

**XIII** Colóquio Brasileiro  
de Ciências  
Geodésicas • 2024

Universidade Federal do Paraná

**25** Anos

*Conectando mentes e  
provendo conhecimento*

# MINIMIZAÇÃO DE EFEITOS DO RELEVO NA ILUMINAÇÃO DE ALVOS: AVALIAÇÃO EM IMAGENS DE VARP

*Nilton Nobuhiro Imai<sup>1</sup>, Isabele Canesin Longo<sup>1</sup>, Willian Henrique Guilherme Marques<sup>1</sup>,  
Mariana Bardella Thomaz<sup>1</sup>, Antonio Maria Garcia Tommaselli<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho - Unesp

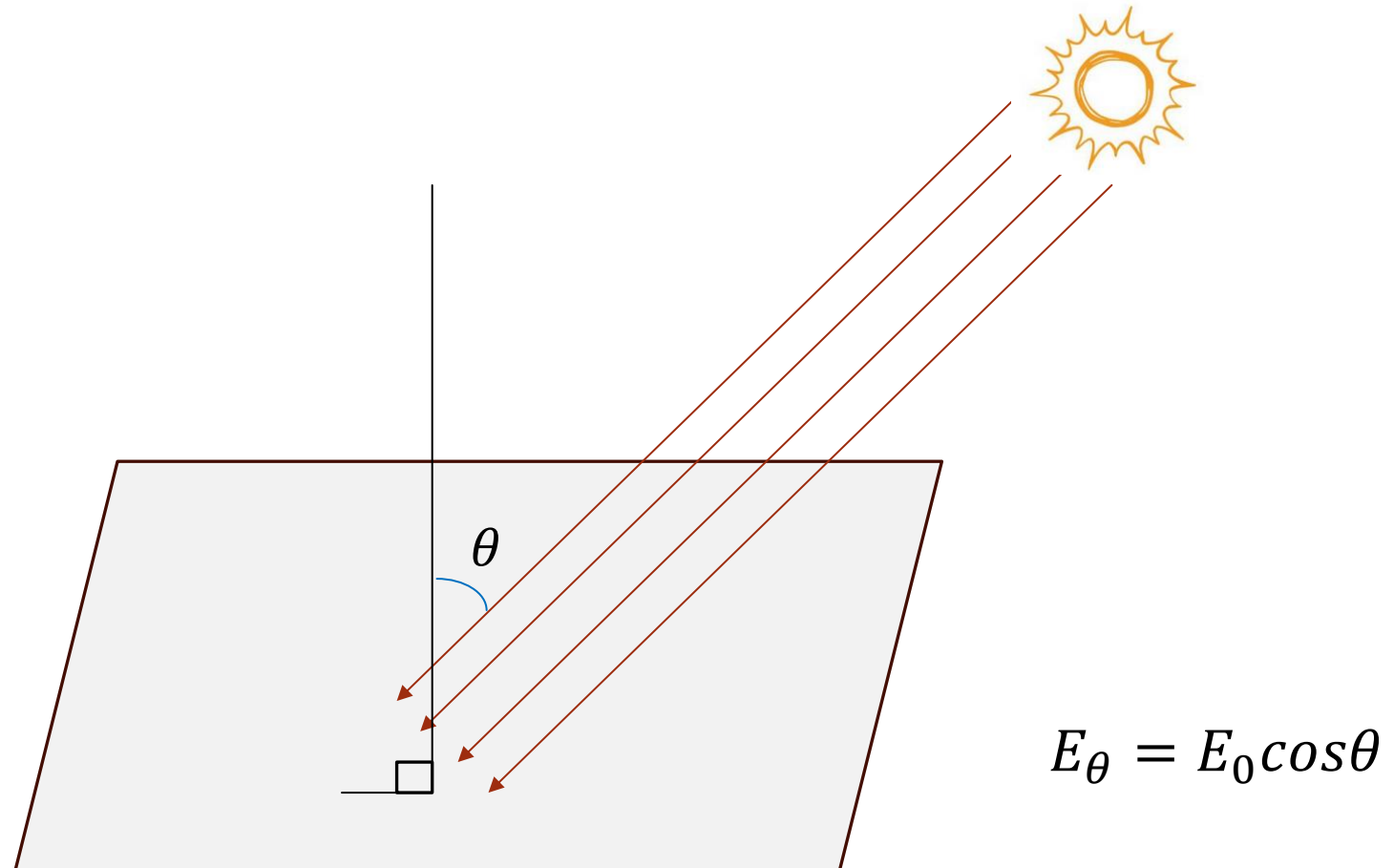
# Introdução

- Imagens tomadas de Veículos Aéreos Remotamente Pilotados
  - Diversas aplicações, incluindo Recursos renováveis, Agricultura, Floresta e análise do meio ambiente;
  - Exigência fundamental nas aplicações de Sensoriamento Remoto: qualidade dos dados espectrais
    - Reflectância espectral dos alvos
  - Como é estimada a Reflectância espectral em imagens de Sensoriamento Remoto?
    - A partir da Radiância espectral dos alvos da superfície.

# Princípios

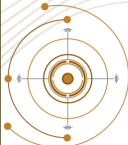
- Reflexão da energia radiante
  - Função da energia radiante que incide sobre o alvo
  - Ou seja, depende da Irradiância do alvo
  - Geometria de iluminação do alvo
    - Localização do alvo, dia e horário
- A Irradiância de uma superfície é função da geometria de iluminação
  - Função do cosseno do ângulo em relação à normal dessa superfície

# Irradiância depende da geometria de iluminação



# Efeito na imagem

- Medimos radiância
  - Relevo provoca alterações na
    - Radiância do alvo conforme a sua posição



**XIII** Colóquio Brasileiro  
de Ciências  
Geodésicas • 2024

