TT – *Tipuana tipos* (VELL) MOR.

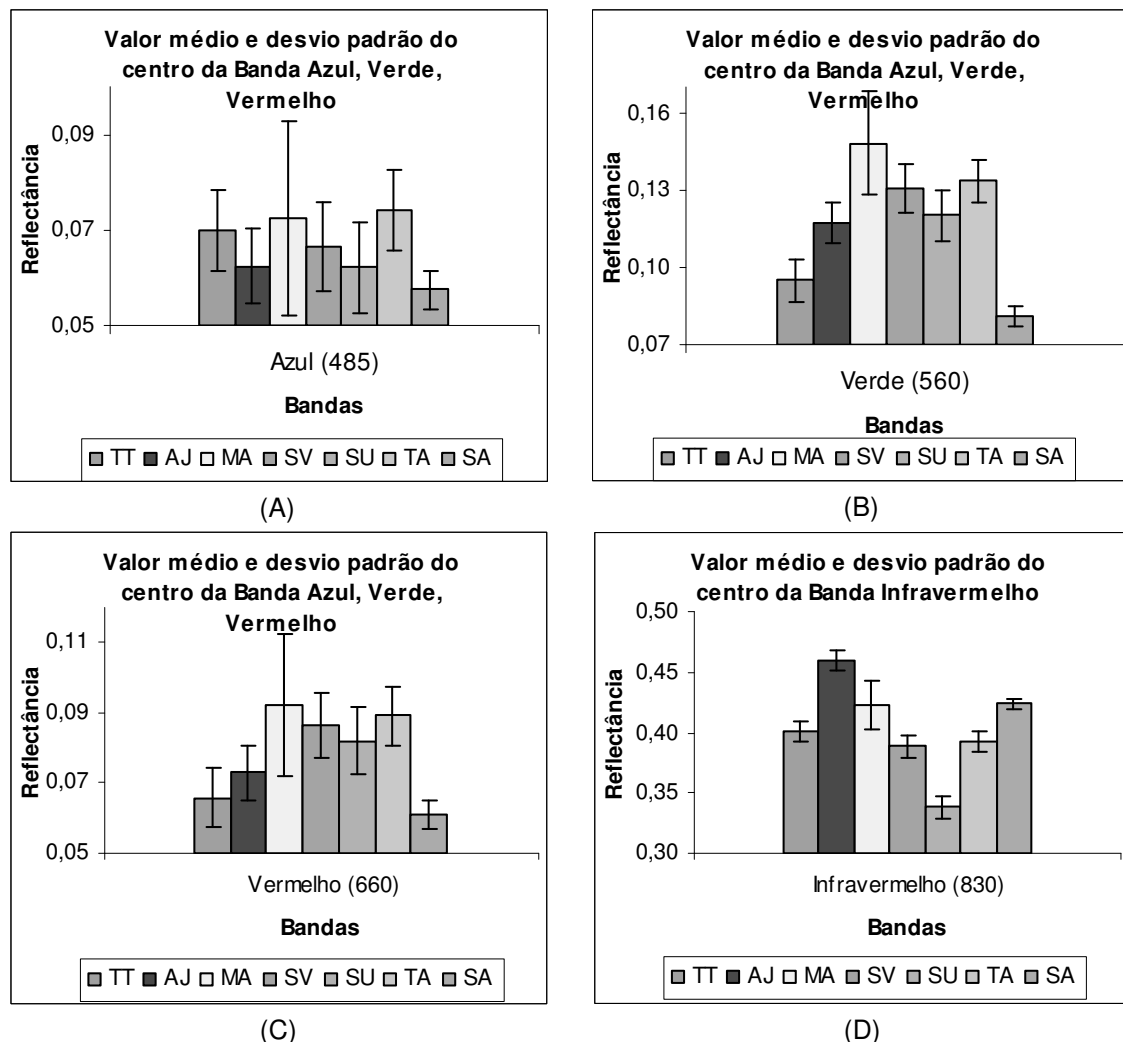
FONTE: O autor (2008)

Considerando que o valor registrado na imagem corresponde ao valor médio da faixa correspondente a uma dada banda espectral, após a confecção dos gráficos supracitados, calculou-se o valor médio e o desvio padrão do FRDH das 150 repetições correspondentes ao valor central das bandas espectrais para cada espécie estudada. Os valores obtidos foram representados em gráficos (FIGURA 40) através dos quais pôde constatar as espécies com maior probabilidade de se diferirem estatisticamente uma das outras.

Ao analisar os gráficos expostos na FIGURA 40, constatou-se que na banda do azul as espécies com maior probabilidade de se diferirem estatisticamente uma das outras são a TT da SA (TT - SA) e a TA – SA. Na banda do verde a TT – AJ, TT – MA, TT – SV, TT – SU, TT – TA, TT – SA, AJ – MA, AJ – SA, MA – SA, SV – SA, SU – SA, TA – SA. Na banda do vermelho a TT – SV, TT – TA, AJ – SV, AJ – TA,



AJ – SA, MA – SA, SV – SA, SU – SA, TA – SA. Na banda do infravermelho a TT – AJ, TT – SU, TT – SA, AJ – MA, AJ – SV, AJ – SU, AJ – TA, AJ – SA, MA – SV, MA – SU, MA – TA, SV – SU, SV – SA, SU – TA, SU – SA, TA – SA.



A FIGURA 40: (40A) REPRESENTA O VALOR MÉDIO E O DESVIO PADRÃO DO FRDH DA BANDA DO AZUL CORRESPONDENTE AS ESPÉCIE ESTUDADA, A (40B) OS VALORES DA BANDA VERDE; A (40C) DA BANDA DO VERMELHO E A (40D) DA BANDA INFRAVERMELHO. ONDE: TT - *Tipuana tipo* (VELL.) MOR. (TIPUANA), AJ - *Ligustrum lucidum* W.T. AITON. (ALFENEIRO-DO-JAPÃO), MA - *Michelia champaca* L. (MAGNÓLIA), SV - *Struthanthus vulgaris* MART., SU - *Struthanthus uraguensis* (H & A), TA - *Tripodanthus acudifolius* (R & PAV.) TIEGH, SA - *Struthanthus* sp..

FONTE: O autor (2008)

Finda a etapa da organização dos dados e análise visual, foi aplicado o teste de Bartlett (Qui-quadrado) para verificar a relação entre as variáveis de classificação. Posteriormente, para verificar se as populações possuem igualdade significativa de variâncias foi aplicado o teste F de Snedecor mais conhecido por

teste de Análise de variância (ANOVA). Para aplicar os referidos testes foi utilizado nível de significância de 5%. Os valores encontrados estão apresentados na TABELA 04.

TABELA 03: RESULTADOS DO TESTE DE BARTLETT (QUI-QUADRADO) E DO TESTE F DE SNEDECOR.

FONTE: O autor (2008)

Banda 1 (Azul)							
Espécie	Média	Variância	$\chi^2$	F	CV	gl	
						EG	DG
TT	0,0699	0,000071	431,662	48,13	16,13%	6	1043
AJ	0,0625	0,000059					
MA	0,0724	0,000410					
SV	0,0666	0,000086					
SU	0,0622	0,000092					
TA	0,0741	0,000070					
SA	0,0574	0,000015					
Banda 2 (Verde)							
Espécie	Média	Variância	$\chi^2$	F	CV	gl	
						EG	DG
TT	0,0950	0,000206	547,801	70,79	28,54%	6	1043
AJ	0,1172	0,001410					
MA	0,1483	0,003951					
SV	0,1308	0,000926					
SU	0,1201	0,000494					
TA	0,1334	0,000808					
SA	0,0812	0,000142					
Banda 3 (Vermelho)							
Espécie	Média	Variância	$\chi^2$	F	CV	gl	
						EG	DG
TT	0,0658	0,000100	613,465	34,89	31,92%	6	1043
AJ	0,0730	0,000951					
MA	0,0920	0,001701					
SV	0,0867	0,000922					
SU	0,0820	0,000362					
TA	0,0892	0,000325					

SA	0,0610	0,000035					
Banda 4 (Infravermelho)							
Espécie	Média	Variância	$\chi^2$	F	CV	gl	
						EG	DG
TT	0,4004	0,000474	271,999	318,12	6,43%	6	1043
AJ	0,4598	0,000340					
MA	0,4225	0,000438					
SV	0,3887	0,000328					
SU	0,3380	0,002225					
TA	0,3928	0,000553					
SA	0,4237	0,000351					

Onde:  $\chi^2$  = Qui-quadrado; F = F de Snedecor; CV = Coeficiente de variação; gl EG = graus de liberdade entre grupo; gl DG = graus de liberdade dentro dos grupos; TT - *Tipuana tipo* (VELL.) MOR. (TIPUANA), AJ - *Ligustrum lucidum* W.T. AITON. (ALFENEIRO-DO-JAPÃO), MA - *Michelia champaca* L. (MAGNÓLIA), SV - *Struthanthus vulgaris* MART., SU - *Struthanthus uraguensis* (H & A), TA - *Tripodanthus acudifolius* (R & PAV.) TIEGH, SA - *Struthanthus* sp..

Como se pode observar na TABELA 03, ambos os testes apresentaram valores calculados maiores que os tabelados ( $F_{\text{tabelado}, 5\%} = 2,10$ ). Portanto, existe diferença significativa entre os tratamentos ao nível de significância de 5% o que indica que há espécies que são espectralmente diferente uma das outras.

Ao constatar que estatisticamente há diferenças nas respostas espectrais das espécies estudadas, a próxima etapa teve como objetivo identificar quais espécies diferem significativamente entre si. Com tal finalidade aplicou-se o teste de Tukey (5ª Etapa – FIGURA 25) com um nível de significância de 5% (TABELA 04).

Analisando a TABELA 04, constata-se que:

- Todas as espécies apontadas na análise visual com maior probabilidade de se diferirem foram efetivamente estatisticamente diferentes;
- O FRDH da TT é estatisticamente igual ao FRDH da AJ na banda do vermelho, MA na banda do Azul, SV na banda do Azul e TA na banda do Infravermelho;
- O FRDH do AJ é estatisticamente igual ao FRDH da SU na banda do Azul e SU na banda do Verde;
- O FRDH da MA é estatisticamente igual ao FRDH da SV na banda do Vermelho, TA na banda do Azul e Vermelho;

TABELA 04: RESULTADOS DO TESTE DE TUKEY AO NÍVEL DE SIGNIFICÂNCIA DE 5% (A = 0,05) APLICADO NOS VALORES DE FRDH, NAS BANDAS AZUL, VERDE, VERMELHO E INFRAVERMELHO DE CADA ESPÉCIE EM ESTUDO.

FONTE: O autor (2008)

Espécies	TT x						
	TT	AJ	MA	SV	SU	TA	SA
Azul	@	≠	=	=	≠	≠	≠
Verde	@	≠	≠	≠	≠	≠	≠
Vermelho	@	=	≠	≠	≠	≠	=
Infravermelho	@	≠	≠	≠	≠	=	≠
Espécies	AJ x						
	TT	AJ	MA	SV	SU	TA	SA
Azul	≠	@	≠	≠	=	≠	≠
Verde	≠	@	≠	≠	=	≠	≠
Vermelho	=	@	≠	≠	≠	≠	≠
Infravermelho	≠	@	≠	≠	≠	≠	≠
Espécies	MA x						
	TT	AJ	MA	SV	SU	TA	SA
Azul	=	≠	@	≠	≠	=	≠
Verde	≠	≠	@	≠	≠	≠	≠
Vermelho	≠	≠	@	=	≠	=	≠
Infravermelho	≠	≠	@	≠	≠	≠	=
Espécies	SV x						
	TT	AJ	MA	SV	SU	TA	SA
Azul	=	≠	≠	@	≠	≠	≠
Verde	≠	≠	≠	@	=	=	≠
Vermelho	≠	≠	=	@	=	=	≠
Infravermelho	≠	≠	≠	@	≠	=	≠
Espécies	SU x						
	TT	AJ	MA	SV	SU	TA	SA
Azul	≠	=	≠	≠	@	≠	≠
Verde	≠	=	≠	=	@	≠	≠
Vermelho	≠	≠	≠	=	@	≠	≠
Infravermelho	≠	≠	≠	≠	@	≠	≠
Espécies	TA x						
	TT	AJ	MA	SV	SU	TA	SA
Azul	≠	≠	=	≠	≠	@	≠

Verde	≠	≠	≠	=	≠	@	≠
Vermelho	≠	≠	=	=	≠	@	≠
Infravermelho	=	≠	≠	=	≠	@	≠

ONDE: @ representa a espécie em comparação; TT - *Tipuana tipo* (VELL.) MOR. (TIPUANA), AJ - *Ligustrum lucidum* W.T. AITON. (ALFENEIRO-DO-JAPÃO), MA - *Michelia champaca* L. (MAGNÓLIA), SV - *Struthanthus vulgaris* MART., SU - *Struthanthus uraguensis* (H & A), TA - *Tripodanthus acudifolius* (R & PAV.) TIEGH, SA - *Struthanthus* SP..

- O FRDH da SV é estatisticamente igual ao FRDH da SU na banda do Verde e Vermelho, TA na banda do Verde, Vermelho e Infravermelho; e
- TT – SU, AJ – MA, AJ – SV, AJ – TA, AJ – SA, MA – SU, SV – SA, TA – SA se diferem em todas as bandas espectrais;

Os resultados mostram que existem diferenças significativas entre os FRDH de folhas isoladas das espécies estudadas, tanto entre as espécies arbóreas como entre as espécies arbóreas das espécies de erva-de-passarinho, quanto entre as espécies de erva-de-passarinho, sendo possível separá-las espectralmente.

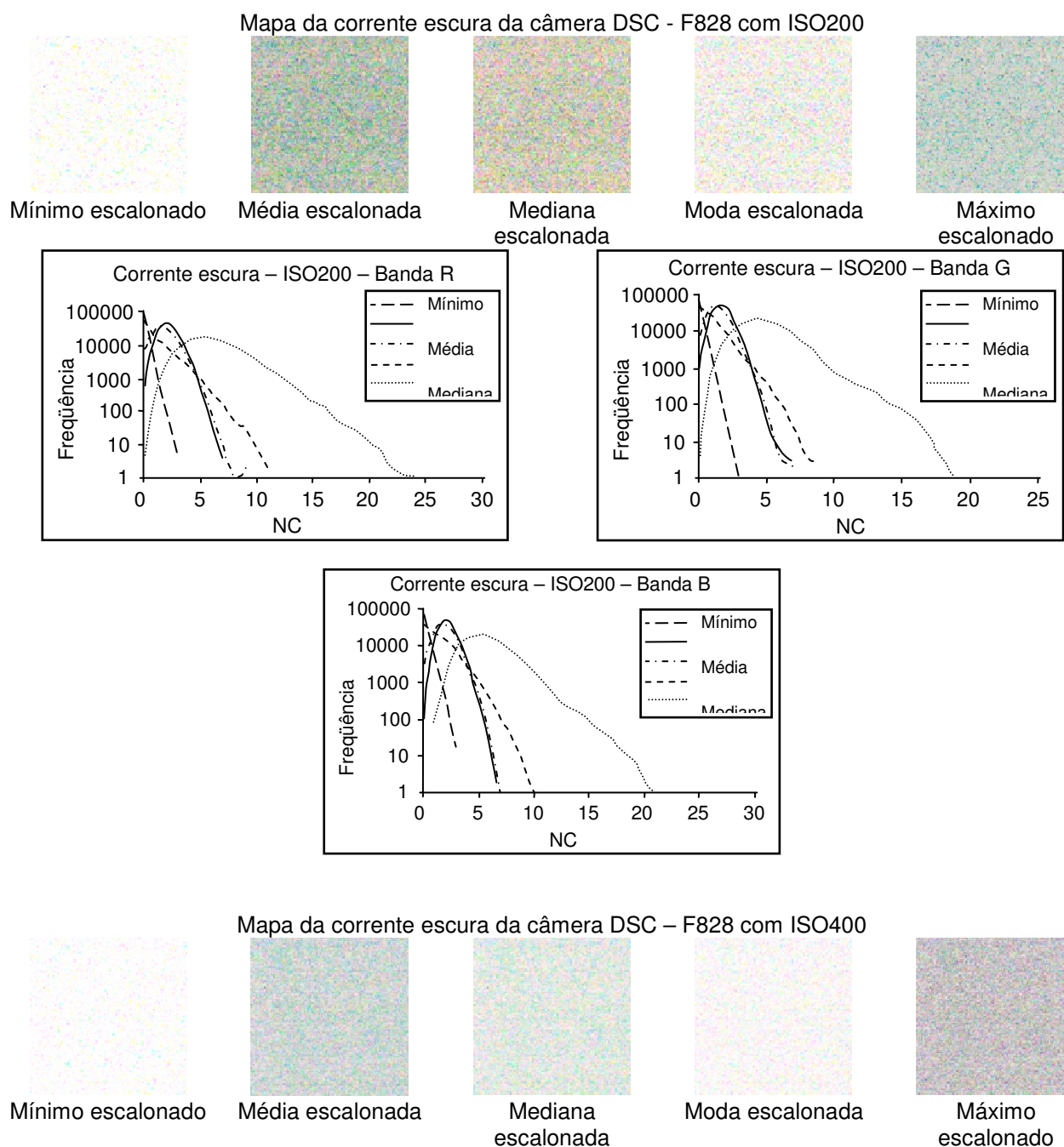
Ao observar as espécies de erva-de-passarinho que possuem FRDH significativamente diferente em relação ao hospedeiro, nota-se que ao analisar o conjunto como um todo, o padrão de colonização e o tipo de copa da hospedeira pode dificultar a detecção e localização da erva-de-passarinho em sua hospedeira. Essa dificuldade pode ser mais bem entendida ao analisar, por exemplo, o padrão de colonização da TA e o tipo de copa do AJ, os quais apesar de possuírem respostas espectrais distintas em todas as bandas analisadas, as observações de campo mostra que os dados contidos em uma imagem são constituídos por frações da resposta da TA e do AJ dificultando a detecção e localização da TA no AJ como pode ser observado na FIGURA 35A e B.

