

MEDIÇÕES DE SEEING E EXTINÇÃO NOS SÍTIOS DO OPD E SOAR-GEMINI

Gabriel Rodrigues Hicel¹, Wilton da Silva Dias¹, Rodrigo Prates Campos²
¹DFQ/ICE/UNIFEI, Avenida BPS, 1303 - Pinheirinho - Itajubá - MG - CEP 37500-903,
 gabrielhicel@unifei.edu.br, wilton@unifei.edu.br
²LNA, Rua Estados Unidos, 154 - Bairro das Nações - Itajubá - MG - CEP 37504-364
 rodrigo@lna.br

Este trabalho traz a proposta da instalação de medidores de extinção visual e seeing nos sítios do OPD e SOAR-Gemini. A ser efetuada em duas etapas, a instalação de um DIMM e de um telescópio de pequeno porte, ambos completamente automatizados, possibilitarão o monitoramento em tempo real da extinção visual e do seeing no OPD. Apresentamos alguns testes já efetuados. O baixo custo dos equipamentos e os ganhos para avaliações observacionais encorajam a instalação destes monitores também no sítio do SOAR-Gemini, possibilitando programas de fotometria absoluta de alta precisão.

1 - Introdução

O plano quinquenal (2005-2010) de metas e propostas do LNA tem entre seus itens, o monitoramento das condições atmosféricas e qualidade das observações astronômicas no OPD. Atualmente este monitoramento limita-se à uma estação meteorológica profissional e uma câmera all-sky para análise da cobertura de nuvens. Não existe uma sistemática para a avaliação de parâmetros observacionais importantes, como o seeing e a extinção atmosférica. A estimativa destes parâmetros é feita pelo observador, requerendo um dispêndio de tempo de telescópio considerável, sobretudo para a extinção atmosférica.

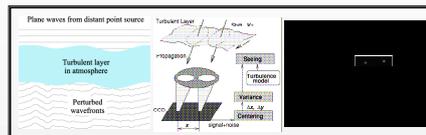
Levando estes aspectos em consideração, iniciamos uma proposta em 2008 para a determinação da extinção atmosférica e do seeing no OPD, de forma automática e continuada, com pequenos telescópios dedicados. A aplicação desta metodologia é bem sucedida em vários sítios astronômicos profissionais (WHT, ESO, Gemini/SOAR, Mauna Kea, dentre outros), sobretudo no que diz respeito ao seeing, principalmente através dos DIMMs (Sarazin and Roddier, 1990, A&A 227, 294), mas existem pouquíssimas iniciativas para a determinação automática da extinção atmosférica (ver por exemplo, Hogg et al., 2001, AJ 122, 2129).

Nossa proposta é da instalação de um DIMM no OPD e de um monitor de extinção atmosférica, ambos atuando de forma automática. O plano é proposto em duas etapas; I) instalação do DIMM (modo semi-automático) e utilização do telescópio Meade de 40cm em noites dedicadas a programas fotométricos para a estimativa dos coeficientes de extinção; II) uso do DIMM (modo automático) e instalação de telescópio de pequeno porte dedicado à estimativa dos coeficientes de extinção; ambos em uma torre dedicada à monitoração das condições atmosféricas.

2 - Monitoramento do Seeing

2.1 - DIMM proposto

Um DIMM (Differential Image Motion Monitor) é basicamente um monitor de seeing que analisa os efeitos de distorção da frente de onda, medidos em dois pontos distintos da mesma - ver Sarazin and Roddier, 1990, A&A 227, 294; Tokovinin, 2002, PASP 114, 1156; Tokovinin & Kornilov, 2007, MNRAS 382, 1268.



↑ Figura 1 - esquema de funcionamento do DIMM. As ondas planas distorcidas pela atmosfera são analisadas em dois pontos, sendo um deles levemente desviado opticamente. A variação da distância entre os centróides das duas imagens está relacionada à turbulência.

O DIMM utiliza um instrumento de pequena abertura com uma máscara contendo de 2 a 4 aberturas circulares. A distância entre as aberturas é de 10 a 20 cm. Este comprimento é muito próximo do comprimento de coerência média da frente de onda. A turbulência atmosférica é considerada como tendo o espectro de Kolmogorov, com índice de frequência de -5/3.