Universidade Federal do Paraná

**25** Anos

*Conectando mentes e  
provendo conhecimento*



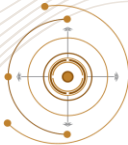
# Fator de reflectância

- Estimativa da reflectância em imagens
  - Baseada na radiância registrada nos pixels da imagem
  - Função de transformação de radiância em reflectância
    - Exemplo: - transformação pela linha empírica,  
- Função de transformação fornecida pelo fornecedor da imagem

# Problema e sua minimização

- Variações da forma do relevo
  - Variações nos valores estimados de reflectância
- Minimização baseada no ângulo de iluminação





# Objetivo

- Apresentar o problema causado pelas variações da forma do relevo como alerta para aplicações que dependem da análise da reflectância dos alvos
- Apresentar uma comparação de três modelos de minimização dos efeitos causados pelas variações do relevo

# Materiais e métodos

- Imagens tomadas de VARP
  - Câmera SEXTUPLE A7R4 Agrowing,
    - com seis lentes E-mount,
    - baseada na tecnologia da Sony Alpha A7RIV



Figura 1: Câmera SEXTUPLE A7R4 Agrowing

# VARP Matrice 300 RTK



# Alvo

- Um alvo foi manufaturado
  - com faces de dimensões 0.5 x 0.5 m, de declividades:  $0^\circ$ ,  $25^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $60^\circ$  e de maneira que o aspecto dessas faces pudessem ser orientadas;
  - cobertas com um tecido composto por laminado de PVC e poliéster, devido às suas propriedades favoráveis de reflexão quase difusa;
  - possui dois conjuntos de faces, faixas fx1 e fx2, com declividades iguais, sendo que esses conjuntos estão orientados de forma que seus aspectos tenham diferença de  $90^\circ$ .

