

Observação de Estrelas Binárias: Uma Opção Para Amadores

Diomar Cesar Lobão[†] *

[†]Quando na: ABOEB – Associação Brasileira de Observadores de Estrelas Binárias. Brasil

Resumo

Uma técnica alternativa de observação de estrelas binárias utilizando camera CCD é oportunamente apresentada, tendo em vista sua facilidade de operação em oposição aos meios clássicos de observação. Em face aos problemas que afligem o ensino e pesquisa, de um modo geral, a opção de estimular o ensino da Astronomia e em particular a utilização das cameras CCD parece ser hoje uma realidade devido aos recentes avanços tecnológicos. Embora, estando o caminho aberto nesta área, com o emprego das cameras CCD, muita pesquisa e desenvolvimento ainda serão necessários para o estabelecimento desta técnica com um maior grau de flexibilidade e precisão, sem com isso inviabilizando sua utilização como elemento gerador de estímulo ao estudo escolar da Astronomia.

1 Observações Históricas

A astronomia no Brasil teve seu início juntamente com sua descoberta em 1500. Relatos astronômicos estão contidos em carta escrita por João Emeneslau (Mestre João) a Dom Manuel, Rei de Portugal, entre 28 de abril e 1 de maio de 1500 [16]. Desde então a Astronomia vem sendo desenvolvida em decorrência de sucessivos trabalhos. Porém o ensino da astronomia só teve início no Brasil no século XVIII.

A astronomia no Brasil teve seu glorioso nascimento em decorrência dos interesses culturais e científicos do Imperador Don Pedro II. Em 1827 Don Pedro II criou o Imperial Observatório no Rio de Janeiro, e desde então seu crescimento teve sempre seu apoio. Tanto Don Pedro II contribuiu pelo desenvolvimento da astronomia no Brasil que o dia 2 de Dezembro é considerado o “Dia Nacional da Astronomia” escolhido por ser a data de aniversário do Imperador, também considerado o patrono da Astronomia no Brasil.

Em 1881, através do esforço de Manuel Reis, ex-astrônomo do Observatório Imperial, foi instalado um Observatório Astronômico no Morro Santo Antônio, vinculado à Escola de Engenharia, passaria mais tarde para o Morro do Valongo dando origem ao atual Observatório do Valongo, da UFRJ.

Porém com o golpe republicano em 1889 a Astronomia perdeu todo seu estímulo, caindo na era das “trevas”. Somente após a revolução, em 1930, foi criado o Ministério da Educação e Saúde. Foi então regulamentada a criação de Universidades, para que eram exigidos os cursos de Medicina, Direito e Engenharia e mais a Faculdade de Educação, que poderia substituir um delas. Até 1930 o ensino era administrado por um Departamento do Ministério de Justiça. Como exemplo, em 1930, a Astronomia sofre um grande golpe que atingiu a educação brasileira em cheio, foi a retirada do curso de *Cosmografia* dos currículos escolares pelo decreto do então ministro da educação Francisco Luis da Silva Campos.

Desde a criação do CNPq em 1951, a comunidade científica tem realizado um notável esforço para a ampliação de seus quadros e formação de professores universitários competentes, embora com uma lacuna irreparável da astronomia. No Governo de Garrastasiu Médici (1967) a ciência voltou a ser estimulada no país. A departamentalização nas Universidades é um fato real deste acontecimento. Particularmente para astronomia parece ter

*Paper Presented to XIX Reunião Anual da Sociedade Astronômica Brasileira SAB, Caxambú, MG, agosto 01-05, 1993

sido um benefício, pois reuniu professores oriundos de áreas de aplicação (Engenharia, etc.) com os advindos das Faculdades de Filosofia. Ainda hoje a astronomia brasileira avança em centros isolados e em passos lentos para não dizer em estado de agonia.