#### 4.5 MAPEAMENTO DA CORRENTE ESCURA.

A FIGURA 41 mostra os mapas de ruído espacial contendo os valores mínimo, médio, mediano, moda e máximo encontrados em cada um dos 3 grupos de 10 imagens tomadas com ISO200, ISO400 e ISO800, assim como os gráficos com a frequência de NC.

Analisando visualmente a FIGURA 41, constata-se que:

- A curva de freqüência da média e mediana são similares, mas ao observar o mapa escalonado, nota-se que a média apresenta uma correção mais rigorosa;
- A freqüência dos valores médios, medianos e modais de NC com maior ocorrência estão concentrados com valores de NC entre 0 – 61;



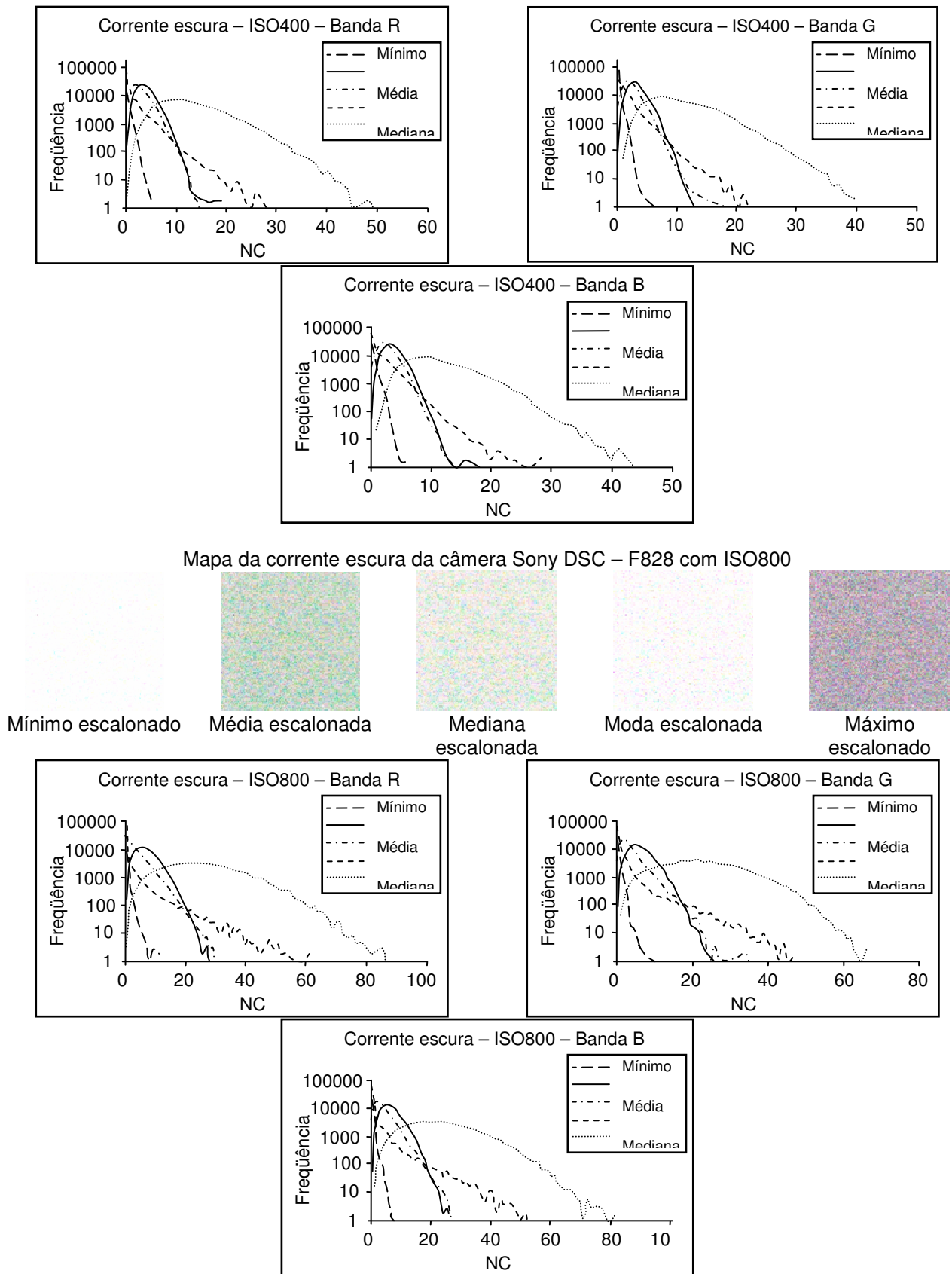


FIGURA 41 – MAPA DA CORRENTE ESCURA E SEUS RESPECTIVOS GRÁFICOS COM AS FREQUÊNCIAS DE NC.

FONTE: O autor (2008)

- Pela curva dos máximos, certifica-se que quanto menor o ISO menor é o erro de leitura e, como pode ser observado, os erros de leitura dos valores de NC máximo não ultrapassaram 24 NC usando ISO200. Já com o ISO400 esse valor passou para 50 NC e com o ISO800 para 85 NC. Em porcentagem, esses valores correspondem a 9,41%, 19,60% e 33,33% de erro de leitura (8 bits).

A FIGURA 42 mostra os danos causados na qualidade da imagem. Note que a imagem da FIGURA 42B apresenta maior quantidade de ruídos enquanto que a FIGURA 42A é mais suavizada, porém, também apresenta ruídos.

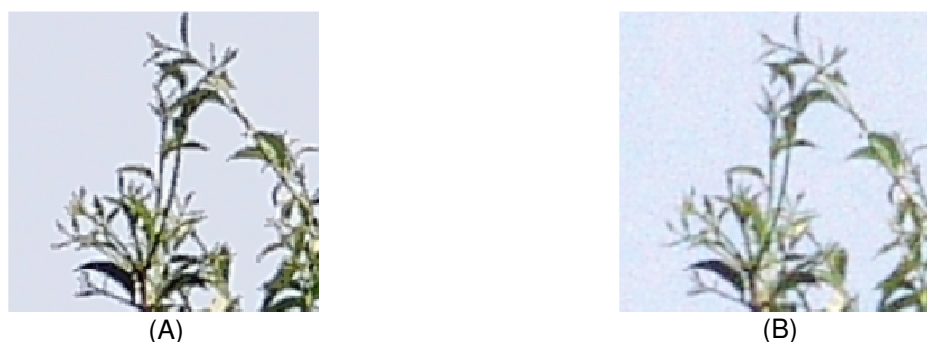


FIGURA 42 – FIGURAS MOSTRANDO O EFEITO DA CORRENTE ESCURA NAS IMAGENS. (A) ISO AUTOMÁTICO. (B) ISO 800

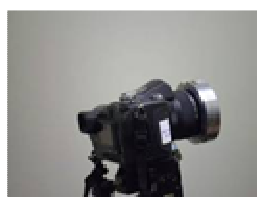
FONTE: O autor (2008)

Segundo Ré (2005), o ruído de leitura pode ser corrigido por meio da média de pelo menos 7 imagens de um mesmo objeto. Uma forma para efetuar essa correção seria efetuar a calibração radiométrica do *CCD* da câmera, com isto, além de se obter uma imagem isenta do efeito da corrente escura, possibilitaria seu emprego em análise temporais ou para o cruzamento de informações entre diferentes sensores, correlação automática de alvos etc.

#### 4.6 TESTE PARA AVALIAÇÃO DA POTENCIALIDADE DE OBTENÇÃO DE IMAGENS INFRAVERMELHO E CARACTERIZAÇÃO DO FILTRO DE CORTE INFRAVERMELHO E DOS FILTROS DE COR DO *CCD*

O dispositivo apresentado na FIGURA 43 foi confeccionado pelo Centro de Fabricação Mecânica, Setor de Usinagem da Universidade Federal Tecnológica do Paraná – UFTPR.





A) Vista lateral direita.



B) Vista lateral esquerda.



C) Vista frontal direita.

FIGURA 43 - CÂMERA DSC - F828 COM O DISPOSITIVO ACOPLANDO O FILTRO *EDGE* INFRAVERMELHO NA OBJETIVA.

FONTE: O autor (2008)

Após os devidos ajustes do dispositivo, o filtro *edge* infravermelho foi adaptado na objetiva da câmera e foram tomadas imagens com as funções *NightShot* e *NightFraming* desativadas e ativadas. Como ao ativar as funções *NightShot* e *NightFraming* a câmera emite um feixe de REM correspondente à região do infravermelho próximo, ao obter as imagens, a abertura de saída do feixe de REM foi obstruído, dessa forma, a câmera registrou somente a REM solar refletida pelos alvos.

Em ambos os casos analisados constatou-se que a câmera é capaz de registrar dados pertencentes à faixa do infravermelho do espectro eletromagnético, como pode ser observado na FIGURA 44.



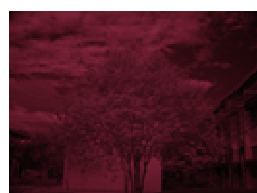
(A)



(B)



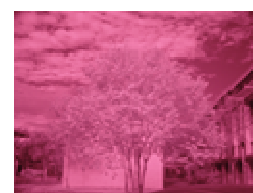
(C)



(D)



(E)



(F)

FIGURA 44 – (A E D) IMAGENS OBTIDAS COM AS FUNÇÕES *NIGHTSHOT* E *NIGHTFRAMING* DESATIVADAS. (B E E) IMAGENS OBTIDAS COM A FUNÇÃO *NIGHTSHOT* ATIVADA. (C E F) IMAGENS OBTIDAS COM A FUNÇÃO *NIGHTFRAMING* ATIVADA.

FONTE: O autor (2008)

Em ambos os casos estudados para obtenção das imagens digitais, as obtidas com a função *NightFraming* ativada é a mais nítida (FIGURA 44C E 44F), depois as obtidas com as funções *NightShot* e *NightFraming* desativadas (FIGURA 44A E 44D) e em terceiro lugar as obtidas com a função *NightShot* ativada (FIGURA 44B E 44E).

Nas imagens obtidas com a função *NightShot* ativada, observa-se que a REM refletida pela vegetação provocou a saturação do nível de cinza fazendo com que a vegetação e a atmosfera ficasse com o mesmo valor digital. No dia da obtenção das imagens o céu estava nublado e conseqüentemente com pouca REM, o que justifica as imagens obtidas com as funções *NightShot* e *NightFraming* desativadas terem ficado escuras.

Com o intuito de obter uma imagem RGB falsa cor infravermelha, a câmera foi fixada em um tripé e foram obtidas imagens, num dia de céu claro, com as funções *NightShot* e *NightFraming* desativadas com e sem o filtro *edge* infravermelho acoplado na objetiva da câmera.

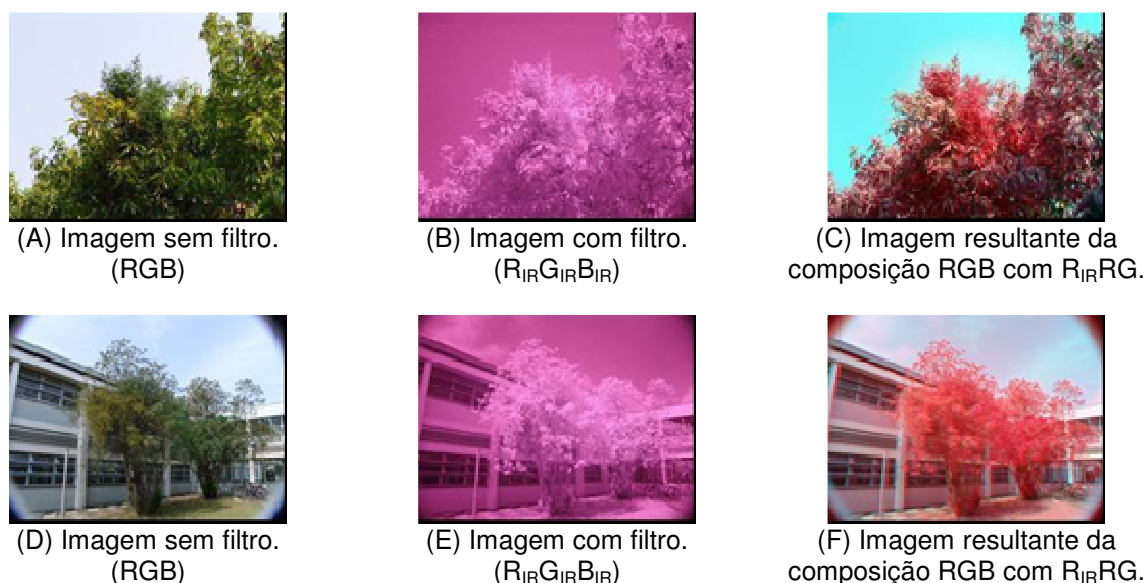


FIGURA 45 – IMAGENS OBTIDAS COM A CÂMERA DSC - F828, (A e D) SEM O FILTRO *EDGE* INFRAVERMELHO ACOPLADO NA OBJETIVA DA CÂMERA, (B e E) COM O FILTRO *EDGE* INFRAVERMELHA ACOPLADO NA OBJETIVA DA CÂMERA E (C e F) REPRESENTA UMA COMPOSIÇÃO RGB, EMPREGANDO A BANDA  $R_{IR}$  DA IMAGEM INFRAVERMELHA NO CANAL R, A BANDA R E G DA IMAGEM OBTIDA SEM O FILTRO NOS CANAIS GB RESPECTIVAMENTE.

FONTE: O autor (2008)

Essas imagens foram decompostas e posteriormente foi gerada uma nova composição RGB onde o R representa a banda  $R_{IR}$  da imagem, obtida com o filtro *edge* infravermelho acoplado na objetiva da câmera, a banda G representa a banda R e a banda B representa a banda G da imagem, obtida sem o filtro *edge* infravermelho acoplado na objetiva da câmera. Os resultados dessa composição podem ser vistos na FIGURA 45.