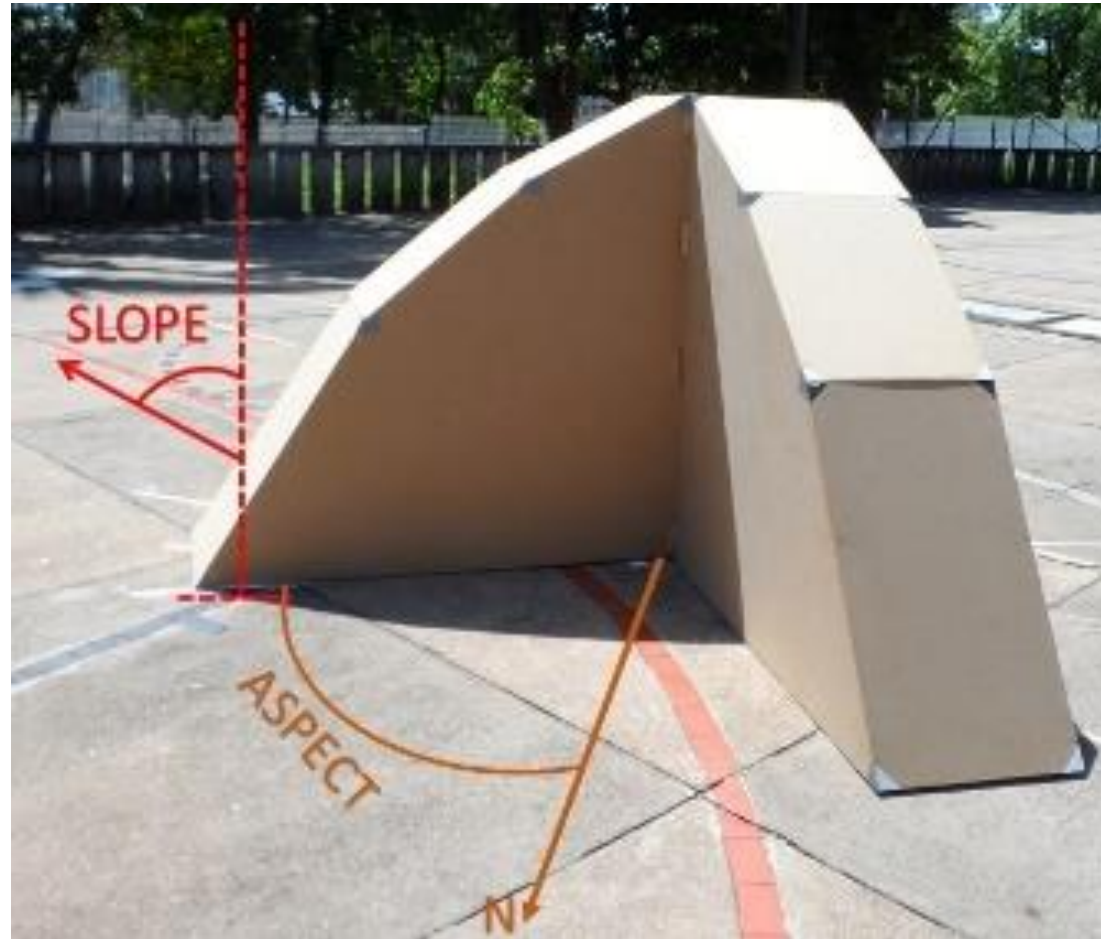
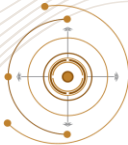


Figura 2: Alvo manufaturado

Fonte: Thomaz (2019)



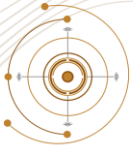
# Levantamento aéreo

## ► Levantamento aéreo

- Altura de voo: 60 m, GSD (*Ground Sample Distance*) de aproximadamente 6,5 mm
- Horário 11:00 h
- Apoiado em dados PPK
- Sobreposição lateral de 60%
- Sobreposição longitudinal de 80%

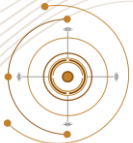
## ► Processamento com Agisoft Metashape

- Nuvem de pontos
- Ortomosaico



# Correção baseada na Iluminação

- Cálculo da iluminação (IL) ou  $\cos i$ 
  - Representado pelo  $\cos (i)$
- $IL = \cos (i) = \cos \theta_0 \cos \theta_n + \sin \theta_0 \sin \theta_n \cos (\phi_0 - \phi_n)$ 
  - Baseado na lei do cosseno da trigonometria esférica (Teillet et al., 1982)
    - $\phi_0$  azimute e
    - $\theta_0$  ângulo zenital solar;
    - $\phi_n$  aspecto e
    - $\theta_n$  declividade do terreno.



# Modelos testados

## ➤ Modelo 1 (Teillet et al., 1982)

$$\text{➤ } L_c = L_0 \cos(\theta_0) / \cos(i)$$

## ➤ Modelo 2 (Smith et al., 1980)

$$\text{➤ } L_c = L_0 / \cos(i)$$

## ➤ Modelo 3 (Civco, 1989)

$$\text{➤ } L_c = L_0 (IL/IL_m)$$

- Sendo  $L_c$  radiância corrigida,  $L_0$  radiância observada,  $IL = \cos(i)$  a iluminação,  $IL_m$  a média dos valores de  $IL$  e  $\theta_0$  ângulo zenital solar.