Não há por que não exigir a capacitação em curso de graduação e pós-graduação, quando hoje no país oferece uma rede adequada de cursos de mestrado, bem como condições para estudos a nível de doutoramento no país e/ou exterior. No caso da astronomia, há condições para o aprimoramento no país. Falta entretanto uma legislação adequada que estimule os professores a procurá-lo.

O que pode esperar de uma nação que não cultua sua história, seus valores? Que em plena era espacial vive mergulhada num abismo educacional do qual nada faz para sair.

2 Sintomas Latentes de Mudança

Um singular movimento vem acontecendo, principalmente no interior do estado de São Paulo e Minas Gerais que tem revertido a situação do astrônomo amador. O que vem acontecendo é um fato inédito em toda América do Sul. É como se um vírus vindo das profundezas do espaço caísse nessas regiões provocando uma febre de observatórios [25].

Este movimento teve seu início em Campinas (SP). O saudoso astrônomo Jean Nicolini fundou o observatório do Capricôrnio em São Paulo em 1948 e transferiu-o para o Monte das Cabras em Campinas em 1978 com apoio da prefeitura. Os trabalhos desenvolvidos em Campinas por Jean Nicolini e seu companheiro de 35 anos de trabalho na área de educação voltada a astronomia, Nelson Travnik, foram tão significativos que alastrou-se por Americana (SP), Itapira (SP), Piracicaba (SP), Diadema (SP), Monte Mor, atravessando as fronteiras do estado para Poços de Caldas, em Minas Gerais. Muito em breve será a vez de Cambuquira (MG), que já está com seu observatório pronto para inauguração. Serra Negra (SP), Vinhedo (SP), São José do Rio Preto (SP) e Lins (SP) estão engajadas em projetos semelhantes. Uma recente informação (Junho 93), é que a Prefeitura Municipal de Rio Claro (SP) acertou convênio com a UNESP para a construção do seu Observatório Municipal seguindo os mesmos padrões do então já construído em Americana (SP).

Dentre empreendimentos semelhantes alguns colégios estão construindo *mini-observatórios* como atividade extraclasse e para demonstrações ajudando e completando as aulas de física e astronomia. Como exemplo disto em Fevereiro de 1993 foi inaugurado na EEPSPG "Paz", do bairro Antônio Zanaga, o primeiro mini-observatório escolar de Campinas (SP) com recursos do Banco Mundial.

O Brasil conta já praticamente com seis observatórios municipais e onze planetários. Este número para um país sacudido por convulsões sociais e políticas é, até certo modo, surpreendente. Sabemos que a inteira motivação dos avanços oriundos das viagens espaciais acumulados aos desenvolvimentos sempre constantes da área aeronáutica são os fatores responsáveis pelo despertar dos jovens o que indica que é hora de iniciá-los seriamente pela astronomia. Para os jovens de nossa época, a Terra não é mais um planeta estático. Eles já veem a Terra como os cosmonautas a veem. O sentido de preservação do meio ambiente tão em voga pelos movimentos liderados pelo *Green Peace*, estende-se a preservação do planeta cuja óptica somente é fornecida de forma global pela astronomia.

Em alguns estados do Brasil, principalmente São Paulo e seguido por Minas Gerais e Paraná, há uma intensa movimentação no sentido da introdução de noções de Astronomia em número cada vez maior no currículo escolar. Em termos gerais nosso ensino é muito deficiente quanto a conhecimentos de Astronomia. Não há a preocupação de transmitir o mínimo de cultura geral. Por isso é comum hoje em dia ouvir-se perguntas sobre Astronomia até certo ponto incompatíveis com a formação cultural de quem as formula.

Particularmente acho difícil mudar esse estado de coisas enquanto ao professor não restar outra alternativa senão correr para cumprir um extenso programa e os alunos não forem conscientizados que precisam estudar para aprender e não somente passar de ano. Na base desse raciocínio está a idéia errônea, por parte dos alunos, de que *quanto menos matéria melhor*. "Passa-se" de ano mais facilmente.