Analisando a curva do filtro *edge* infravermelho (FCG1.SP) no ANEXO 02, certifica-se que:

- O filtro não permite a passagem dos comprimentos de onda abaixo de 700 nm. Sendo assim, qual é a região de atuação do filtro de corte infravermelho da câmera?

Para responder esta questão foram realizados testes em laboratório. Em laboratório, o fluxo de REM emitido pelo Beckman UV – *VISIBLE SPECTROPHOTOMETER* foi focalizado dentro de uma esfera integradora (modelo 2500), obtendo um fluxo de luz uniforme na abertura de saída da esfera. Conforme citado no item 3.2.3.2, a caixa de papelão com o interior pintado com tinta cor preto fosco foi encaixada na abertura de saída da esfera integradora e na objetiva da câmera (FIGURA 46).



FIGURA 46: MONTAGEM DO SISTEMA PARA A OBTENÇÃO DOS DADOS PARA AVERIGUAR A REGIÃO DE ATUAÇÃO DO FILTRO DE CORTE INFRAVERMELHO, ASSIM COMO DA GRADE DE FILTRO DE COR DO CCD.

FONTE: O autor (2008)

Após a montagem do equipamento (FIGURA 46), foram obtidas imagens entre 400 - 725 nm em intervalos de 5 nm com as funções *NightShot* e

*NightFraming* desativadas. Uma imagem em 600, 650 e 700 nm com a função *NightShot* ativada e de 465 - 750 nm em intervalos de 5 nm com a função *NightFraming* ativada. Os gráficos e imagens obtidos a partir dos experimentos com as funções *NightShot* e *NightFraming* desativadas e ativas estão dispostos na figura 48, 49 e 50. Para melhor compreensão das análises, os dados foram dispostos na seguinte ordem: FIGURA 48 – mostra os resultados obtidos com a função *NightShot* ativada, FIGURA 49 – mostra alguns dos resultados obtidos com a função *NightFraming* ativada e a FIGURA 50 – mostra alguns dos resultados obtidos com as funções *NightShot* e *NightFraming* desativadas.

As figuras mostram os gráficos que representam a frequência em que um determinado NC ocorre em cada banda (Azul, Verde e Vermelho) e na parte superior direita encontra-se a imagem que a representa sendo este gerado para cada imagem obtida no experimento. A FIGURA 47 ilustra o gráfico gerado com os dados advindos da imagem obtida com um feixe de REM com 630nm de comprimento de onda.

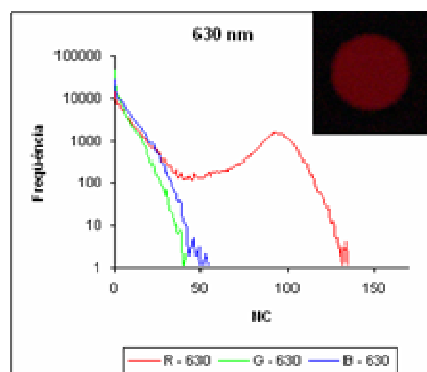


FIGURA 47 – GRÁFICO REPRESENTANDO OS VALORES CONTIDOS NA IMAGEM GERADA COM A REM COM COMPRIMENTO DE ONDA 630NM COM AS FUNÇÕES NIGHTSHOT E NIGHTFRAMING DESATIVADAS.

FONTE: O autor (2008)

Analisando a imagem da FIGURA 47 percebe-se que:

- Somente a banda do vermelho foi sensibilizada pelo fluxo de REM de comprimento de onda 630 nm;
- A análise do gráfico consiste em avaliar o afastamento em que uma determinada curva se encontra das demais, por exemplo, na FIGURA 47 a curva da banda do vermelho encontra-se afastada das demais curvas

indicando que somente a banda do vermelho está sendo sensibilizada pelo fluxo de REM de comprimento de onda de 630 nm;

- Há uma resposta na banda do azul e verde, mas essa sensibilidade não é provocada diretamente pelo feixe de luz de 630 nm, mas sim pela corrente escura (item 2.4.1.1);

A FIGURA 48 apresenta os resultados obtidos com a função *NightShot* ativada. No manual da câmera indica que a função *NightShot* emite um feixe de luz infravermelho e com isso a câmera é capaz de obter imagens no escuro e que essa imagem é representada por uma coloração de tom esverdeado. Mesmo com a abertura de saída do feixe bloqueada, a imagem resultante foi representada por uma coloração de tom esverdeado como pode ser observado na FIGURA 48.

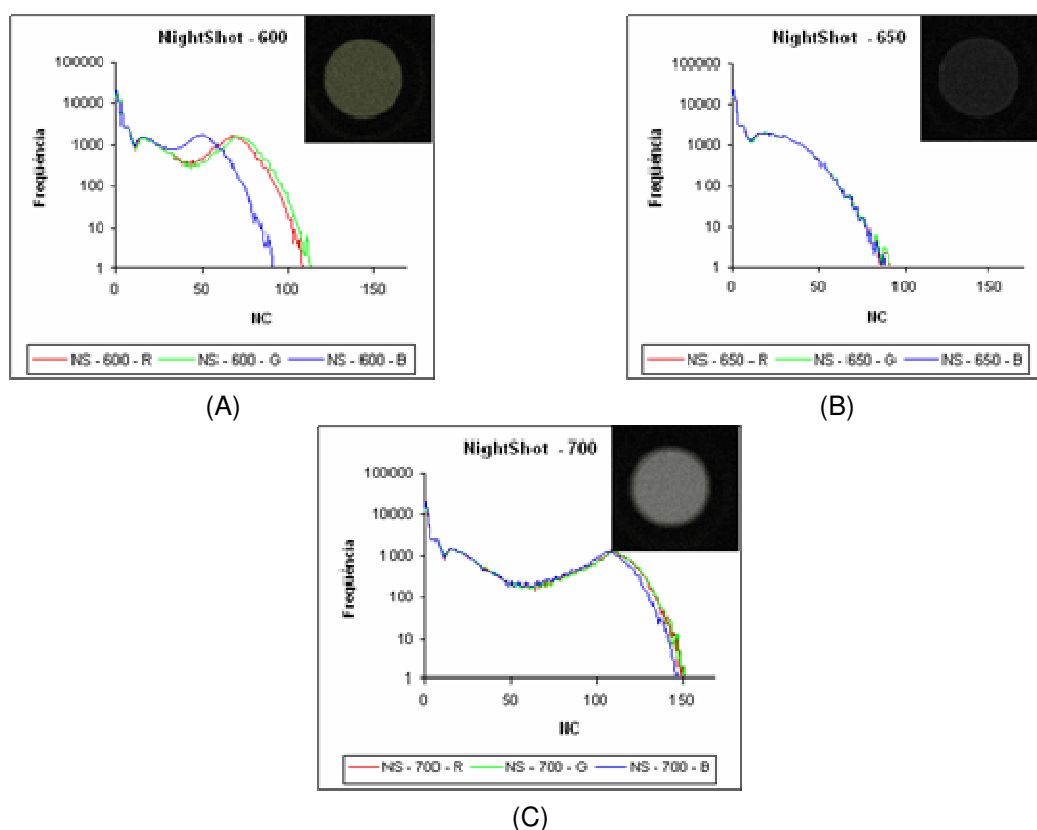


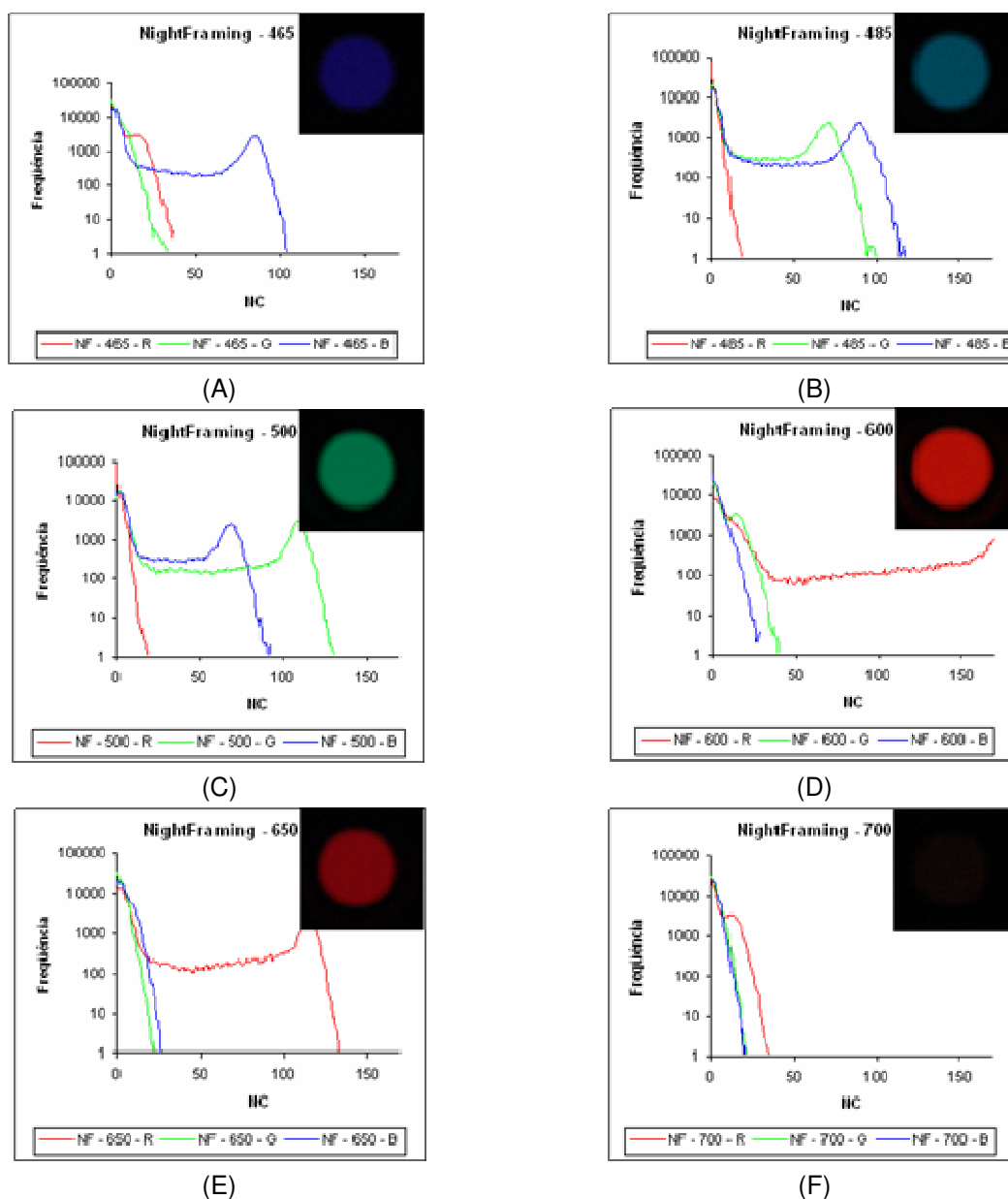
FIGURA 48 - RESULTADOS DAS ANÁLISES DAS IMAGENS OBTIDAS COM A FUNÇÃO *NIGHTSHOT* ATIVADA.

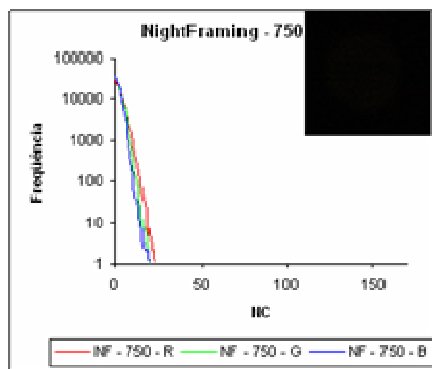
FONTE: O autor (2008)

Analisando a FIGURA 48(A-C) gerada com informações contidas nas imagens obtidas em laboratório com a função *NightShot* ativada. Constata-se que:

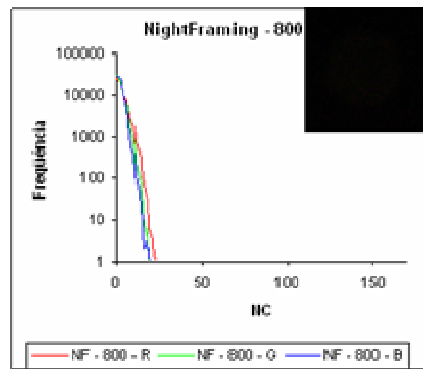
- As imagens foram representadas em tons de cinza conforme descrito no manual. O que é confirmado pelo seu gráfico, onde a frequência de ocorrência de um dado NC é o mesmo nas 3 (três) bandas espectrais; e
- Na FIGURA 48C, a câmera é capaz de registrar os valores de comprimento de onda de 700 nm.

A FIGURA 49 apresenta os resultados obtidos com a função *NightFraming* ativada.





(G)



(H)

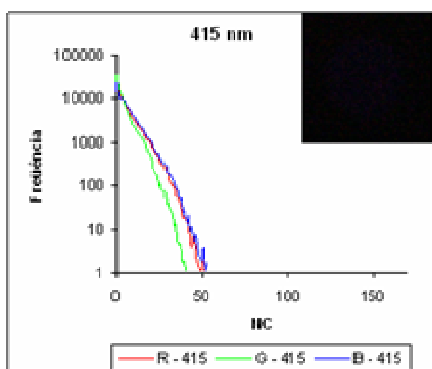
FIGURA 49 - RESULTADOS DAS ANÁLISES DAS IMAGENS OBTIDAS COM A FUNÇÃO NIGHTFRAMING ATIVADA.

FONTE: O autor (2008)

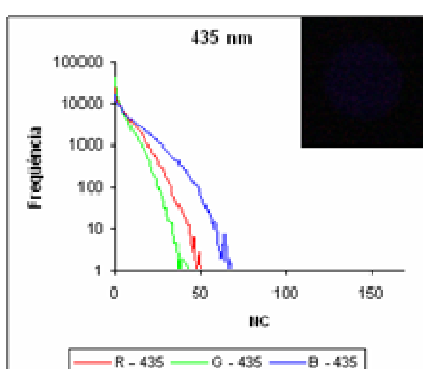
Analisando os gráficos das FIGURAS 49A-H observa-se:

- Os feixes de REM com comprimento de onda maior que 700nm não são registrados pela câmera;
- Ao contrário da função *NightShot* as imagens geradas utilizando a função *NightFraming* não são representadas em tons de cinza.

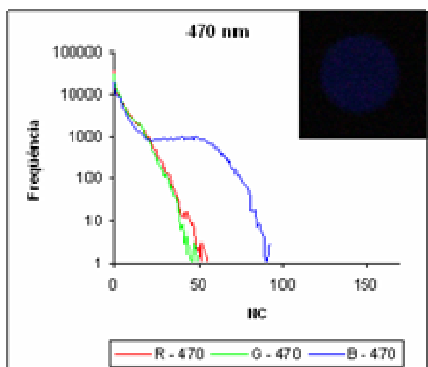
A seguir a FIGURA 50 apresenta os resultados obtidos em laboratório com as funções *NightShot* e *NightFraming* desativas.