# Amostragem

## ➤ Amostra de radiância

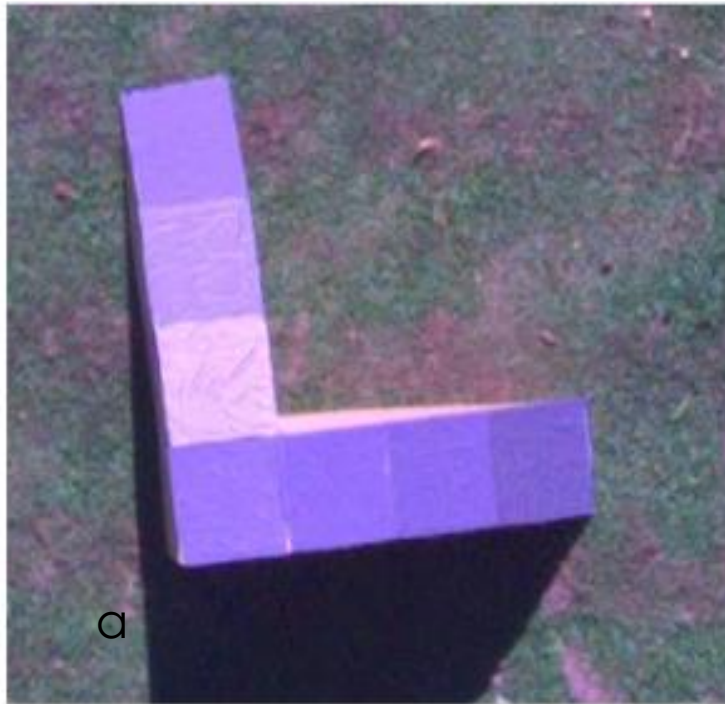
- valor de nível digital (ND) médio de uma janela de 25 X 25 representa a radiância de cada uma das faces de acordo com a geometria de iluminação;
- Cada um desses valores foi submetido à correção proposta por cada modelo;
- Banda adotada: comprimento de onda central em 560 nm

# Critério de avaliação

- Coeficiente de variação da média dos valores corrigidos das placas foi adotado como critério

# Resultados: Produtos

Imagem com composição colorida



Nuvem de pontos

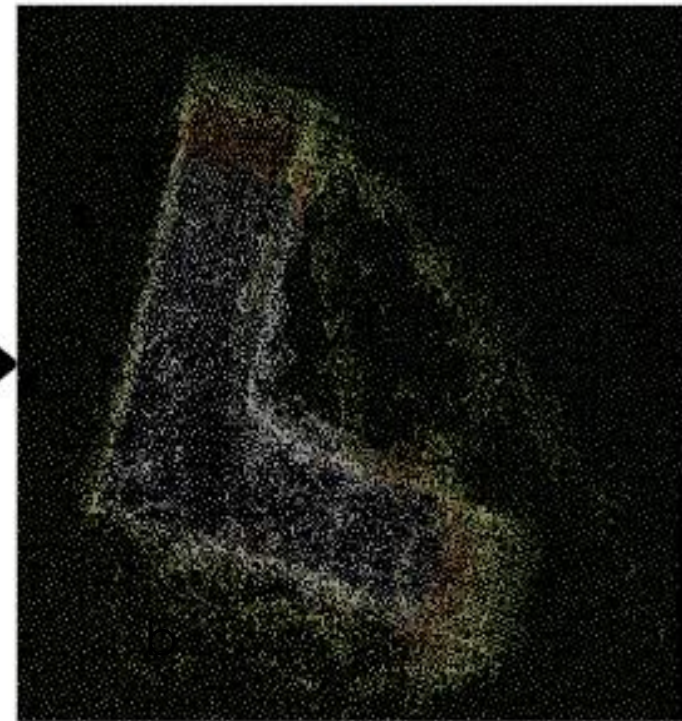


Figura 3: a. ortomosaico, b. Nuvem de pontos

# Iluminação das placas

Tabela 1 – Valores de iluminação ( $\cos(i)$ ) das faces das duas faixas às 11:00 h.