Até a cadeira de Geografia, que tradicionalmente abrigava esse assunto, hoje em dia já não cumpre sua

finalidade. Por isto alguns perguntam se *estrela tem mesmo cinco pontas*, outros não sabem o que ocorre nos eclipses, muitos ainda acreditam nos perniciosos efeitos dos cometas, poucos sabem explicar corretamente o porque das estações do ano, etc.

O quadro é desalentador. Por ser uma questão de estrutura educacional, acredita-se que pouco pode fazer um clube amador ou mesmo uma associação neste sentido. Entretanto é óbvio que sensibilizar poder público no Brasil *não é tarefa para amador de Astronomia* mas sim dos profissionais. Por outro lado, os clubes e associações por intermédio de um centro de excelência como um Observatório Municipal vem amenizar estes problemas de carencia por meio de promoção de eventos tais como: exposições e amostra de Astronomia e Astronáutica, cursos e mesas redondas. Seminários para professores de 1° e 2° graus. Cursos de atualização para professores de física e ciências.

Diante destes fatos é reconhecida a finalidade exclusiva de um Observatório Municipal uma maior integração comunidade Universidade, está contribuindo para que ocorra um significativo progresso da astronomia no Estado de São Paulo. A mentalidade acadêmica, responsável pelo fechamento dos observatórios ao público e estudantes, mudou de atitude e abre suas portas a comunidade. Visando a melhoria do ensino de ciências com aplicação direta da astronomia, muitas universidades estão introduzindo programas neste sentido. Sabemos que o futuro da America do Sul apoia-se no aspecto econômico com a introdução de centros avançados de pesquisa de ponta. Para chegarmos próximos do 1° Mundo, para competirmos, é necessário investimento maciço na Educação, que compreende no aprimoramento do ensino de ciências. Não há outro caminho a seguir. A menos que queiramos continuar a ser serviçais do 1° Mundo. O destino do homem aponta em direção ao Espaço. Cientes disso, cabe aos astrônomos amadores e profissionais, orientar e preparar mentalidades e autoridades competentes para o novo século.

3 A Camera CCD como Estimulo ao Estudo de Estrelas Binárias

A evasão de recursos públicos abriu um espaço para a privatização e com isso a atuação das Universidades públicas na área de ensino de 1° e 2° graus tornou-se insignificante. O magistério desses níveis é formado basicamente na rede particular. E em decorrência das mudanças que vem sendo registradas nos ultimos cinco anos, um novo horizonte abre-se aos professores de Geografia, Física e Matemática ao aquecerem a idéia dos Observatórios Municipais e os mini-observatórios escolares [19].

Os recursos oferecidos, e a vasta aplicação das cameras CCD juntamente com estas idéias poderão ser a alavanca motora tão necessária ás mudanças que urge no ensino e cultura de nosso país. Exemplos podem ser tomados nos Estados Unidos, Canada, Europa e Japão que já lançaram por estas avenidas.

3.1 Introdução

O termo **CCD** (Charge Couple Device) vem abrir um novo e frutífero campo para a Astronomia Observacional. Trata-se das iniciais que compoẽ um sensor eletrônico de extrema sensibilidade o qual vem alongar o poder de captura de “fotóns”. Sendo um elemento eletrônico sua capacidade de “encher mais longe” que o olho humano ultrapassa os limites do que antes seria impossível em fotografia [23], [22]. Apenas para se ter uma idéia de quanto eficiente é, a cada 100 fotóns que alcançam uma chapa fotográfica, no máximo 3 ou 4 fotóns reagem com a prata da emulsão ou “sensor químico” para criar a imagem. Por outro lado, um sensor **CCD** é constituído de pequenas células ou *pixels* de aproximadamente $20\mu m$ ou $0.02mm$, desde que o chip mede $10mm$ de lado tem-se cerca de 250000 células num chip **CCD**. Como resultado este chip apresenta uma eficiência equivalente a de um filme ASA 20000 se o mesmo fosse possível de ser encontrado ou produzido...

