

# WHITE PAPER: GRANDES TELESCÓPIOS DA PRÓXIMA DÉCADA

## I. INTRODUÇÃO

A Astronomia se caracteriza por buscar continuamente novas fronteiras, que permitam resolver enigmas surgidos pelo avanço feito a um dado momento. À medida que novos instrumentos são construídos, respostas são obtidas, e ao mesmo tempo novas fronteiras são atingidas, e novas perguntas são formuladas. É portanto uma área cujo dinamismo exige capacidades tecnológicas.

## II. ASPECTOS HISTÓRICOS - EVOLUÇÃO DA ASTRONOMIA BRASILEIRA E SUA INFRAESTRUTURA ATUAL

A Astronomia profissional começou no Brasil apenas nos anos 70. A comunidade astronômica brasileira tem tentado desde então seguir a evolução mundial da ciência e mais recentemente também da tecnologia astronômica. Alguns dos passos importantes nessa direção foram: formação de doutores no exterior (ocorrido principalmente com bolsas do CNPq nos anos 60 e 70); a criação da pós-graduação no país nessa área, e posterior orientação de novos doutores no Brasil; a instalação do Laboratório Nacional de Astrofísica (LNA) no Pico dos Dias em 1981, com telescópio de 1.6m; a associação aos projetos Gemini, com participação de 2.5% em 2 telescópios de 8m no Chile e Havaí a partir de 1994, e observações a partir de 1999, e do consórcio SOAR, telescópio de 4m no Chile, com participação de 34%, com observações a partir de 2004; e finalmente a construção de instrumentos para o telescópio SOAR, este último esforço muito grande devido ao grande atraso tecnológico em que nos encontrávamos até o final dos anos 90: o espectrógrafo SIFS já está no Chile e sendo instalado no telescópio SOAR, e os espectrógrafos BTFi e STELES seguirão em 2010 e 2011 respectivamente.

A comunidade astronômica mundial está no momento preparando projetos de grandes telescópios com espelhos de 30 a 40m, e estão sendo desenvolvidos os projetos tecnológicos de tais telescópios e seus instrumentos, e os projetos científicos almejados e sua factibilidade.

As facilidades observacionais de que dispõe a comunidade astronômica brasileira atualmente não são suficientes, apesar dos avanços obtidos, e os esforços da comunidade em participação no desenvolvimento de instrumentos e conhecimentos tecnológicos decorrentes disto, assim como sua produção científica de qualidade, seriam muito prejudicados se não participarmos de algum dos projetos de grandes telescópios.

## III. OS PROJETOS DE GRANDES TELESCÓPIOS

Por essa razão, iniciamos conversas com os projetos de grandes telescópios existentes atualmente. Há 3 projetos de telescópios de grande porte atuando no óptico-infravermelho, que visam observar o Universo em profundidade. Estes são o Extremely Large Telescope (ELT) com espelho de 42m de diâmetro, a ser instalado no Chile, o Giant Magellan Telescope (GMT), de 24m, a ser instalado no Chile, e o Thirty Meter Telescope (TMT), de 30m, a ser instalado no Havaí.

Nas tabelas 1, 2 e 3 seguem os instrumentos projetados para o ELT, TMT e GMT respectivamente.

## IV. OBJETIVOS CIENTÍFICOS DOS GRANDES TELESCÓPIOS, DE INTERESSE DA ASTRONOMIA BRASILEIRA

Os objetivos científicos são inúmeros, e discutimos a seguir alguns deles que interessam à comunidade brasileira.

1) *Medida direta da taxa de expansão do Universo:* O redshift ( $z$ ) de uma dada fonte varia lentamente com o tempo devido à aceleração (ou desaceleração) do Universo. Embora seja uma das formas mais simples de se medir a função  $z(t)$ , o efeito é tão pequeno que sua medida é impossível com os atuais recursos tecnológicos. Embora o desvio de  $z$  que se espera numa escala de tempo de 10 anos seja da ordem de alguns cm/s, o redshift é um dos observáveis medidos com maior precisão. Além disso, o efeito pode ser observado aumentando a estatística significativamente quando espectros são tomados ao longo da linha de visada de QSOs onde o número de linhas de  $\text{Ly}\alpha$  é em torno de centenas. Este é um exemplo emblemático da ciência a ser feita com os grandes telescópios.