Os parâmetros relevantes são tabelados abaixo:

Quantity	Units	Formula
Seeing (FWHD)	rad	$\epsilon_0 = 0.98\lambda/r_0$
Turbulence integral	$m^{1/3}$	$J = \int_{\rho_{min}}^{\rho_{max}} C_n^2(z) dz$
Fried parameter	m	$r_0 = [0.423(2\pi/\lambda)^2 J]^{-3/5}$
		$r_0 = 1.01\lambda/\epsilon_0$
Phase power spectrum	m^2	$\Phi_{\phi}(f) = C f ^{-11/3}$
		$C = 0.00969(2\pi/\lambda)^2 J$
		$C = 0.0229r_0^{-5/3}$

O DIMM procura medir o parâmetro de Fried (r_0), através da variação da distância entre os centróides fotométricos de cada imagem da estrela. Ele é a medida do tamanho físico do comprimento de coerência típico da frente de onda, para o qual não há deformação apreciável.

Estas variações da distância do centróide entre as duas estrelas precisam ser avaliadas com uma taxa alta. Para ventos estratosféricos de 40 m/s, a distância de 10 cm é percorrida em apenas 3 ms. Medidas históricas em vários observatórios mostram que o valor de r_0 é por volta de 13 a 14 cm. Assim sendo, estamos propondo a seguinte configuração para o DIMM do OPD:

- * Telescópio Meade LX200-ACF 12" (30 cm);
- * Máscara com aberturas de D = 5,5 cm separadas por d = 14 cm;
- * Câmera rápida (Philips SPC900NC);
- * Placa de captura de vídeo com taxa de 30 Hz;
- * PC para controle e aquisição local;
- * Programas específico (SMA - C. Cavadore).

2.2 - Testes preliminares

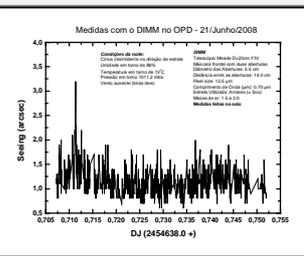
Mesmo sem o equipamento adequado (ver Figura 2), efetuamos um teste preliminar na noite de 20-21 de Junho de 2008 no OPD. Utilizamos um telescópio Meade de 20cm, não perfeitamente orientado, com montagem móvel e oscilatória. A entrada de luz foi obstruída com uma máscara contendo duas aberturas de 5,5 cm de diâmetro, com centros separados de 14cm, sendo uma delas contendo um elemento prismático de pequeno ângulo. Por limitação de logística, o telescópio foi montado no solo e ao lado do prédio do B&C 0.6m do OPD, sujeitando-o à turbulência térmica junto ao solo e à edificação.

O detector utilizado foi uma webcam simples, modelo VCOM PD-612, com um sensor CMOS, com (640x480) elementos de tamanho 12,5 µm, pico de sensibilidade em 700 nm. A taxa de amostragem utilizada foi de 30 Hz, com estimativas de seeing a cada 90 quadros (3 segundos, dependendo do critério de qualidade). A aquisição foi pelo programa de Cavadore (ver <http://www.astrosurf.com/cavadore/>), sem o modo de guiagem ativa, incompatível com o telescópio utilizado.

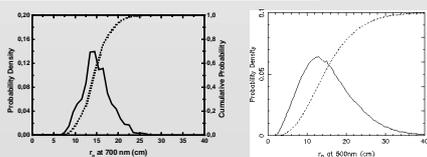
A noite utilizada teve condições de observação ruins, com nuvens baixas e cirrus, além da presença da Lua elevando o fundo de céu. Mas não havia a presença de vento, o que poderia comprometer as medidas. O seeing foi medido de forma contínua por aproximadamente 1 hora, utilizando a estrela Antares (α Sco), para massas de ar variando entre 1.5 e 2.0. Os resultados aparecem nas Figuras 3 e 4.



↑ Figura 2 - Montagem de teste de monitoramento de seeing ao lado do prédio do telescópio B&C 0.6m, no OPD. Foi utilizado um telescópio Meade de 20 cm (em cima, no centro), com máscara frontal de duas aberturas (em cima, à direita) e uma webcam CMOS acoplada ao foco (embaixo à esquerda e centro). A aquisição foi efetuada por um laptop com o software desenvolvido por Cavadore.



↑ Figura 3 - seeing médio medido em segundos de arco. Os valores tenderam a concentrar-se entre 1.0 e 1.5. O intervalo entre medidas pode variar de 3 até dezenas de segundos, sendo alguns vazios provocados pela passagem de nuvens. Para relação S/R-3, o programa rejeita a estimativa.



↑ Figura 4 - (esquerda) densidade de probabilidade e probabilidade acumulativa do valor de parâmetro de Fried. Os dados são de 1 hora de observação no OPD, com pico em 14.6 cm. (direita) O mesmo para o sítio do WHT, considerando todas as medidas efetuadas entre 1994 e 1998. O pico ocorre em 14.9 cm. Nota-se que os comprimentos de onda são diferentes.