Naturalmente, os sensores **CCD** possuem uma aplicação bastante ampla principalmente em setores de processamento de imagem (sensoriamento remoto) e agora na ótica astronômica com finalidades práticas ilimitadas, porém foi na astronomia que veio culminar pela inestimável ajuda concernente ao poder de captação de fotóns, registro de imagem e velocidade de utilização [22]. Neste ponto cabe resaltar propriamente o quão oneroso é astrofotografar no tocante de tempo gasto para se obter uma foto de algum objeto tal como um aglomerado

ou galáxia. Por outro lado, os sensores **CCD** não vieram substituir a astrofotografia, pelo menos por agora, mas veio contribuir eficientemente e efetivamente com a qualidade de trabalhos diversificados na área da Astronomia Observacional [20].

É claro que a localização precisa do sensor **CCD** deve ser reconhecida e localizada no plano focal do instrumento utilizado (telescópio Refletor ou Refrator). Por outro lado, uma aparência quase grotesca desponta no cenário pois fios e cabos conectados a um microcomputador emergem tal qual um monstro de ficção científica. Esta situação dantes intangível ao Astrônomo Amador, passa ser um similar que antes só era visto nos observatórios profissionais e que hoje faz parte dos modestos observatórios em posse dos Amadores de várias partes do mundo [7], [8], [9], [10], [11],[12], [13], [14], [15].

Hoje no Brasil são poucos, talvez nem cinco telescópios equipados com cameras **CCD** estão em funcionamento, mas as portas para novos horizontes estão abertas às escolas de 1.º e 2.º graus, colégios e universidades que certamente irão perseguir estes novos avanços da astronomia. Especificamente, este artigo focaliza as alternativas oferecidas pela camera **CCD** na Observação de estrelas binárias e sua utilização como elemento de estímulo à pesquisa em Observatórios Astronômicos Municipais.

3.2 Métodos Convencionais de Observação de Estrelas Binárias

3.2.1 Generalidades

Porque não Estrelas Duplas ?. O termo **Binary Star** ou **Estrelas Binárias** foi primeiro utilizado por Sir William Herschel, em 1802, em seu trabalho intitulado **On Construction of The Universe**, para designar um sistema real de **estrelas duplas**—a união de duas estrelas, que formam juntas um sistema ligadas pelas *leis da atração universal*. O termo **Double Star** ou **Estrela Dupla** é mais antigo e remonta aos tempos antigos da Grécia, seu equivalente Grego, foi usado primeiramente por *Ptolomeu* para descrever a aparência da estrela ν de *Sagittarii*, que constitui um conjunto de duas estrelas muito próximas, cuja a separação é um pouco inferior a $14''$ de arco, ou menos da metade do diâmetro aparente da Lua. Portanto o termo **Estrelas Binárias** é empregada para individualizar os pares físicos. O termo **Estrelas Duplas** também é utilizado para denominar sistemas de estrelas triplas, quádruplas ou múltiplas.

O estudo do movimento orbital das estrelas binárias é o único meio direto de determinar a massa de estrelas, e em conjunto a isto oferece também uma maneira de determinar a distância das estrelas, por intermédio da *Paralaxe dinâmica* [17], [18]. Por outro lado, no Brasil os trabalhos sobre estrelas binárias é inexistente no que se refere a observações. E está aqui uma oportunidade aos Astrônomos Brasileiros (Amadores e Profissionais) a contribuir com observações de estrelas do hemisfério Austral, pois existe uma necessidade de medições de muitas binárias nesta parte do Céu, pois no hemisfério Boreal muitos grupos existem desenvolvendo trabalhos com este mesmo objetivo. De acordo com as palavras de Richard Walker proferidas no U.S. Naval Observatory Station, *Os grandes telescópios construídos no decorrer deste século, levou os limites de observação muito além, e os inúmeros aspectos da astronomia clássica foram colocados de lado em favor da astrofísica* [21]. Richard Walker é um dos poucos ainda ativos pesquisadores de estrelas duplas. Estas suas palavras vem de encontro às já mencionadas necessidades de observações de pares binários uma vez que a obseção generalizada dos tempos atuais recai na busca de cada vez mais fracas nebulosas e/ou galáxias pelos astrofísicos.