2) *Medida de variação de constantes fundamentais, e energia escura:* os estudos da natureza da energia escura seguem principalmente duas direções, uma delas verifica se pode ser identificada a uma constante cosmológica, ou

Sigla	Instrumento	$R=\lambda/\Delta\lambda$	$\lambda\lambda$	FoV	coment.
CODEX	High Res Stab Spec	115,000	0.37-0.72 $\mu\text{m}$	0.82'	1cm/s
EAGLE	Multi IFU	4,000=10,000	0.8-0.45 $\mu\text{m}$	7.3'	
EPICS	Planet Imager/Spec	125-1500-21,000	0.6-1.8 $\mu\text{m}$	3"	
HARMONI	SingleField Wide Band Spec	4,000-20,000	0.8-2.4 $\mu\text{m}$	0.51x1.02,1.28x2.56"	
METIS	MidIRImagerSpecw/AO	10,000-100,000	2.9-13.8 $\mu\text{m}$	18",IFU:0.4x1.6"	
MICADO	DiffLimitIRCamera	3000-5000	0.8-2.4 $\mu\text{m}$	53"	
OPTIMOS-EVE MOS	High Res Stab Spec	5000(300obj),20,000 (800obj),40,000(250obj)	0.37-1.7 $\mu\text{m}$	7'	Super-Flames
OPTIMOS-DIORAMAS	Wide Field Visual	—	0.37-1.7 $\mu\text{m}$	7',IFU:2x3"	
SIMPLE	High Res IR Spec	100,000	0.8-2.5 $\mu\text{m}$	0.45",4"	

Tabela I: **EXTREMELY LARGE TELESCOPE: Diâmetro: 42m, FoV=10'**: 8 instrumentos previstos para o ELT. OPTIMOS tem 2 vertentes. A lista da primeira fase deve ser decidida em abril/2010.

Sigla	Instrumento	$R=\lambda/\Delta\lambda$	$\lambda\lambda$	FoV	coment.
IRIS	NIR IFU SpecImager	4000	0.8-2.5 $\mu\text{m}$	3"	
WFOS	WideFieldOptSpec	1000-5000	0.31-1.1 $\mu\text{m}$	92.4' <sup>2</sup> /1300"	
IRMS	MultiSlitNIRSpec	2000-5000	1.0-2.5 $\mu\text{m}$	30"-2'	
MIRES	MidIREchelleSpec	5000-100,000	4.5-25 $\mu\text{m}$	3"	
ExAOI	Planet Formation Imager	70-500	1.1-2.4 $\mu\text{m}$	2x2x2.2"	
HROS	HighResOptSpec	30,000-50,000	0.34-1.0 $\mu\text{m}$	20"	
WIRC	MCAO imager	5-100	0.37-2.5 $\mu\text{m}$	30"	Super-
NIRES	NIR Echelle Spec	5000-30,000	1-5 $\mu\text{m}$	2"	
CASA	HighResMultiObj	30,000?	0.37-1 $\mu\text{m}$		NOT SELECTED

Tabela II: **THIRTY METER TELESCOPE - TMT: Diâmetro: 30m, FoV=20'**: 8 instrumentos previstos para o TMT. Os 3 primeiros foram selecionados para a primeira fase.

N°	Instrumento	$R=\lambda/\Delta\lambda$	$\lambda\lambda$	FoV	modos
1	Visible WF MOS	500-5000	0.4-1.0 $\mu\text{m}$	60-150' <sup>2</sup>	MOS/IFU/TF/Imager
2	NIR MOS	1500-5000	0.9-2.5 $\mu\text{m}$	25-100' <sup>2</sup>	MOS/IFU/TF/Imager
3	Visible Echelle	20000-100,000	0.3-1.0 $\mu\text{m}$	30"-2'	SingleObj/MOS/Icell
4	MidIR Imager	5-3000	5.0-24 $\mu\text{m}$	2'x2'	MidIR AOImager/Spectr
5	40,-100,000	0.8-5.0 $\mu\text{m}$	30"	LTAO	NIR Echelle
6	NIR Imager	5-5000	0.9-5.0 $\mu\text{m}$	30"	ExAO/LTAOimager

Tabela III: **GIANT MAGELLAN TELESCOPE - Diâmetro: 24m, FoV=20'**: 6 instrumentos são previstos para o GMT.

se está ligada a campos escalares. Uma das questões fundamentais da física atual é saber se há campos escalares fundamentais na natureza. Neste caso há constantes que podem variar com o tempo, implicando também em variações da massa de núcleons, e em todas as escalas de massas de partículas, incluindo a massa do elétron. Investigam-se linhas de absorção de quasares para verificar variações de constantes fundamentais com redshift, em particular vem-se estudando a constante de estrutura hiperfina  $\alpha = h/2\Pi e^2 = 1/137.03599911(46)$ , e a razão de massa do próton sobre massa do elétron  $\mu=m_e/m_p$ . Para tal são necessários espectros de alta resolução ( $R \sim 150,000$ ) de objetos muito fracos, portanto grandes telescópios são necessários para se obter alto sinal/ruído (S/N) de tais espectros.