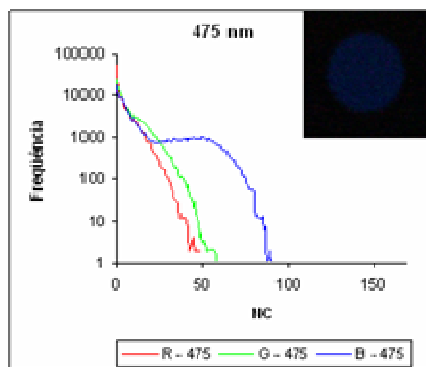
(A)



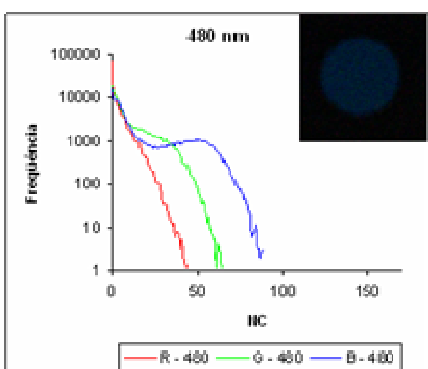
(B)



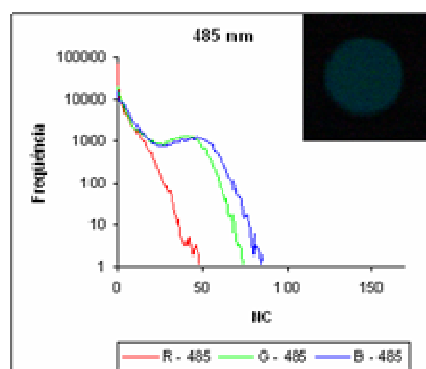
(C)



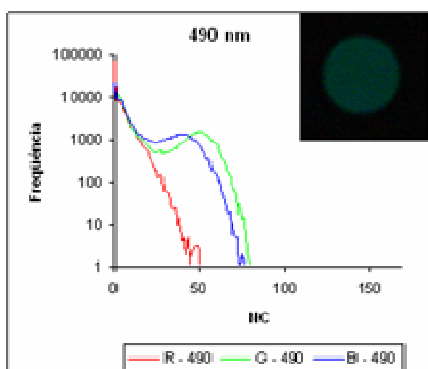
(D)



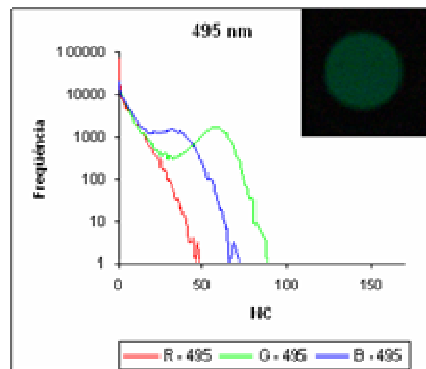
(E)



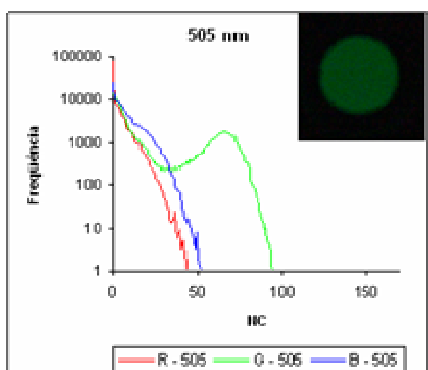
(F)



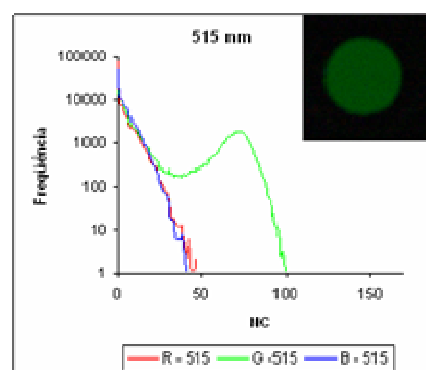
(G)



(H)

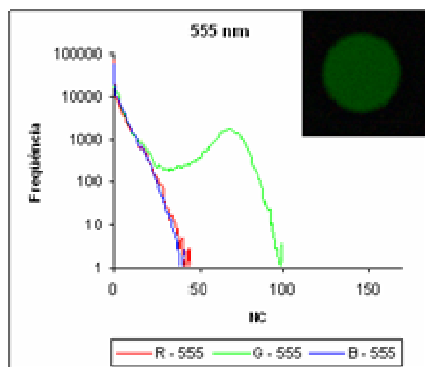


(I)

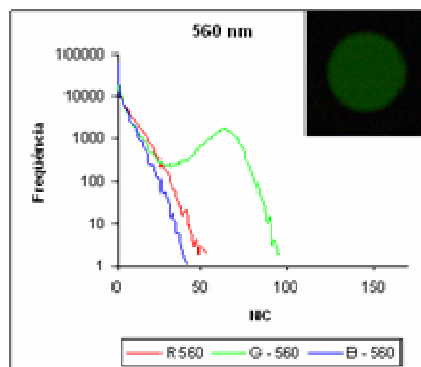


(J)

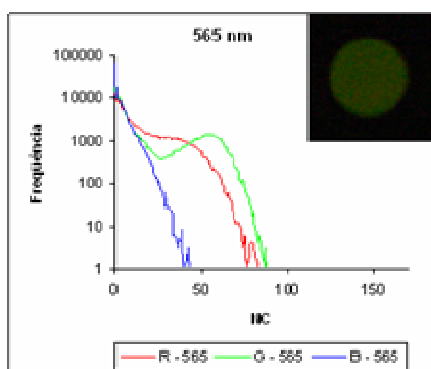




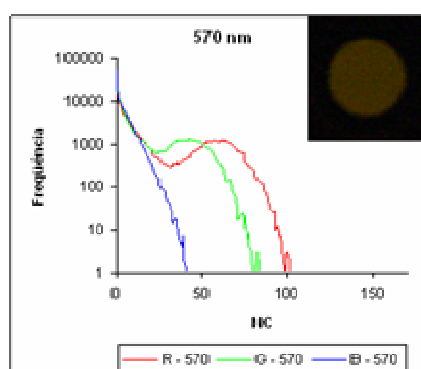
(K)



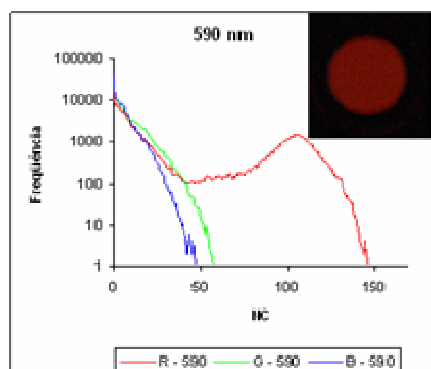
(L)



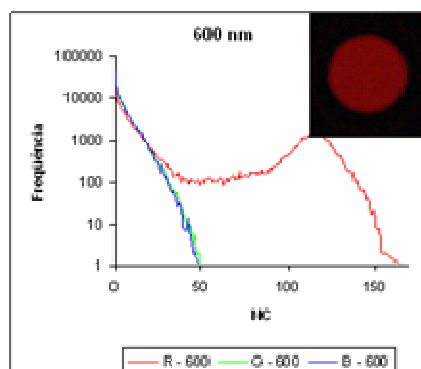
(M)



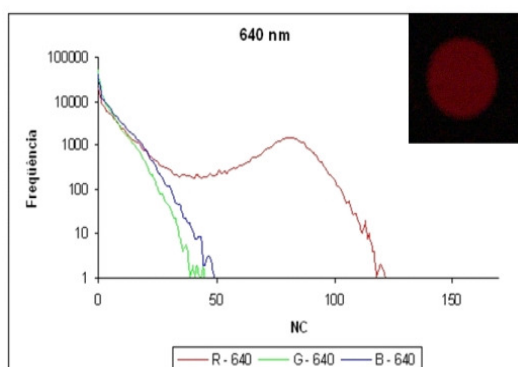
(N)



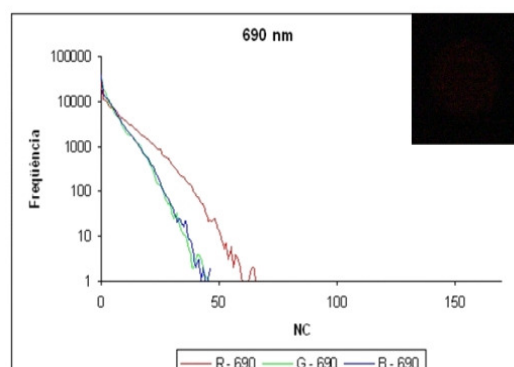
(O)



(P)



(Q)



(R)

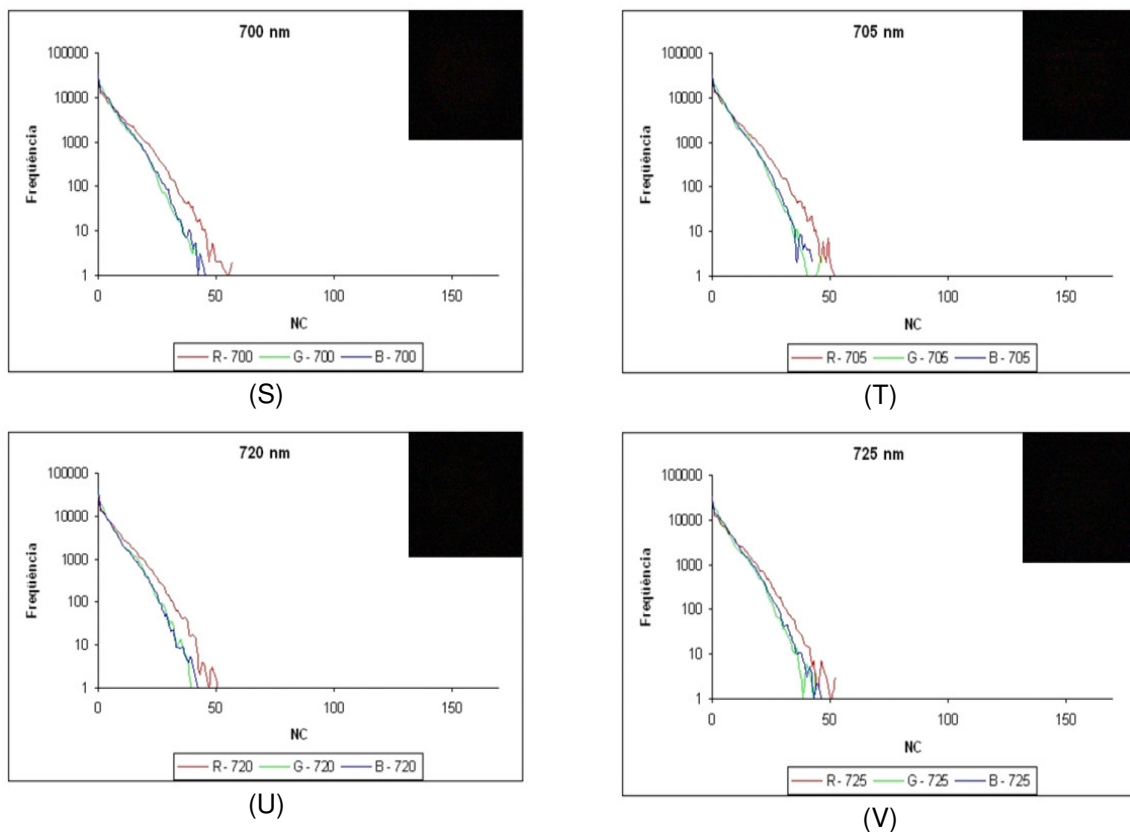


FIGURA 50 – ALGUNS RESULTADOS DAS ANÁLISES DAS IMAGENS OBTIDAS COM A FUNÇÃO NIGHTSHOT E NIGHTFRAMING DESATIVADA.

FONTE: O autor (2008)

Analisando a FIGURA 50 nota-se que à medida em que se aproxima de 700nm as diferenças entre as curvas diminuem restando somente a resposta da corrente escura, indicando que a partir desse ponto os feixes de REM são obstruídos pelo filtro de corte infravermelho interno.

Assim, os testes em laboratório mostram que os feixes de REM com comprimento de onda maior que 700 nm são obstruídos somente quando as funções *NightShot* e *NightFraming* estão desativadas. Desta forma os resultados conduzem a seguinte questão: Se o filtro de corte infravermelho pertencente à arquitetura da câmera, permite que somente os comprimentos de onda inferiores a 700 nm incidam sobre o *CCD* e que o filtro *edge* infravermelho adaptado na objetiva da câmera não permite a passagem desses comprimentos de onda, como a câmera registrou a imagem quando as funções *NightShot* e *NightFraming* estavam desativadas e com o filtro *edge* infravermelho acoplado na objetiva?

A resposta à questão pode ser dada pelas seguintes hipóteses: Primeiro sugere-se que a probabilidade de haver uma pequena faixa de sobreposição da função do filtro *edge* infravermelho com a função do filtro de corte infravermelho permitindo a passagem da REM. A segunda hipótese está relacionada à eficiência do filtro de corte infravermelho pertencente à arquitetura da câmera, uma vez que exposto sobe um fluxo de REM intenso o filtro permite a passagem de uma dada quantidade de REM não pertencente à região da função de atuação do filtro. Como a quantidade de REM emitida pelo sol é superior à emitida pelo equipamento, estas duas variáveis sugerem que as imagens obtidas em dias nublados fiquem mais escuras do que as obtidas em dias com muita radiação solar. Para uma análise mais eficiente é necessário realizar novos testes em laboratório, obtendo imagens entre a região de 670 a 730 nm com intervalo de no mínimo 1 nm com o filtro *edge* infravermelho acoplado na objetiva da câmera com as funções *NightShot* e *NightFraming* desativadas, assim como variar a intensidade de REM incidida sob a objetiva da câmera.

Certificado a possibilidade em obter imagens infravermelha com a câmera DSC – F828 utilizando as funções *NightShot* e *NightFraming*, realizou-se a análise da FIGURA 50 com o intuito de caracterizar a função dos filtro RGB pertencentes a grade de filtro de cor do *CCD*.

A grade de filtro de cor da câmera DSC – F828 possui 4 (quatro) camadas de filtro, sendo três camadas compostas por filtro RGB e uma por um filtro que a fabricante Sony denomina *Emerald* (E) a qual foi introduzida com o intuito de reproduzir as cores mais próxima da percepção humana. Como as imagens avaliadas foram armazenadas no formato \*.tiff, não foi possível caracterizar a função de operação do filtro da quarta banda (banda E) da grade de filtro de cor do *CCD*.

Devido ao fato do acréscimo de um novo filtro de cor ter sido inserido com a finalidade de gerar um fator de correção para que a cor das fotografias ficassem mais próxima da percepção humana, os efeitos introduzidos na faixa de recobrimento de cada banda podem ser considerados desprezíveis, não comprometendo as análises.

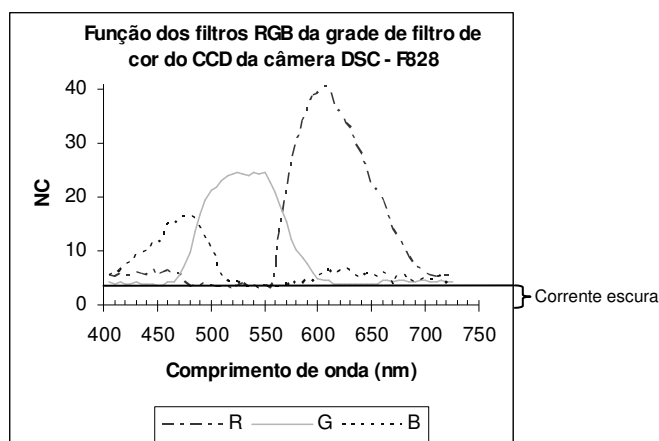


FIGURA 51 – GRÁFICO REPRESENTANDO AS FUNÇÕES DOS FILTROS QUE COMPÕEM A GRADE DE FILTRO DE COR DO CCD DA CÂMERA DSC – F828.

FONTE: O autor (2008)

Pela análise da FIGURA 50 constatou-se um movimento de ascendência e descendência dos NC de cada banda espectral. Para melhor caracterizar as regiões de transição entre uma banda e outra, obteve-se um valor de NC médio de cada banda das imagens obtidas em laboratório com a função *NightShot* e *NightFraming* desativadas e representadas em um gráfico onde o eixo x representa o comprimento de onda e o eixo y o NC médio da banda, como pode ser observado na FIGURA 51.