3.2.2 Descrição

Tradicionalmente usa-se na observação de estrelas binárias telescópios refratores de longa distância focal, montagem sólida e ótica livre dos efeitos de aberrações.

Juntamente a este poderio de equipamento, que certamente esta fora do alcance do amador, um outro equipamento se faz necessário e trata-se do “**Micrômetro Filar**”. Equipamento este desenvolvido de várias maneiras, entretanto possui em comum o micrômetro de fio, o qual fornece a medição de separação do par binário (δ). Um dispositivo relativamente simples faz parte deste e é o transferidor graduado de precisão, o qual irá fornecer a segunda medição importante que é exigida para a observação completa de uma estrela binária, o ângulo de posição (*AP*).

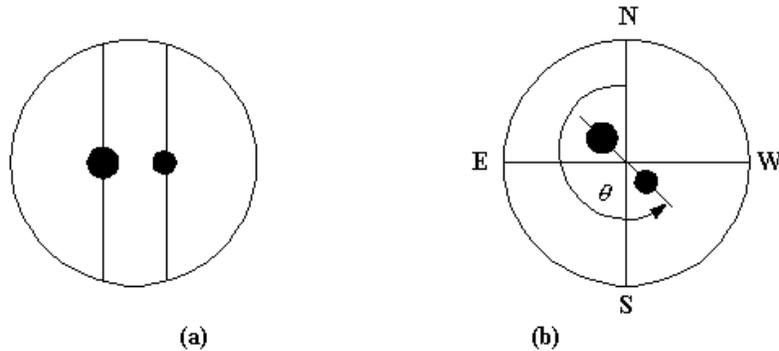


Figure 1: a) Medida de separação angular. b) Medida do ângulo de posição.

Com estas duas grandezas é possível plotar num gráfico curvas onde as variações respectivas em δ e AP em função do tempo podem ser analisadas. Esta análise tem fundamental importância no cálculo dos elementos orbitais do sistema binário. É bom ressaltar ainda que os sistemas binários apresentam período orbital de dezenas de anos até milhares de anos, daí a necessidade de medidas dos sistemas conhecidos pois o trabalho observacional de um astrônomo na área de binárias só é concluído após muitas gerações. E mais importante são os efeitos astrométricos que estas medidas ao serem analisadas podem fornecer. Pois variações periódicas de curto período das grandezas δ e AP podem revelar a existência de corpos perturbadores, isto é, planetas os quais são invisíveis ópticamente porém detectáveis via pequenas perturbações as quais refletem em oscilações na órbita da primária ou secundária.

A utilização de micrômetro filar portanto é imprescindível não só pela precisão com que as medidas são efetuadas quanto pelo caráter de meticulosidade que tais observações exigem. Atualmente existem algumas alternativas aos interessados na aquisição de micrômetro filar, porém resalta-se que na sua utilização tanto com refletores quanto em refratores, o que mais importa é a solidez da montagem, pois qualquer pequena vibração indesejável refletirá em perturbações da imagem o que irá dificultar o trabalho metódico de medição. Um micrômetro filar acessível é o produzido por Ron Darbinian [1], atualmente no preço de \$ 675.00 dolares. A possibilidade de confecção não é remota, e dentro da indústria Brasileira é possível construir tal equipamento, na verdade poderíamos ter muitos equipamentos se o empresário Brasileiro tivesse a coragem de se lançar no mercado. Um bom serviço de microtornaria é suficiente, ver por exemplo, o projeto do saudoso Pe. Jorge Polman na Sky & Telescope [2]. Outra alternativa, que por sinal é mais indicada aos possuidores de refratores de diâmetro acima de $6''$ é o micrômetro de difração. Este sim, é de fácil construção e não exige os recursos precisos da tornaria fina, podendo ser confeccionado sem dificuldades por qualquer um interessado. O artigo que descreve tal projeto é o de Colin Pither na Sky & Telescope [3].