3 - Monitoramento dos Coeficientes de Extinção

3.1 - Monitor de Extinção Atmosférica Proposto

Tradicionalmente, os coeficientes de extinção atmosférica são determinados pela técnica de observação fotométrica de estrelas padrão em diferentes massas de ar. Esse método requer um número muito grande de observações ao longo da noite, podendo ser comprometido para sítios onde a variação é apreciável (como é o caso do OPD). Ademais, isto dificulta a automação, visto que a quantidade de apontamentos e reconhecimento de campos é muito grande ao longo de uma noite.

Desta forma, propomos a utilização da determinação diferencial dos coeficientes de extinção, acompanhando um mesmo campo de estrelas qualquer ao longo de um intervalo grande de variação de massa de ar (método de Bouguer modificado). Este método não necessita de transformações de sistema de magnitudes e pode ser utilizado em qualquer campo de estrelas, tornando-o robusto e estatisticamente significativo, pois cada observação é comparada com as demais.

Nossa proposta é que um pequeno telescópio dedicado, com uma roda de filtros de Bessel (UBVR) e um CCD, seja montado no OPD para a determinação automática e ininterrupta dos coeficientes de extinção, em tempo real. Nosso grupo já tem, inclusive, o pipeline pronto para reduzir as imagens e obter a fotometria com ajuste de PSF e cálculo dos coeficientes de extinção, em tempo real. A configuração proposta é:

- * Telescópio Meade LX200-ACF 12" (30 cm);
- * CCD SBIG ST-7;
- * Roda de Filtros SBIG (SFW9);
- * Filtros UBVR de Bessel 1.25" SBIG (FL-CFW8UBVRIST);
- * PC para controle e aquisição local (telescópio, roda e ccd);
- * Programas para fotometria e extinção (prontos!).

3.2 - Testes preliminares com o telescópio de 40cm

Nós efetuamos um teste preliminar na noite de 08-09 de Abril de 2009, com o telescópio Meade de 40 cm (f10), robótico, instalado no OPD. Na ocasião, o telescópio foi operado *in loco*, com uma roda de filtros de Bessel (UBVR) e um CCD (STL 6303E-SBIG-back iluminated-SITE 3072x2048 pixels de 9 µm de dimensão) acoplados. Nesta configuração, é obtido um campo de 10'x10', com uma escala de placa de 0.6"/pixel.

Embora a noite não fosse ideal (umidade relativa do ar ~ 95% e ventos de 20 a 30 km/h), foi a oportunidade de efetuar a determinação dos coeficientes de extinção neste telescópio e no B&C 0.6m do OPD, de forma simultânea e utilizando a mesma técnica. O campo de estrelas escolhido para ambos os telescópios foi o aglomerado aberto NGC4852.

Os resultados são listados na tabela abaixo. Ocorreram problemas com a roda de filtros utilizada no B&C 0.6m, que impediram o uso do filtro I. Existe alguma disparidade na determinação do coeficiente de extinção no filtro U. Como os filtros têm a mesma receita e resposta, conferidos no monogramógrafo do OPD, nossa suspeita recai nos seguintes fatores:

- * qualidade ruim da mesma receita e resposta, conferidos a concentrar-se entre 1.0 e 1.5. O intervalo entre medidas pode variar de 3 até dezenas de segundos, sendo alguns vazios provocados pela passagem de nuvens. Para relação S/R-3, o programa rejeita a estimativa.
- * vidro de proteção do modelo Meade pode estar efetuando corte na resposta do filtro U (hipótese esta ainda a ser conferida).

Comparação entre os coeficientes de extinção obtidos no 40cm e no B&C0.6m

Telescópio	K_U	K_B	K_V	K_R	K_I
40cm	0,444 (12)	0,264 (3)	0,194 (2)	0,068 (2)	0,051 (3)
B&C	0,525 (4)	0,200 (4)	0,159 (2)	0,081 (4)	N.A.

4 - Conclusões

Nossos resultados preliminares obtidos no OPD, para a determinação do seeing com um DIMM e dos coeficientes de extinção, ambos com telescópios de pequeno porte, mostram a viabilidade da instalação definitiva de equipamentos dedicados para a determinação contínua destes parâmetros. O baixo custo estimado dos equipamentos (em torno de 30 mil reais cada) encoraja para que um equipamento similar para determinação dos coeficientes de extinção, seja instalado junto ao SOAR, tornando possíveis programas de fotometria absoluta neste telescópio.