Analisando a FIGURA 51 observa-se que:

- Do comprimento de onda entre 470 – 515 nm há sobreposição entre as bandas do azul e do verde;
- Do comprimento de onda entre 560 – 600 nm as bandas do verde e vermelho se sobrepõem;
- A corrente escura permaneceu constante e igual para todas as faixas do espectro eletromagnético.

#### 4.7 ANÁLISE DO COMPORTAMENTO ESPECTRAL DA ERVA-DE-PASSARINHO REGISTRADO PELA CÂMERA DSC – F828 DA SONY.

A FIGURA 52 mostra os locais onde foram extraídas as 3 (três) amostras da região sensibilizada pela resposta da erva-de-passarinho e das 3 (três) amostras representando a hospedeira na imagem obtida com e sem o filtro *edge* infravermelho.

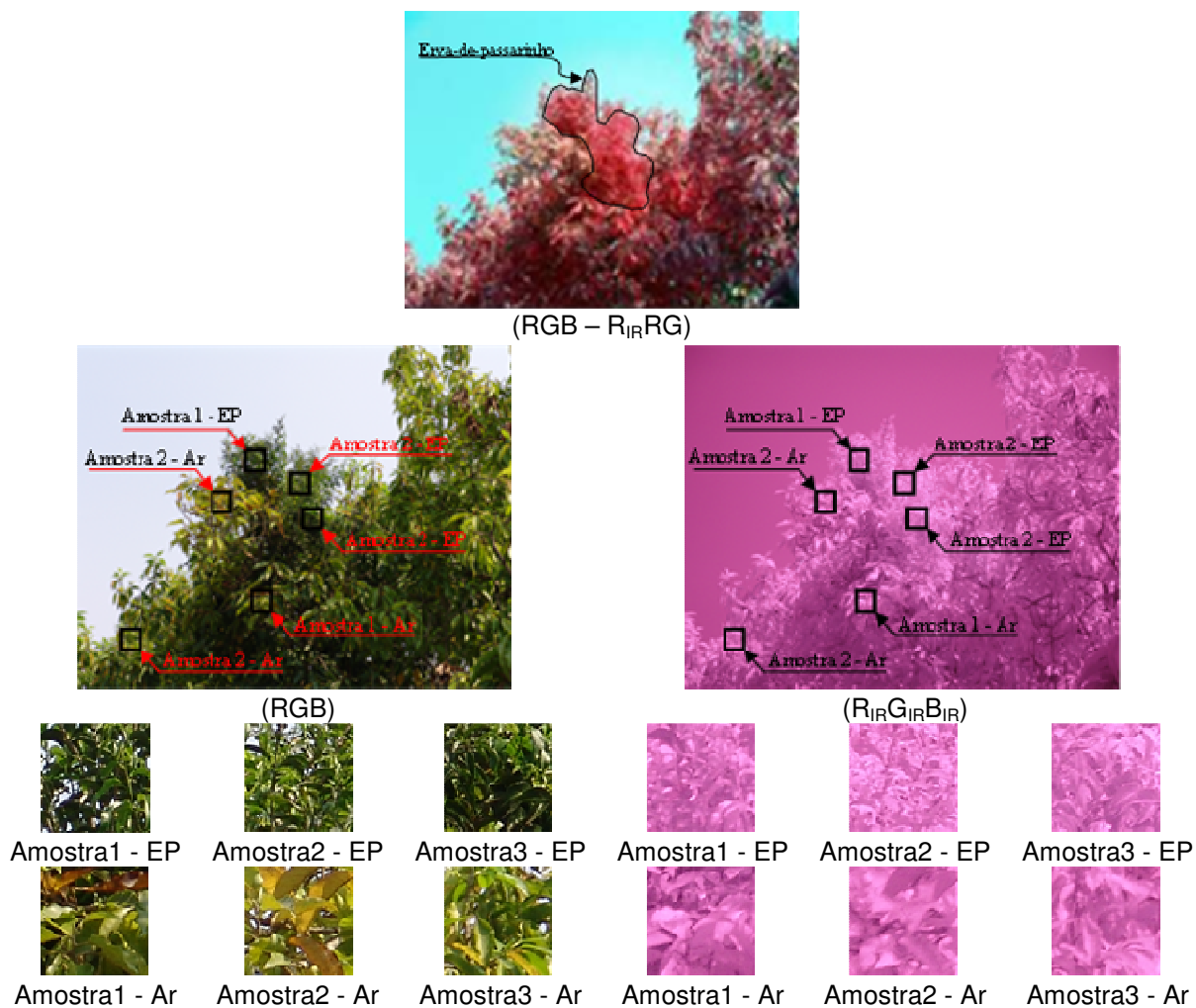


FIGURA 52 – LOCAIS DE EXTRAÇÃO DAS AMOSTRAS DA REGIÃO SENSIBILIZADA PELA RESPOSTA DA ERVA-DE-PASSARINHO E DA HOSPEDEIRA NA IMAGEM OBTIDA COM E SEM O FILTRO *EDGE* INFRAVERMELHO.

FONTE: O autor (2008)

Os valores médios de NC da banda RGB e R<sub>IR</sub> das representativas amostras de cada espécie estão expressos na FIGURA 53A. A FIGURA 53B apresenta os valores do FRDH das folhas isoladas dessas espécies, obtidos com o SPECTRON SE-590. Note (FIGURA 53B) que somente na banda 4 os valores de FRDH são teoricamente iguais, o que é comprovado pelas análises estatísticas (TABELA 04). O gráfico da FIGURA 53A mostra que:

- As bandas da imagem RGB podem ser utilizadas na identificação da erva-de-passarinho, ou seja, a câmera DSC - F828 da Sony pode ser utilizada como instrumento de obtenção de informações radiométricas para estudos que visão detectar e localizar a erva-de-passarinho em seus hospedeiros.

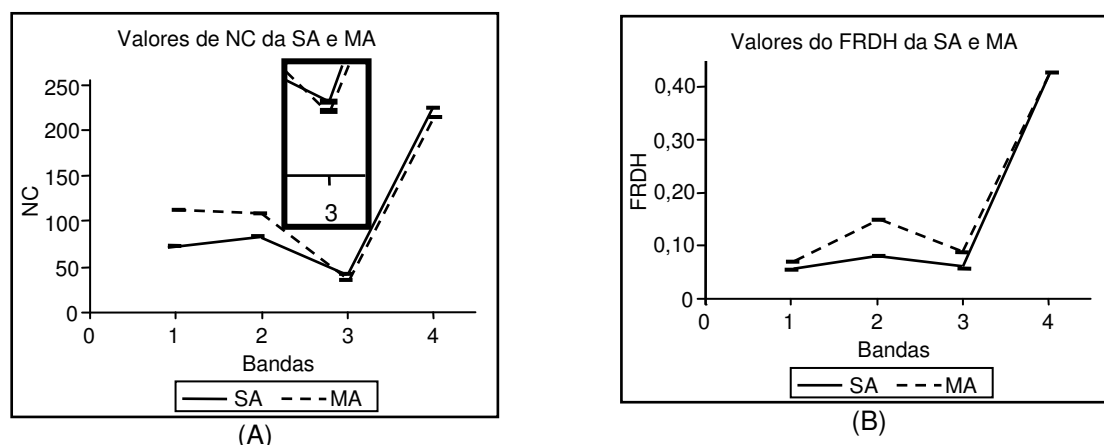


FIGURA 53 – (A) VALORES MÉDIOS DE NC DA BANDA RGB E  $R_{IR}$  DAS AMOSTRAS DA SA E MA. (B) OS VALORES DO FRDH DAS FOLHAS ISOLADAS DA SA E MA OBTIDOS COM O SPECTRON SE-590.

ONDE: NC = NÍVEL DE CINZA; SA = *STRUTHANTHUS* SP. E MA = *MICHELIA CHAMPACA* L. (MAGNÓLIA).

FONTE: O autor (2008)

- Comparando os gráficos apresentados na FIGURA 53 observa-se que a banda 1 (Azul), a diferença entre as valores é maior nos dados registrados pela câmera. Na banda 2 (Verde) os valores apresentam comportamento similares. Na banda 3 (Vermelho) ocorreu um processo inverso sendo que na imagem a MA é representado com um menor valor NC enquanto que o FRDH expressa maior reflectância da MA em relação à SA. Já na banda 4 (Infravermelho) os dados registrados pela câmera mostram que há diferenças entre os valores, enquanto que o FRDH mostra que não há diferenças entre as respostas ou seja elas possuem a mesma capacidade de reflexão da REM.

A FIGURA 54 esboça as região em que as funções de operação dos filtros pertencentes a grade de filtro de cor da câmera DSC – F828 e as regiões (bandas) utilizadas na avaliação dos FRDH.

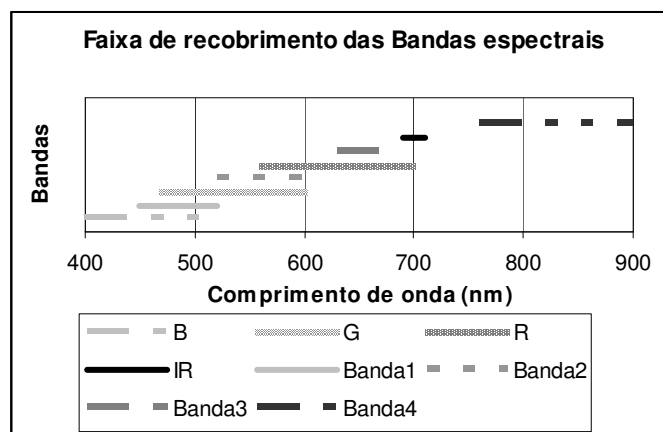


FIGURA 54 – FAIXA DE RECOBRIMENTO DAS BANDAS ESPECTRAIS DA CÂMERA DSC – F828 E AS FAIXAS ADOTADAS NA AVALIAÇÃO ESTADÍSTICAS DOS FRDH.

FONTE: O autor (2008)

Note que (FIGURA 54) a banda B (Azul) da câmera DSC – F828 registra os valores da Banda1 (Azul) usada na avaliação, a banda G (Verde) cobre toda a Banda2 (Verde) e mais da metade da Banda1 (Azul), a banda R (Vermelho) cobre a metade da Banda2 (Verde) e toda a Banda3 (Vermelho) e a banda IR (“Infravermelho”) cobre uma pequena faixa em torno de 700 nm.

A seguir serão apresentadas as conclusões resultantes das análises e discussões dos resultados obtidos com os experimentos apresentados neste capítulo (IV).

## CAPÍTULO V

### 5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Pelos resultados e discussões apresentados na capítulo IV conclui-se que:

- Há ocorrência de árvores mortas decorrente ao alto grau de infestação pela erva-de-passarinho na área de estudo;
- As espécies de erva-de-passarinho aqui estudadas apresentam padrão de colonização distinto uma das outras, com exceção da *Struthanthus* sp. que possui algumas similaridades com o padrão de colonização da *Struthanthus vulgaris* MART (H & A);
- O padrão de colonização da *Struthanthus* sp., *Struthanthus uraguensis* (H & A) e *Struthanthus vulgaris* MART (H & A) favorece a detecção e localização da erva-de-passarinho em sua hospedeira;
- O padrão de colonização da *Tripodanthus acudifolius* (R & PAV) TIEGH dificulta a sua detecção e localização em sua hospedeira;
- Hospedeiras pertencentes a espécies decíduas favorecem, em determinada época do ano, a detecção e localização da erva-de-passarinho em seus galhos;

#### 5.1 CONCLUSÕES DAS ANÁLISES DOS RESULTADOS DA PRIMEIRA ETAPA DA METODOLOGIA PROPOSTA

Pela análise dos resultados obtidos com a execução da primeira etapa da metodologia proposta, conclui-se que:

- A TT - SU, AJ - MA, AJ - SU, AJ - TA, AJ - SA, MA - SU, SV - SA, SU - SA, TA - SA possuem FRDH estatisticamente diferentes nas quatro bandas espectrais estudadas;
- A TT-AJ, TT-MA, TT-SV, TT-TA, TT-SA, MA-SV, MA-SA, SU-TA possuem FRDH estatisticamente diferentes em três bandas espectrais; e
- A AJ-SU, MA-TA, SV-SU, SV-TA em pelo menos uma banda espectral elas possuem FRDH diferentes estatisticamente;



- Apesar das análises estatísticas dos FRDH indicarem diferenças significativas entre o FRDH da hospedeira e da erva-de-passarinho, a sua detecção e localização na hospedeira pode ser limitado pelo padrão de colonização da erva de passarinho;

## 5.2 CONCLUSÕES DAS ANÁLISES DOS RESULTADOS DA SEGUNDA ETAPA DA METODOLOGIA PROPOSTA

De acordo com as análises e discussões realizadas na segunda etapa da metodologia proposta pôde-se concluir que:

- É possível obter imagem infravermelho com a câmera DSC – F828 sem efetuar a remoção do filtro de corte infravermelho pertencente ao mecanismo de operação da câmera tanto com as funções *NightShot* e *NightFraming* ativadas ou desativadas;
- Apesar da função *NightShot* da câmera DSC - F828 capturar comprimentos de onda pertencentes à região do infravermelho, esta função não é apropriada para obter imagens durante o dia, pois esta função foi desenvolvida para obter imagens em ambiente escuro, logo o sistema de operação da câmera exige pouca quantidade de luz. Ao obter uma imagem em um ambiente com muita luz ela satura e conseqüentemente os objetos que possuem comportamento refletor diferente são gravados com o mesmo valor digital, impossibilitando a sua distinção;
- Com as funções *NightShot* e *NightFraming* desativadas, na medida em que o comprimento de onda do feixe de REM se aproxima de 700 nm as diferenças entre as curvas que representam os valores de NC de cada banda diminuem restando somente a resposta da corrente escura, indicando o início da região de operação da função do filtro de corte infravermelho pertencente a arquitetura da câmera;
- Para utilizar as imagens infravermelho obtidas com a câmera DSC – F828 no estudo da vegetação é necessário efetuar remoção do filtro de corte, uma vez que somente uma pequena faixa entorno de 700nm é captura e registrada pela câmera;

- A corrente escura insere um erro correspondente a 9,41% nas leituras utilizando o ISO 200, 19,60% utilizando o ISO 400 e 33,33% utilizando o ISO 800 na escala de 8 bits podendo este variar de acordo com a temperatura ambiente;
- A grade de filtro de cor do *CCD* possui regiões de sobreposição, da banda do azul com a do verde entre o comprimento de onda de 470–515nm e de 560–600nm entre a banda do verde com a do vermelho;
- A técnica utilizada para identificar as regiões de operação dos filtros pertencente à grade de filtro de cor do *CCD* foi eficiente;
- A câmera DSC - F828 possui potencialidade para detectar e localizar a erva-de-passarinho em seus hospedeiros;

### 5.3 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Com base nas análises e discussões dos resultados obtidos com os experimentos apresentados no capítulo IV, têm-se como recomendações para trabalhos futuros:

- Realizar estudos que busquem caracterizar as principais peculiaridades do modo vegetativo de cada espécie de erva-de-passarinho que possibilitem o desenvolvimento de ferramentas de análise de imagem que auxiliem a definir se uma árvore está ou não contaminada pela erva-de-passarinho e associá-la à sua respectiva espécie;
- Efetuar novas tomadas de imagens nos seguintes intervalos: 390–410 nm, 460–480 nm, 505–525 nm, 550–570 nm, 590–610 nm e de 690–710 nm em intervalos de 1 nm para melhor definir a função dos filtros de cor do *CCD*;
- Aplicar testes durante todo o período do dia, visando verificar as variações do comportamento da reflectância quando muda o ângulo de iluminação. Também é sugerido a coleta de dados em campo com o espectrômetro para a validação dos dados.

## BIBLIOGRAFIA

ATKINSON, K.B. **Close range photogrammetry and machine vision**. Bristol: Whittles, 1996. 371p.