3.3 Uso da Camera CCD na Observação de Estrelas Binárias

A principal vantagem na utilização da camera **CCD** é o fato de que uma imagem pode ser tomada em questão de segundos, logo um número razoável de pares podem ser medidos por noite de observação. Porém, o tempo de exposição certamente irá variar e depender das condições atmosféricas e do par a ser observado. O que precisa ser dito neste ponto é que a imagem obtida pela **CCD** tem que ser tratada antes de ser efetivamente utilizada. O tratamento da imagem é feito pelo processamento de imagem utilizando “software” específico para tal. A imagem de um par binário está longe de ser uma imagem bonita tais como aquelas de galáxias e nebulosas, trata-se de dois pequenos pontos luminosos envolvidos por vezes por outros de menor brilho ao redor e apresenta-se como duas bolinhas de algodão (difusa). Este é um ponto importante, pois a imagem passa ser difusa o que é o mesmo que dizer que inundou várias células do sensor ficando difícil de precisar onde é realmente os limites de fronteira da estrela.

A questão da medição da separação (δ) e do ângulo de posição (AP) irá envolver algumas técnicas de processamento de imagem como também de programação. Alguns problemas práticos ocorrem ao utilizar uma **CCD**

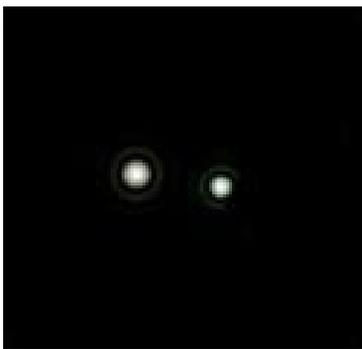


a

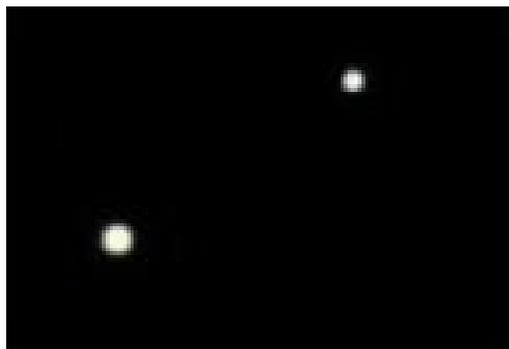


b

Figure 2: a) Micrômetro Filar, Alemão. b) Inglês.



a



b

Figure 3: a) Gama Delphini: $20^{\text{h}}46.39^{\text{m}}/+16^{\circ}07'$ /Mag.-4.50, 5.50/Sep.- $9.6''$ /AP -268° . b) Beta Cygni: $19^{\text{h}}30.43^{\text{m}}/+27^{\circ}57'$ /Mag.-3.10, 5.10/Sep.- $34.4''$ /AP -54° . CCD ST-4, 24cm diâmetro Telescópio MEAD.

para observação de binárias, a imagem obtida de um par pode conter efeitos de variações provocados por ventos, turbulência atmosférica, vibrações indesejáveis e ruídos de sinais produzidos pela própria **CCD** quando muitas exposições são utilizadas para se obter uma imagem final. Técnicas de correlação de duas imagens no domínio de frequências não fornecem resultados apreciáveis para estrelas binárias, a técnica indicada é da autocorrelação usando transformada de Fourier [4].

Trabalhos nesta área ainda são necessários, pois o desenvolvimento de novas técnicas reside no fato de se ter um número grande de pesquisadores trabalhando em programas similares, uma vez obtendo a imagem certamente o observador irá necessitar de tais facilidades para processar a imagem. Um universo de novos conhecimentos farsão necessários, desafiando o estudo e aprendizado das ciências envolvidas em tais processos.