Declividade Face (graus)	Faixa 1	Faixa 2
0	0,7085	0,7085
25	0,9402	0,6324
45	0,9997	0,4847
60	0,9651	0,3343

# Correção da radiância

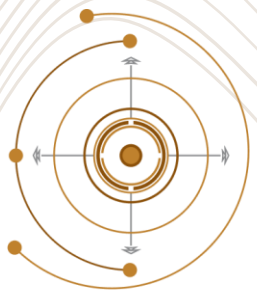
radiância	horizontal	25° fx1	45° fx1	60° fx1	25° fx2	45° fx2	60° fx2	CV fx1	CV fx2	CV total
<b>original</b>	10,51	22,98	14,65	12,15	7,87	6,07	6,21	0,37	0,27	0,26
<b>Modelo1</b>	10,51	17,31	10,38	8,92	10,83	12,44	13,93	0,32	0,13	0,23
<b>Modelo2</b>	14,83	24,44	14,66	12,59	15,28	17,55	19,66	0,32	0,13	0,23
<b>Modelo3</b>	0,22	6,88	5,59	4,06	1,22	2,81	3,54	0,69	0,77	0,67

# Discussões

- Os melhores modelos de correção encontrados são os modelos 1 e 2 cujos coeficientes de variação para todos os casos são iguais e desempenho similar.
- Nota-se, também que a faixa fx1 que recebe energia solar com menores ângulos e, portanto, com maior iluminação são mais difíceis de minimizar diferenças, o coeficiente de variação decai de 0,37 para 0,32 enquanto que da faixa fx2 o coeficiente de variação decai de 0,27 para 0,13 com a aplicação dos dois primeiros modelos.

# Conclusões e recomendações

- Apesar das limitações, os modelos 1 e 2 foram capazes de minimizar as diferenças entre os valores de radiância e contribuem para diminuir o efeito do relevo nas estimativas de fator de reflectância em imagens tomadas por RPA;
- É necessário realizar mais testes com outras geometrias de iluminação e modificação do material que cobre as face;
- Também é importante realizar testes em áreas agrícolas reais em diversos horários para avaliar melhor o desempenho desses modelos.
- Avaliar outros modelos que incorporem BRDF.



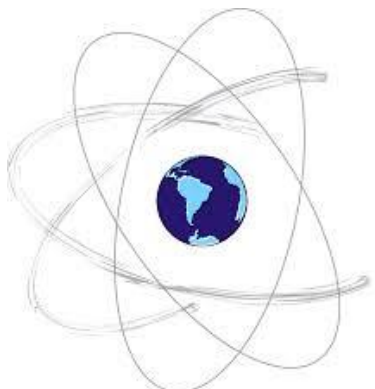
# XIII Colóquio Brasileiro de Ciências Geodésicas • 2024

Universidade Federal do Paraná

# 25 Anos

*Conectando mentes e  
provendo conhecimento*

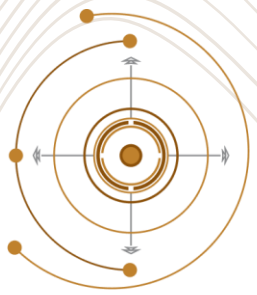
## Agradecimentos



PPGCC







**XIII** Colóquio Brasileiro  
de Ciências  
Geodésicas • 2024

Universidade Federal do Paraná

**25** Anos

*Conectando mentes e  
provendo conhecimento*

**Fim**

Obrigado pela atenção

## Referências

CIVCO, D. L. Topographic normalization of Landsat Thematic Mapper digital imagery. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, v. 55, n. 9, p. 1303-1309, sep. 1989.

M. TEILLET, P.; GUINDON, B.; GOODENOUGH, D. On the Slope-Aspect Correction of Multispectral Scanner Data. **LARS Symposia**, v. 8, 1 dez. 1982.

SELLERS, W.D. **Physical Climatology**. University of Chicago Press, Chicago 1965

SMITH, J.A.; LIN, T.L.; RANSON, K.J. The Lambertian Assumption and Landsat Data. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, v. 46, n. 9, p. 1183-1189, sep. 1980