BOCKAERT, V. Sensors. **Digital Photography Review**. Disponível em: <[http://www.dpreview.com/learn/?/Glossary/Camera\\_System/sensors\\_01.htm](http://www.dpreview.com/learn/?/Glossary/Camera_System/sensors_01.htm)> Acesso em: 24/06/2008.

CAPEHART, B.L. *et al.* Remote sensing survey of *Melaleuca*. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing** 43(2) p. 197-206, 1977.

COURA, S.M. da C. *et al.* **Comparação das características espectrais das espécies *Ligustrum japonicum* Thunb. E *Cassia macranthera* DC.** In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO,12, Goiânia, 2005. Anais SBSR, 2005, p. 1477-1484.

CURRAN, P.J. *et al.* **The effect of a red leaf pigment on the relationship between red edge and chlorophyll concentration**. *Remote Sensing Environment*. 35:69-76. 1991.

DISPERATI, A. A.; AMARAL, R. F. DO; SCHULER, C. A. B. **Fotografias aéreas de pequeno formato: Aplicações ambientais**. Guarapuava: Unicentro, 2007. 262 p.

DIGITAL PHOTOGRAPHY REVIEW. 2008. Disponível em <<http://www.dpreview.com/>> Acesso em: 30/07/2008

DEVKOTA, M.P. Biology of mistletoes and status in Nepal Himalaya. **Himalayan Journal of sciences**, Himalaya, v. 3, n. 5, p. 85-88, 2005.

EVERITT, J.H.; NIXON, P.R. Using color aerial photography to detect camphorweed infestations on south Texas Rangelands. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, v. 51, n. 11, p. 1793-1797, 1985.

FARINA, F. C. *et al.* **Utilização de imagem de alta resolução espacial para o mapeamento do município de Monte Belo do Sul, RS.** In: SIMPÓSIO

BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13, Florianópolis, 2007. Anais SBSR, 2007, p. 515-521.

GATES, D.M. *et al.* Spectral properties of plants. **Applied optics**, v.4, n.1, p. 11 – 20, 1965

GAUSMAN, H.W. **Plant leaf optical properties in visible and near-infrared light**. Texas: Texas Tech Press, 1985

GLENN, N.F. *et al.* Hyperspectral data processing for repeat detection of small infestations of Leafy spurge. **Remote Sensing of Environment**. V.95, p. 399–412, 2005

GINAK, S.G.; ALTIMARE, A.L.; SILVA, H.R. **Uso de imagem QuickBird para o mapeamento do uso e ocupação do solo da ilha fluvial denominada Ilha Solteira**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13, Florianópolis, 2007. Anais SBSR, 2007, p. 539-546.

GOMES, F. P. **A estatística moderna na pesquisa agropecuária**. Piracicaba: POTAFOS, 1984. 160 p.

GONÇALVES, G.A. **Deteção automática de alterações na cartografia cadastral com base em imagens de câmaras digitais**. Tese (Doutorado em Ciências Geodésicas) – Departamento Geomática, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.

GORTON, H.L.; WILLIAMSA, W.E.; VOGELMANN, T.C. Chloroplast movement in *Alocasia macrorrhiza*. **Physiologia Plantarum**, v. 106: 421-128, 1999.

JENSEN, J.R.; COWEN, D.C. Remote sensing of urban/suburban infrastructure and socio-economic attributes. **Photogrammetric Engineering & Remote Sensing**, v. 65, n. 5, p. 611-622, 1999.

JOHANSEN, K. *et al.* Application of high spatial resolution satellite imagery for riparian and forest ecosystem classification. **Remote Sensing of Environment**, v. 110, n. 1, p. 29–44, 2007

KERBAUY, G.B. **Fisiologia vegetal**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, p. 451, 2004

KNIPLING, E.B. Physical and physiological basis for the reflectance of visible and near-infrared radiation from vegetation. **Remote Sensing of environment**, v. 1, 155-159, 1970

KODAK Color Correction for Image Sensors. Revision 2.0. In: Image sensor solutions, October 27, 2003. Disponível em: <[www.kodak.com/go/imagers](http://www.kodak.com/go/imagers)> Acesso em 07/08/2008

LEAL, L.; BUJOKAS, W.M.; BIONDI, D. Análise da infestação de erva-de-passarinho na arborização de ruas de Curitiba, PR. **Floresta**, Curitiba, v. 36, n. 3, p. 323-330, 2006

MOELLER, M.S.; BLASCHKE, T. Urban change extraction from high resolution satellite image. In: SYMPOSIUM INTERNATIONAL ARCHIVES OF PHOTOGRAMMETRY, 2, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Vienna, v. 36, p. 151-156, 2006

MOREIRA, M.A. **Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação**. 3.ed. Viçosa: UFV, 2005. 320 p.

PERNAR, R. *et al.* **Aerial high resolution imaging of the mistletoe for the assessment of forest decline in fir stands**. [s.l.: s.n], 2005.

PINTER Jr., P.J. *et al.* Diurnal patterns of wheat spectral reflectances. **IEEE Transactions on geoscience and remote sensing**, v.GE-21,n. 2, 1983.

PINTO, P.: **Estrutura de folhas de monocotiledóneas e de dicotiledóneas**. 2004. Disponível em: <[http://pedropinto.com/ensino/downloads/tlbll\\_relatorio4.pdf](http://pedropinto.com/ensino/downloads/tlbll_relatorio4.pdf)> Acesso em: 16/06/08

PINTO, R.M. da S. **Dados radiométricos ( 0,400 a 0,900 mm) na avaliação de efeitos da poluição atmosférica em folhas de espécies da mata atlântica em cubatão (SP)**. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2000.

PONZONI, F.J.: **Aplicação do modelo sail no estudo da reflectância espectral de dosséis de mudas de eucalyptus sp. E de aspidosperma sp.** Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, 1993

PONZONI, F. J. **Sensoriamento remoto no estudo da vegetação: diagnosticando a mata atlântica.** disponível em: Capítulo 8. INPE-8984-PUD/62, 2002  
<[http://mtc-m12.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/sergio/2005/06.14.13.11/doc/CAP8\\_FJPonzoni.pdf](http://mtc-m12.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/sergio/2005/06.14.13.11/doc/CAP8_FJPonzoni.pdf)>.  
Acesso em: 28/10/2007

PONZONI, F.J.; SHIMABUKURO, Y.E. **Sensoriamento remoto no estudo da vegetação.** São José dos Campos: Parêntese, 2007.

PRPIĆ, B.; SELETKOVIC, Z.; JURJEVIC, P. Dieback of fir and changes in the chemical climate. In: **Prpic, B. (ed.): Silver fir (Abies alba Mill.) in Croatia.** [s.l.:s.n], 2001. p. 299 – 307. The monograph of the Academy of Forestry Sciences and Croatian Forests Ltd., Zagreb.

RAVEN, P.H., EVERT, R.F.; EICHHORN, S.E. **Biologia vegetal.** Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2007. p. 690.

RÉ, P. **O ABC das câmeras CCD.** 2005. Disponível em: <<http://www.astrosurf.com/re/abccamarascddpre.pdf>> Acesso em: 30/10/2007

RIBEIRO, E.: **Notas de aulas.** Departamento de Física – Universidade Federal do Paraná, 2008

ROTTA, E. **Erva-de-passarinho(Loranthaceae) na arborização urbana: Passeio Público de Curitiba, um estudo de caso.** 135 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2001.

SMALL, C.; LU, J. W.T. Estimation and vicarious validation of urban vegetation abundance by spectral mixture analysis. **Remote Sensing of Environment**, v. 100, n. 4, p. 441-456, 2006.

SONY CORPORATION. **Manual técnico.** 2003.

SPURRIER, S.; SMITH, K.G. Desert mistletoe (*Phoradendron californicum*) infestation correlates with blue palo verde (*Cercidium floridum*) mortality during a severe drought in the Mojave desert. **Journal of Arid Environments**, v. 69, p. 189-197, 2007.

STEFFEN, C.A. **Técnicas radiométricas com o SPECTRON SE-590**. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 8., Salvador, 1996. Anais SBSR, 1996, p. 969-975.

STEFFEN, C.A., Oliveira, J. L. de, Gama, F. F. **O programa ESPECTO**. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 7., 1993, p. 138-144.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2004, p. 719.

TERASHIMA, I.; HIKOSAKA, K. **Comparative ecophysiology of leaf and canopy photosynthesis**. *Plant, Cell and Environment*. V. 18, p. 1111-1128, 1995. Disponível em: <http://www.blackwell-synergy.com/doi/abs/10.1111/j.1365-3040.1995.tb00623.x>> Acesso em: 13/06/2008

THETA system elektronik GmbH. **Glossar - Beschreibung der Eigenschaften einer CCD Kamera**. (2004). Disponível em <<http://www.theta-system.de/Datasheet/Glossar.pdf>> acessado em 30/07/2008

TOMMASELLI, A.M.G.; HASEGAWA, J.K.; GALO, M. Modernas tecnologias de aquisição de imagens em fotogrametria. **Boletim de Ciências Geodésicas**, Curitiba, v. 6, n. 1, p. 49-64, 2000

TSOPELAS, P. *et al.* Mistletoe (*Viscum album*) in the fir forest of Mount Parnis, Greece. **Forest Ecology and Management**, v. 2002, p. 59-65, 2004

VALERIANO, M.M. Reflectância espectral de culturas agrícolas anuais (I): Espectrorradiometria. **Espaço & Geografia**, v. 6, n. 1, 2003

VOGELMANN, T.C.; BORNMAN, J.R.; YATES, D.J. Focusing of light by leaf cells. **Physiologia Plantarum**, v. 98: 43-56, 1996. Disponível em: <<http://www.blackwell-synergy.com/doi/abs/10.1111/j.1399-3054.1996.tb00674.x?journalCode=ppl>> Acesso em: 13/06/2008

WILSON, C.A.; CALVIN, C.L. An origin of aerial branch parasitism in the mistletoe family, *Loranthaceae*. **American Journal of Botany**, v. 93, p. 787-796, 2006.

<<http://www.parasiticplants.siu.edu/Loranthaceae/index.html>> visitado em 14 de maio de 2008

<<http://www.herbario.com.br/cie/universi/teoriacont/1003fot.htm>> visitado em 13 de junho de 2008

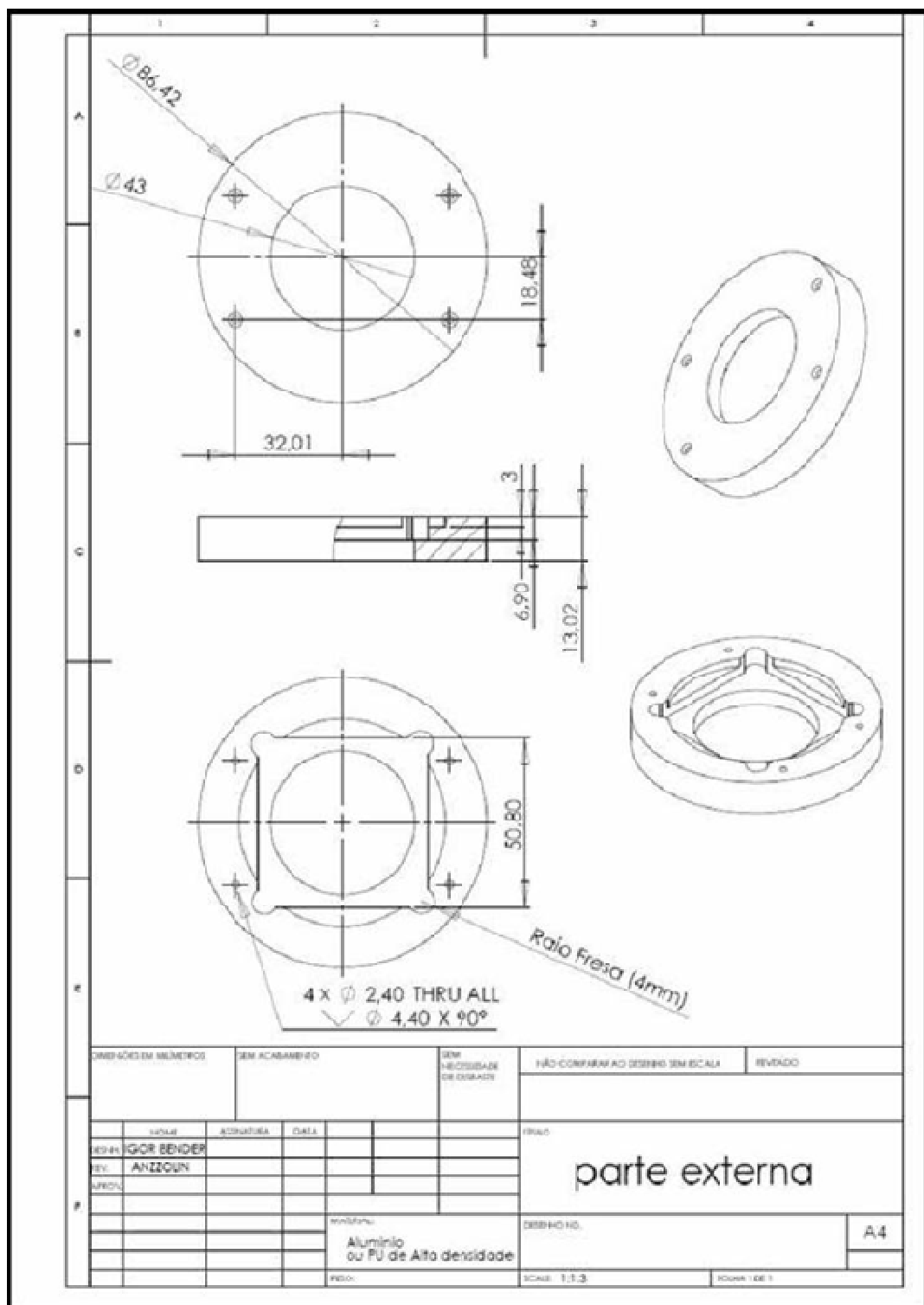
<[http://www.ing.iac.es/~smt/CCD\\_Primer/CCD\\_Primer.htm](http://www.ing.iac.es/~smt/CCD_Primer/CCD_Primer.htm)>. visitado em 13 de junho de 2008