Atualmente existem alguns aplicativos disponíveis os quais acompanham as cameras **CCD**, e o tratamento da imagem obtida é possível. No caso específico da camera ST-4 da SBIG [5] \$ 890.00 dolares, o utilitário CCD-Util tem disponível duas funções as quais permitem a medida da separação angular em segundos de arco e do ângulo de posição em graus, o que sem duvida facilita bastante a tarefa de medições. A metodologia de software utilizada pela SBIG não é conhecida, porém a precisão obtida com os métodos atuais e chip TC-211 de (195x165) células ou pixel é da ordem de 0.1'' em separação e 2° para o ângulo de posição. Isto pode ser melhorado com a utilização de novos chips e novas técnicas de tratamento de imagem na fase de medição. A título de exemplo, da mesma SBIG o modelo ST-6 ao preço de \$ 3000.00 dolares com um chip TC-241¹ de (375x242) pixel [24] . Por outro lado, embora a SBIG ST-4 sendo construída com um chip de baixa resolução para os trabalhos de observação onde não se exige grande especialização sua utilização é indicada baseado em alguns situações:



Figure 4: SBIG ST-4 CCD

1. Maneira barata de manter registro pictórico do par, o que eventualmente pode ser utilizado para estudos posteriores;
2. Facilidade de aquisição das imagens e maneabilidade de um número maior de observações por ano;
3. Estudo sistemático de novos pares em regiões pouco observadas, principalmente no hemisfério austral;
4. Oportunidade de desenvolvimento de novas técnicas e métodos uma vez que é uma área nova de interesse na Astronomia Observacional;

¹ A área ativa de imagem do TC-241 contém 754x244 pixels retangulares, porém a ST-6 combina eletronicamente linhas adjacentes de pixels para produzir elementos de imagem de 23x27 μ . Esta forma quase quadrada de área ativa é mais desejada para uso astronômico devido a menor distorção.



Figure 5: NGC2244. Duas fotografias de 60 minutos integradas Modelo ST-4 autoguiada. Astrofotografias feitas com Tech Pan Film e camera de formato 120.

5. Monitoramento preciso de magnitudes de pares binários em longos e curtos períodos de tempo. Este tipo de pesquisa poderá conduzir a descobertas de variabilidade antes não detectadas pelos observadores visuais e/ou astrofotógrafos;
6. O uso da camera **CCD** poderá e terá sua participação garantida em outras áreas também específicas de observação tais como estrelas e planetária o que não inviabiliza a sua aquisição.

4 Conclusão

Construindo Observatórios Municipais e escolares, estamos preparando a população e, notadamente os jovens, para entrarem de cabeça erguida no próximo século. Como já disse, não há como negar que o destino do homem aponta em direção ao espaço. Viver por conseguinte à margem desta realidade, é engrossar fileira junto às nações atrasadas. Nosso país, porém, é de proporções continentais. Na maioria dos estados a ausência de salas de aula, ensino deficiente e salários humilhantes, inviabilizou a *Educação*. Estudos indicam que nada adiantará duplicar ou triplicar as verbas sem que, em primeiro lugar, ocorra uma ampla reforma no ensino como exigem educadores e a sociedade.

Não há mais lugar para políticas paroquiais, uma reforma completa no ensino como incentivo à criação de clubes de ciências, associações de Astronomia, Observatórios Municipais, mini-observatórios escolares e planetários é o único caminho a seguir. Aquisição de tecnologia de ponta significa apoio maciço à educação. É nesta vereda que há muito caminham as nações líderes do 1° Mundo.