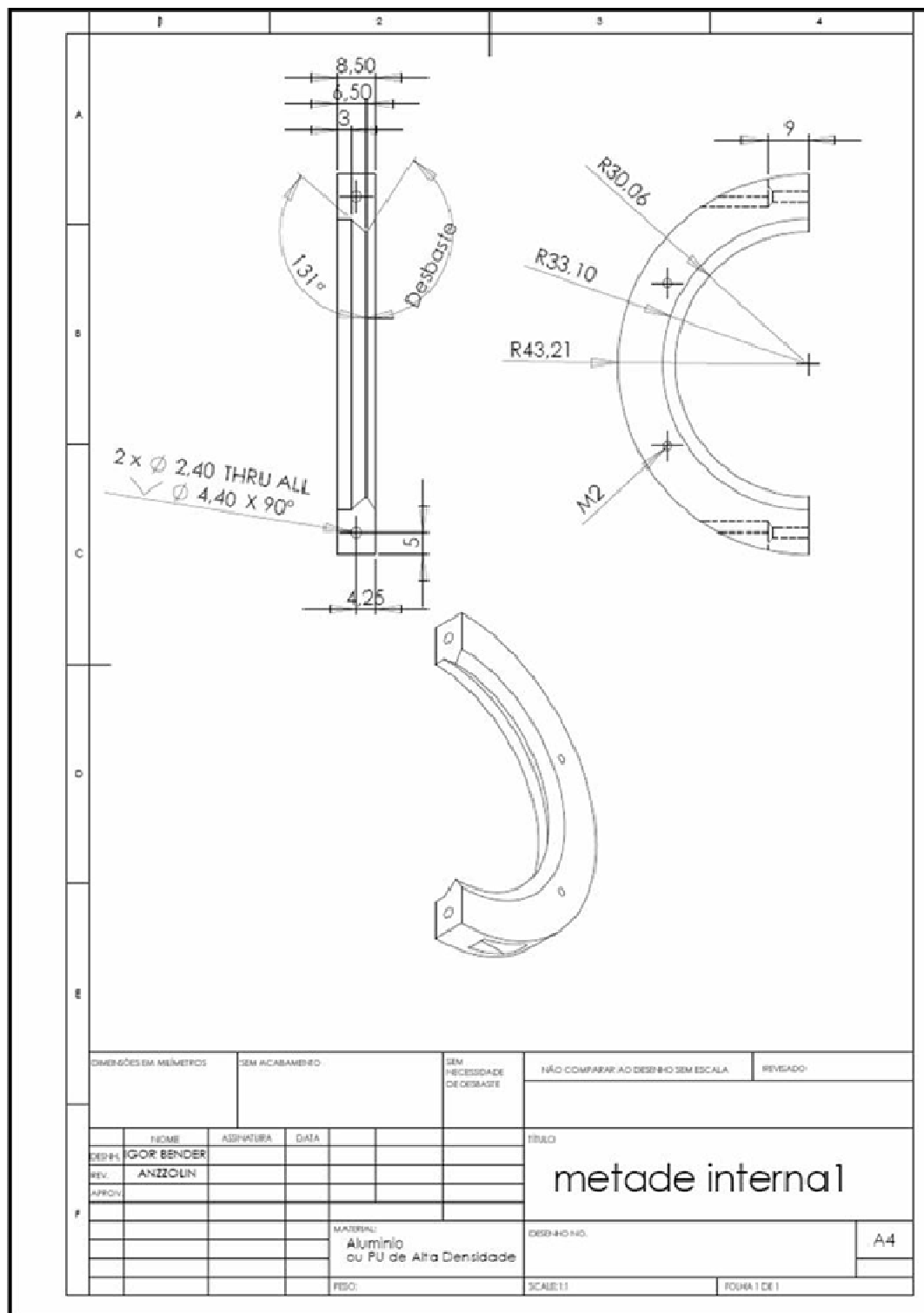
< [http://en.wikipedia.org/wiki/Color\\_filter\\_array](http://en.wikipedia.org/wiki/Color_filter_array)> acessado em 30 de julho de 2008

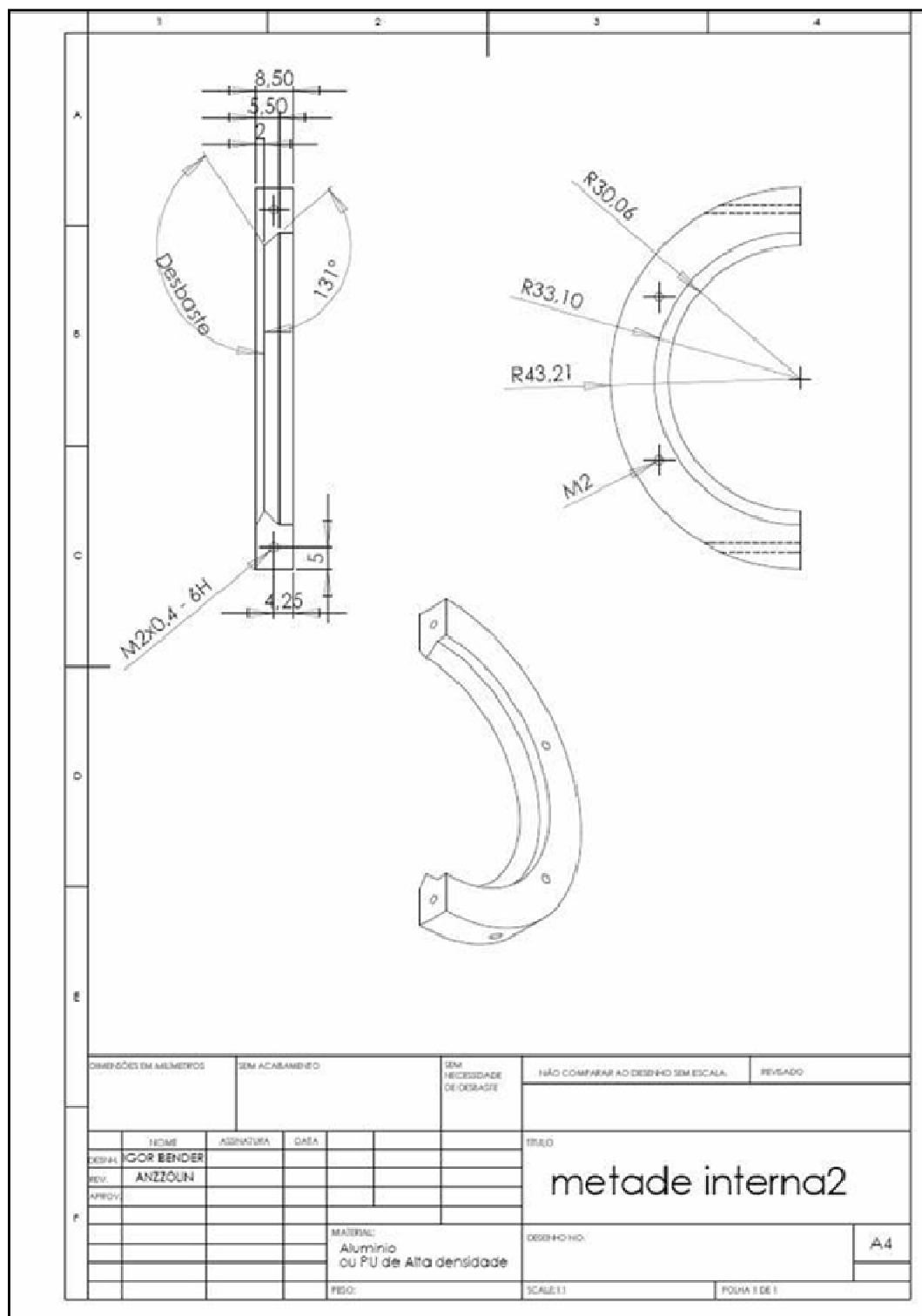


**ANEXO 01**

Projeto do dispositivo para a câmera DSC-F828 da Sony.

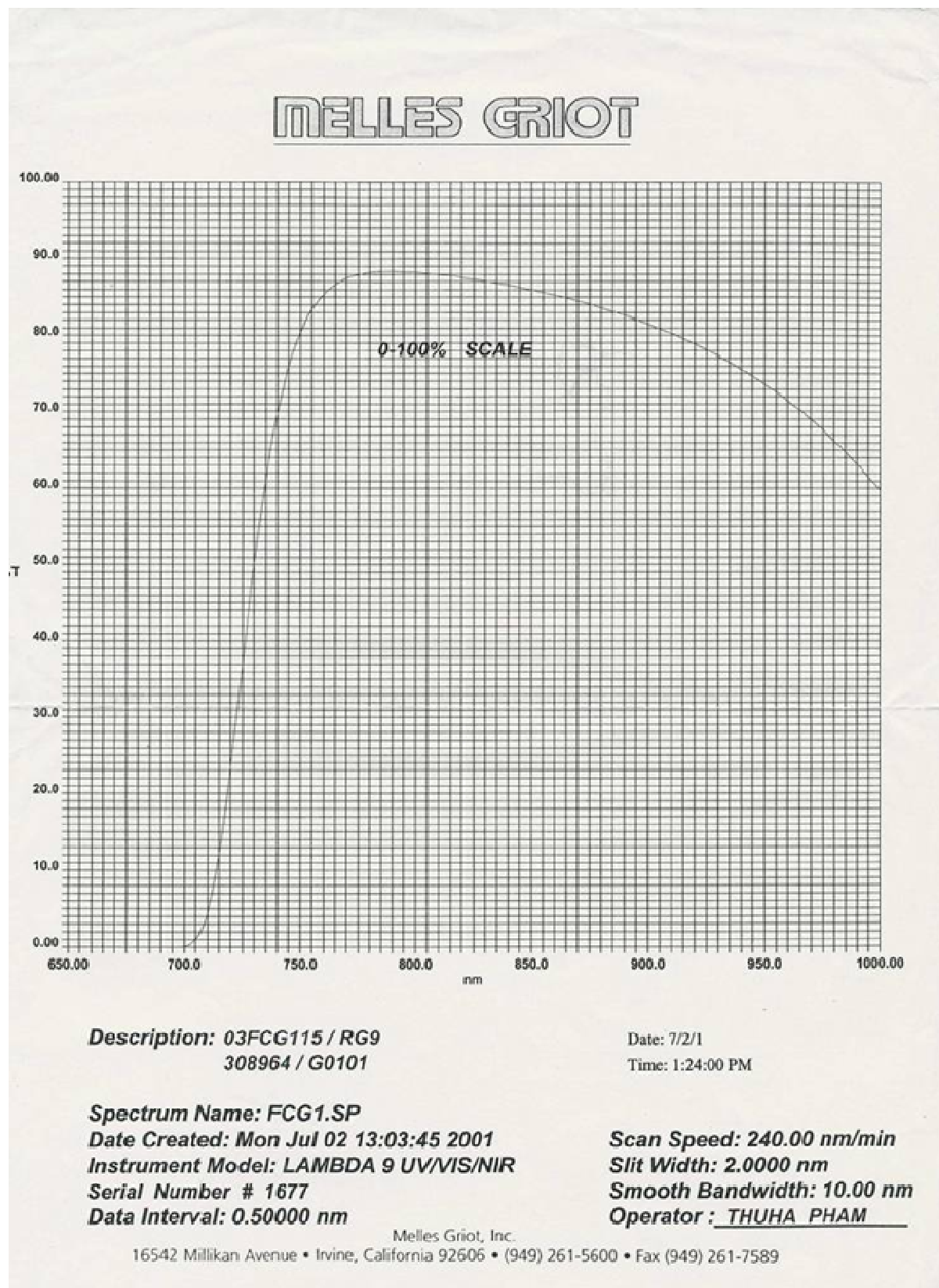


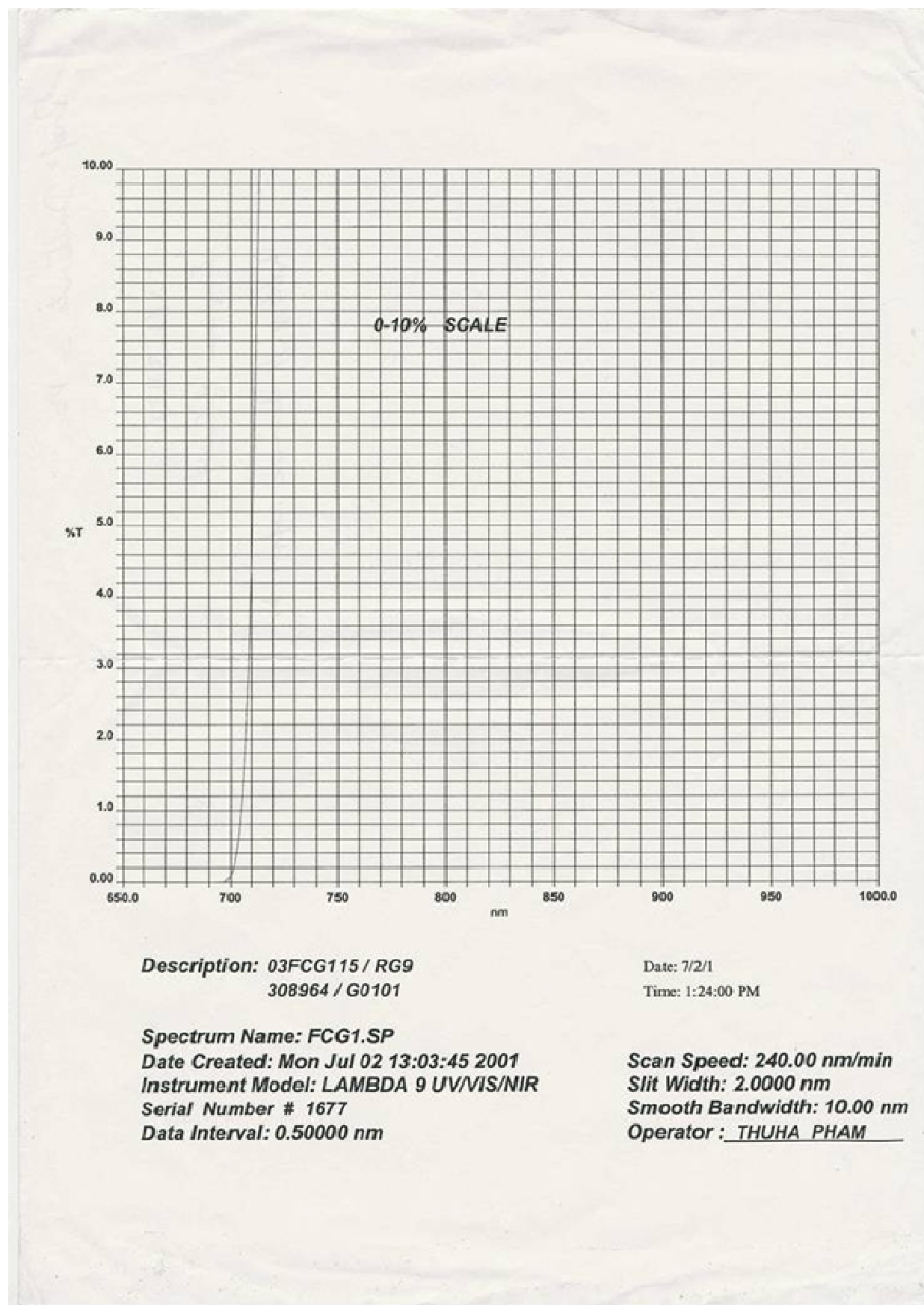




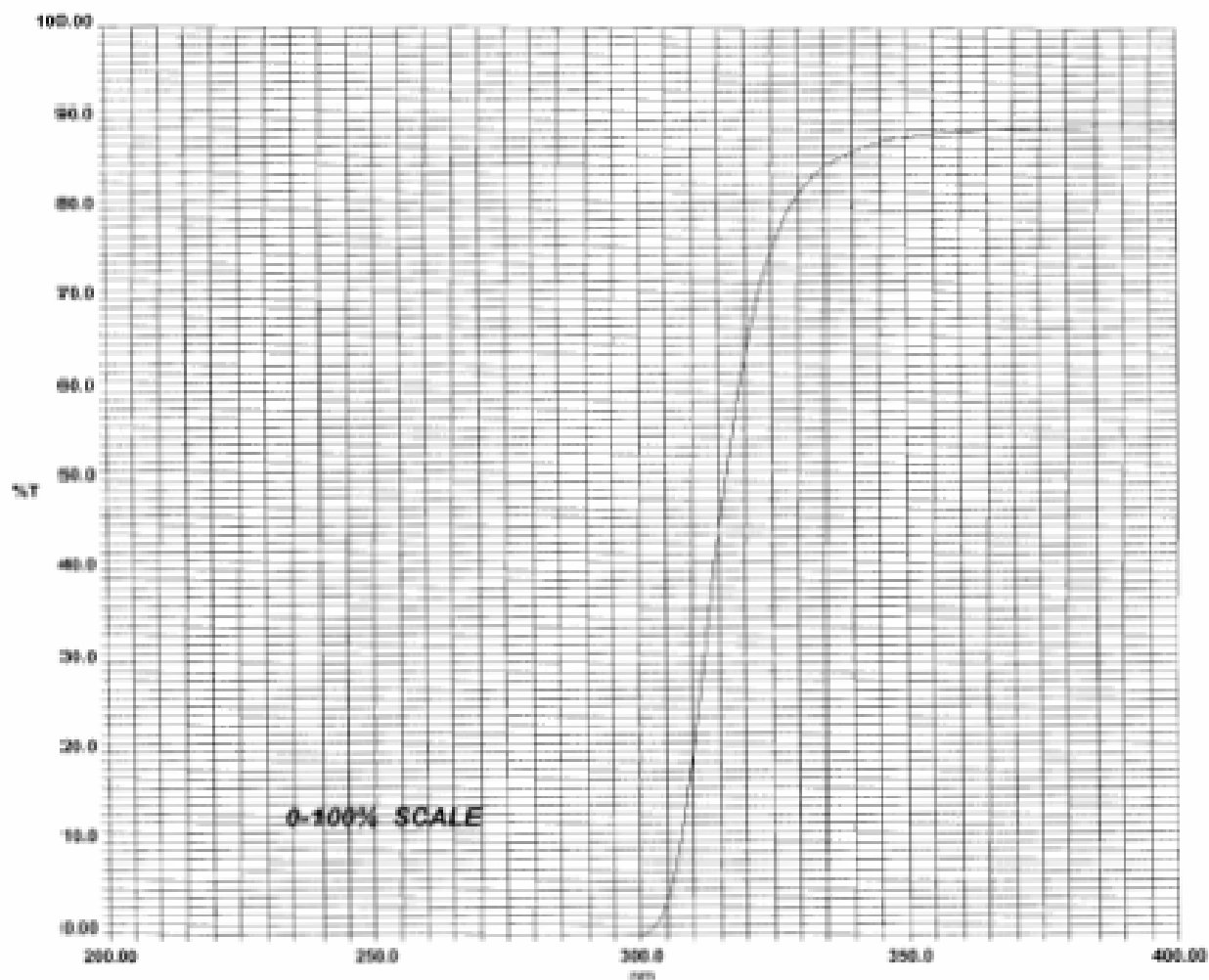
## ANEXO 02

Características dos filtros *edges*.





# MELLES GRIOT



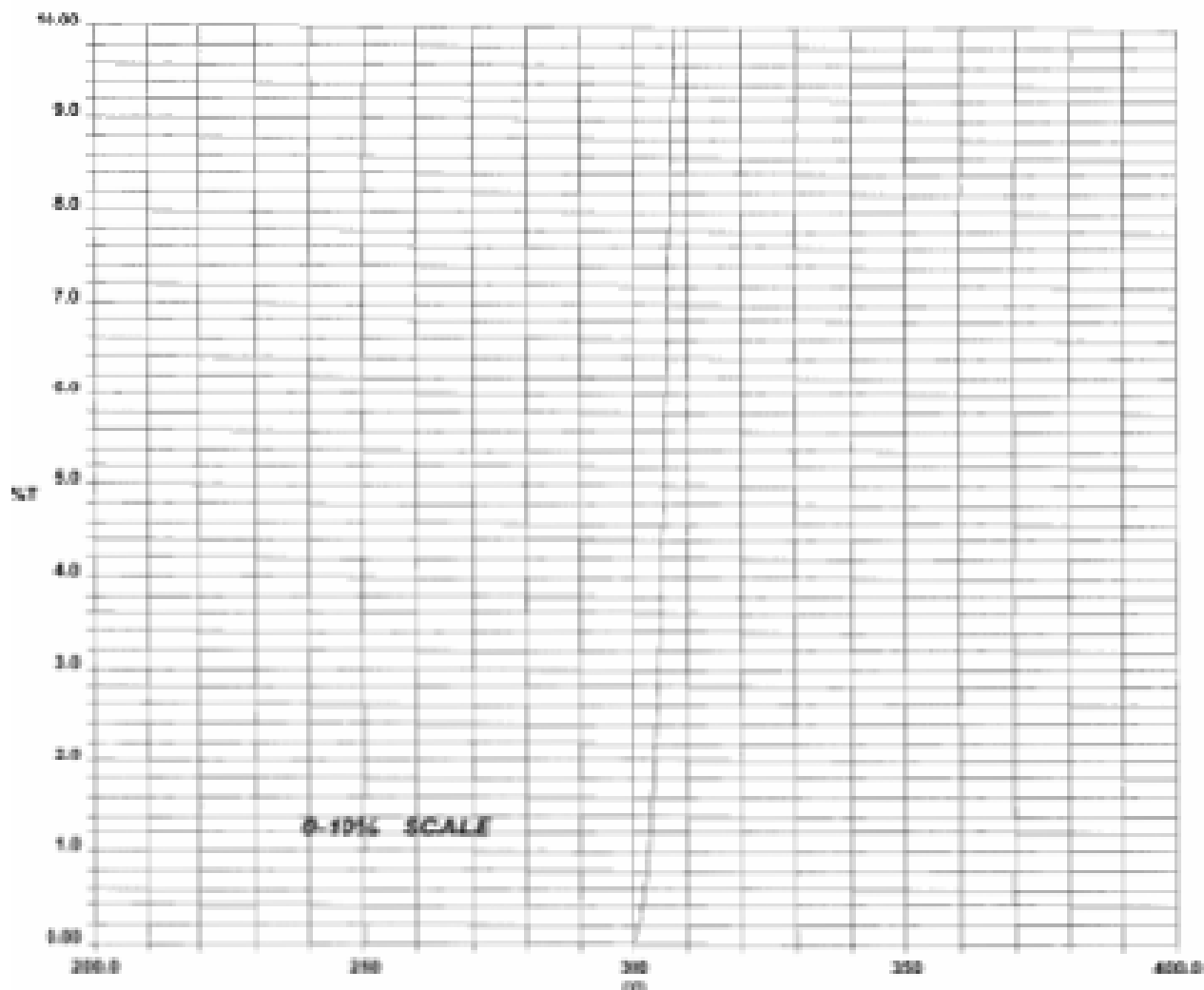
Description: **03FCG123 / WG320**  
**104070 / E0201**

Date: 5/11/01  
Time: 1:26:53 PM

Spectrum Name: FCG067.SP  
Date Created: Fri May 11 14:07:04 2001  
Instrument Model: LAMBDA 9 UV/VIS/NIR  
Serial Number # 1677  
Data Interval: 0.50000 nm

Scan Speed: 240.00 nm/min  
Slit Width: 2.0000 nm  
Smooth Bandwidth: 10.00 nm  
Operator : THUHA PHAM

Melles Griot, Inc.  
16542 Millikan Avenue • Irvine, California 92606 • (949) 261-5600 • Fax (949) 261-7589



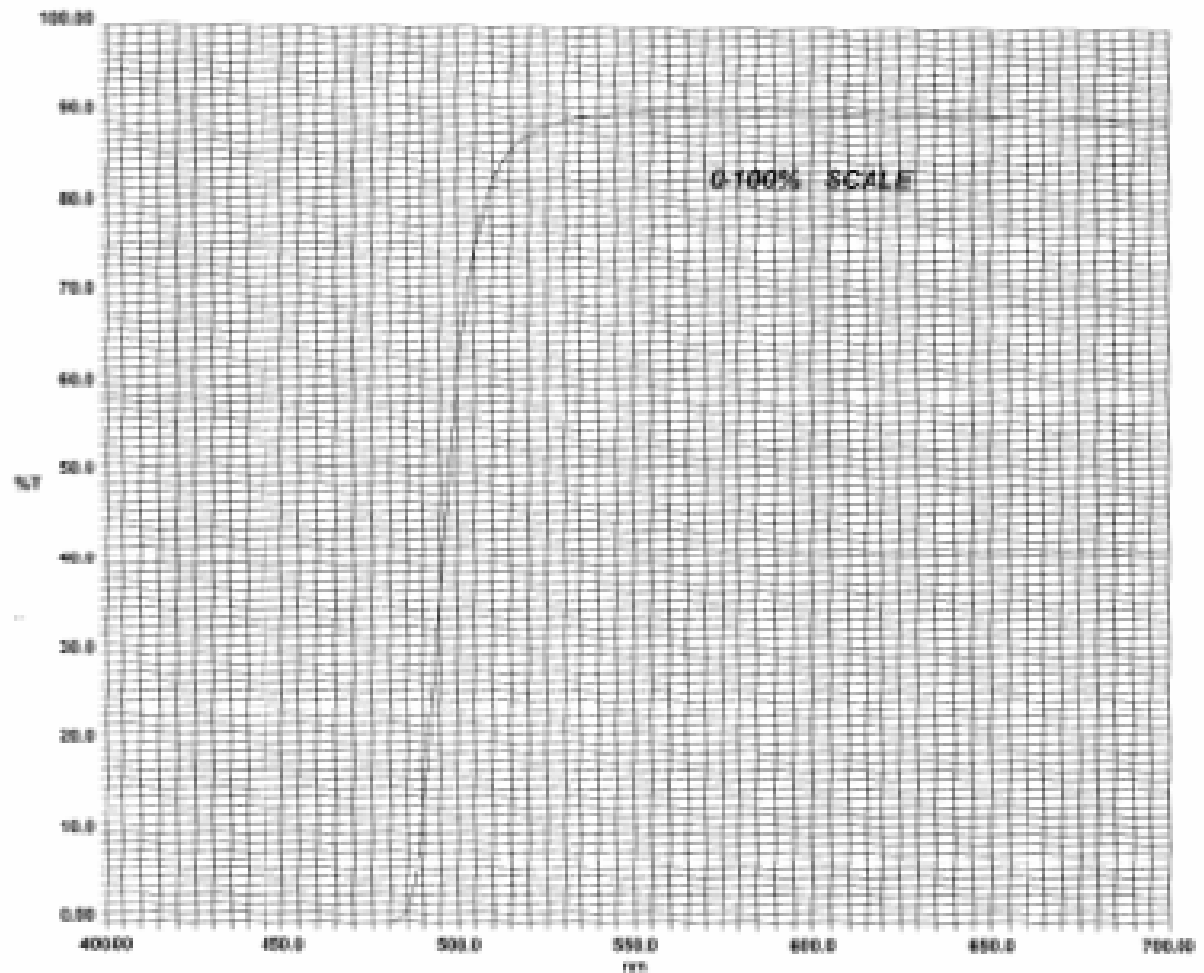
Description: **03FCG123 / WG320**  
**104070 / E0201**

Date: 5/11/1  
Time: 1:26:53 PM

Spectrum Name: FCG067.SP  
Date Created: Fri May 11 14:07:04 2001  
Instrument Model: LAMBDA 9 UV/VIS/NIR  
Serial Number: 1677  
Data Interval: 0.50000 nm

Scan Speed: 240.00 nm/min  
Slit Width: 2.0000 nm  
Smooth Bandwidth: 10.00 nm  
Operator: THUHA PHAM

# MELLES GRIOT



Description: **03FCG067 / GG495**  
**104297 / E0401**

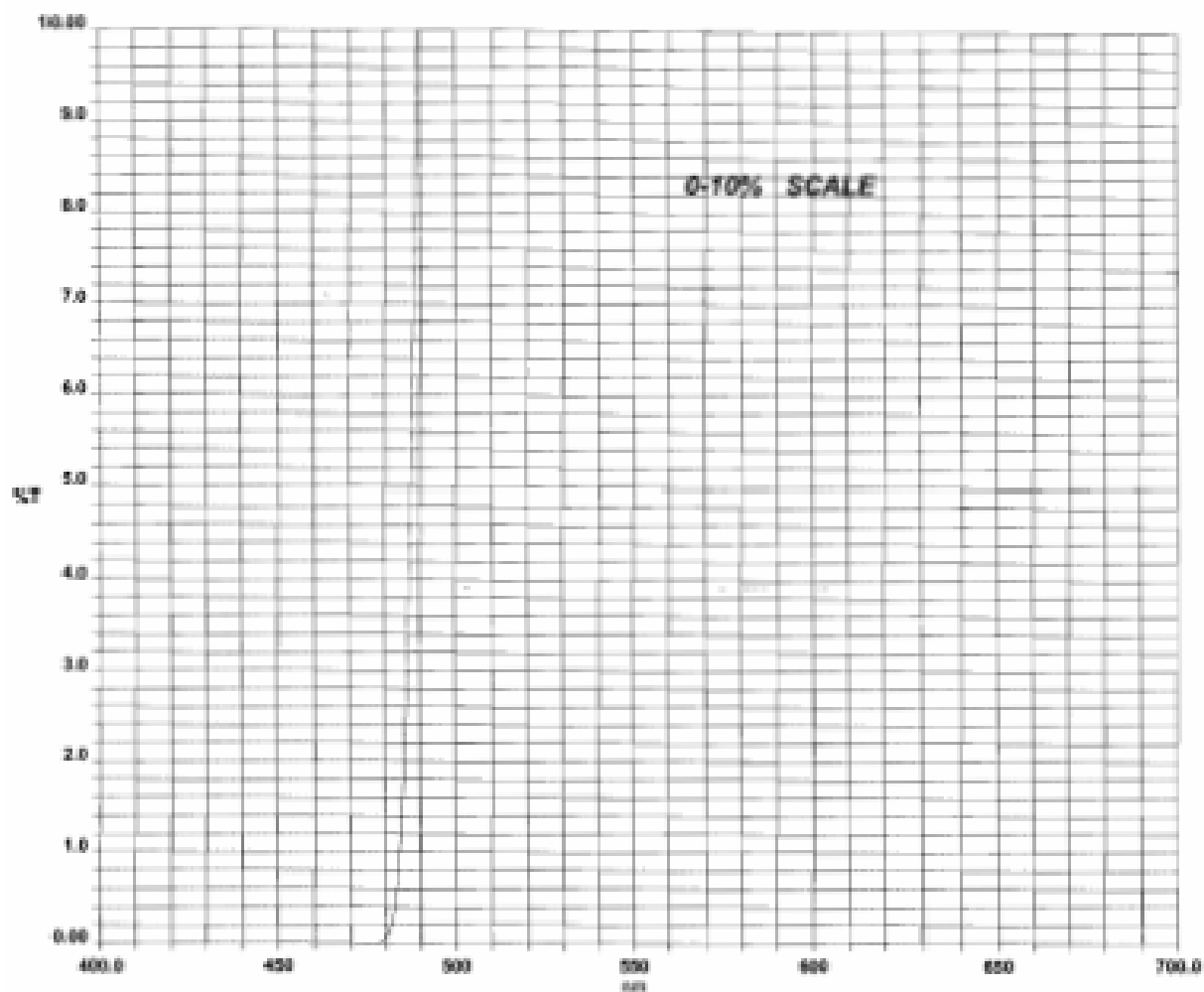
Date: 5/25/1  
Time: 10:45:14 AM

Spectrum Name: FCG-162.SP  
Date Created: Fri May 25 14:47:29 2001  
Instrument Model: LAMBDA 9 UV/VIS/NIR  
Serial Number # 1677  
Data Interval: 0.50000nm

Sczn Speed: 240.00 nm/min  
Slit Width: 2.0000 nm  
Smooth Bandwidth: 10.00 nm  
Operator : THUHA PHAM

Melles Griot, Inc.  
16542 Milliken Avenue • Irvine, California 92606 • (949) 261-5000 • Fax (949) 261-7583





Description: **03FCG067 / GG495**  
**104297 / E0401**

Date: 5/25/1  
Time: 10:46:14 AM

Spectrum Name: FCG-162.SP  
Date Created: Fri May 25 14:47:29 2001  
Instrument Model: LAMBDA 9 UV/VIS/NIR  
Serial Number # 1677  
Data Interval: 0.50000 nm

Scan Speed: 240.00 nm/min  
Slit Width: 2.0000 nm  
Smooth Bandwidth: 10.00 nm  
Operator : THUHA PHAM

### ANEXO 03

Diagrama de dispersão das bandas 1, 2, 3 e 4 dos FRDH das espécies estudadas e suas respectivas funções.

Onde: TT - *Tipuana tipu* (VELL.) MOR. (TIPUANA), AJ - *Ligustrum lucidum* W.T. AITON. (ALFENEIRO-DO-JAPÃO), MA - *Michelia champaca* L. (MAGNÓLIA), SV - *Struthanthus vulgaris* MART., SU - *Struthanthus uraguensis* (H & A), TA - *Tripodanthus acudifolius* (R & PAV.) TIEGH, SA - *Struthanthus* SP.