Este estudo visou trazer alguma motivação aos interessados em camera **CCD** e em particular aos observadores de estrelas binárias, além do que, apresentar alguns aspectos flagrantes da situação do ensino de 1° e 2° graus com adoção de uma possível solução extratética aos problemas ora existentes. Aos interessados em binárias uma oportunidade é comunicar-se com a ABOEB [6] onde terão oportunidade de manter contatos sobre Astronomia em geral e mais especificamente sobre binárias. O campo das **CCD** mostra-se prospero, principalmente no Brasil onde ainda não se tem conhecimento de nenhuma firma especializada na manufatura de **CCD** para aplicações outras ou para astronomia. Portanto é reconhecido que aos Astrônomos Amadores e observadores, muito podem fazer e um futuro brilhante nos aguarda para os próximos anos.

5 Referências

References

- [1] Ron Darbinian Micrometers, *Fabricante de Micrômetro Filar*, 1681 12th Street, Los Osos, CA 93402. USA.
- [2] Polman, J., *A Homemade Filar Micrometer*, 1977., Sky & Telescope, pp. 391–396, May.
- [3] Pither, C., *Measuring Double Stars with a Greeting Micrometer*, 1980., Sky & Telescope, pp. 519–523, June.
- [4] Buil, C., *CCD Astronomy*, 1991., Willmann–Bell, Inc., P.O. Box, 35025, Richmond, Virginia 23235, USA.
- [5] SBIG, Santa Barbara Image Group, *Camera CCD*, 1482 East Valley Road, Suite 601, Santa Barbara, CA 93108. USA.
- [6] ABOEB, *Associação Brasileira de Observadores de Estrelas Binárias*, São José dos Campos, SP, Brasil.
- [7] Aniol, P., *Amateur Astronomy With CCD's*, 1993., ESO–European Southern Observatory, n. 71, March.
- [8] Newton, J., *Colour by Numbers*, 1992., Astronomy Now, UK, Aug.
- [9] Bell, S., *CCDs and Beyond*, 1992., Astronomy Now, UK, May.
- [10] Gavin, M., *CCDs Back to Future*, 1992., Astronomy Now, UK, Feb.
- [11] Gavin, M., *Deep Sky Portraits*, 1991., Astronomy Now, UK, Dec.
- [12] Gavin, M., *Going to The Limit ...*, 1991., Astronomy Now, UK, Nov.
- [13] Gavin, M., *Testing Times for a CCD*, 1991., Astronomy Now, UK, April.
- [14] Berry, R., *Going Digital with Color*, 1992., Astronomy, USA, July.
- [15] Berry, R., *Is Astrophotography Dead?*, 1992., Astronomy, USA, April.
- [16] Faria, P.R. et al., *Fundamentos de Astronomia*, 1985., Livraria e Editora Papirus, Campinas, SP.
- [17] Wilson, R., *Binary Star - A Look at Some Interesting Developments*, 1974., Mercury, Sept./Oct.
- [18] Winkler, L., *Are Most Stars Members of Double Star Systems?*, 1967., Physics Today, Sept.
- [19] Martin, B., *Measuring a Cluster's Age with a CCD*, 1993., Sky & Telescope, Edited by Dennis di Cicco, USA, May.
- [20] Skillman, D., *An Evening of CCD Photometry*, 1993., Sky & Telescope, Edited by Roger W. Sinnott, USA, May.
- [21] Mullaney, J., *The Delights of Observing Double Stars*, 1993., Sky & Telescope, Edited by Dennis di Cicco, USA, March.
- [22] Mallama, A., *The Limiting Magnitude of a CCD Camera*, 1993., Sky & Telescope, Edited by Roger W. Sinnott, USA, Feb.
- [23] Gavin, M., *How CCD Imaging Is Reviving Urban Astronomy*, 1993., Sky & Telescope, Edited by Dennis di Cicco, USA, Jan.
- [24] Cicco, D., *The ST-6 CCD Imaging Camera*, 1992., Sky & Telescope, USA, Oct.
- [25] Travnik, N., *Contato pessoal*, 1992., Recortes de Jornais, Campinas, Piracicaba, Americana e Lins.