3) *As primeiras estrelas massivas e suas explosões como supernovas*: Um dos principais objetivos destes instrumentos é a observação dos primeiros objetos. Estes começaram a se formar a partir de 180 milhões de anos após o Big Bang, e teriam sido estrelas de alta massa, que a seguir explodem como supernovas, ou colapsam e formam um buraco negro. Esses buracos negros passam a acretar gás e estrelas do seu entorno, formando mini-quasares, e após um certo tempo transformando-se em quasares, agora encontrados no núcleo de galáxias. As primeiras estrelas mais brilhantes teriam uma magnitude estimada em  $V\sim 36$ : estas seriam difíceis de detectar, porém suas supernovas deveriam ser detectadas em abundância. Até o presente momento só foram detectadas 3 supernovas de alto redshift, através de detecção pelo satélite SWIFT em raios- $\gamma$ , vistas em redshifts  $z=6.4, 6.9$  e  $8.2$ . Estes objetos devem corresponder a supernovas de tipo Ic, que correspondem a uma pequena fração das supernovas.

4) *As primeiras estrelas de baixa massa:* Os telescópios de grande porte atuando no óptico-infravermelho, visam observar o Universo em profundidade dessas 2 maneiras. A observação do Universo em profundidade pode ocorrer olhando-se o passado remoto onde se encontram os objetos distantes, ou localmente os objetos mais fracos. Na Via Láctea, a procura de estrelas de metalicidade zero, em maior profundidade, seria possível para magnitudes mais fracas por diversas ordens, e há indicações de que há mais estrelas de baixa metalicidade em maiores distâncias no halo Galáctico. A espectroscopia de alta resolução de estrelas de baixa metalicidade é um objetivo claro dos grandes telescópios.

5) *Supernovas e a história de formação estelar no Universo:* A procura e identificação sistemática de supernovas de altos redshifts trará uma melhor medida da história de formação estelar em função do redshift. Estima-se que num campo de 2x2 minutos de arco, 4 a 7 supernovas seriam detectadas por ano, até redshifts 5 a 8. Metade delas seriam de tipo Ia, que só seriam vistas até um redshift da ordem de 3 a 5, pois levam da ordem de 2 Ganos para se formarem, e a seguir supernovas de estrelas mais massivas, de tipos II, Ib/c, Iip. Isto permitiria estabelecer a taxa de formação de estrelas até redshift  $z \sim 10$ , de maneira direta e independente de outras medidas.

6) *Espectroscopia de galáxias distantes, formação de galáxias e populações estelares:* Uma diferença com os outros instrumentos, é a possibilidade de realizar espectroscopia em grandes distâncias. Portanto, será possível estudar populações estelares das galáxias mais distantes. As galáxias mais distantes (com redshifts  $z > 10$ ) poderão ser identificadas com surveys em profundidade com o satélite JWST ou os grandes telescópios, e em espectroscopia será possível atingir galáxias de magnitudes integradas da ordem de  $V=28$ . De fato, no final dos anos 90, os telescópios da classe de 8-10m abriram a possibilidade de realizar espectroscopia de galáxias distantes, identificando galáxias normais em redshifts  $z \sim 7$ . Porém, logo se atingiu o limite do que se pode obter em espectroscopia de resolução moderada ( $R \sim 1000$ ) de galáxias de alto redshift. Nos anos 80 obtivera-se que o plano fundamental definido pelas galáxias elípticas e a relação Tully-Fisher para galáxias espirais, indicavam que fusão de galáxias já compostas de estrelas (chamada fusão seca), não pode ser o processo dominante da formação de galáxias, ou seja, fusão the galáxias ricas em gás, provocando nesse processo formação estelar intensa deve ser o processo dominante. Os grandes telescópios se fazem necessários para realizar espectroscopia de galáxias distantes de alto  $z$ , tal que se possa derivar suas populações estelares e dinâmica dos gás, a fim de melhor definir os processos de formação de galáxias e de suas estrelas.

7) *Populações estelares resolvidas:* Ao mesmo tempo será possível estudar populações estelares resolvidas através de diagramas cor-magnitude atingindo as estrelas mais fracas (das gigantes vermelhas até as anãs da sequência principal), e deduzir as populações estelares em galáxias a alguns Megaparsecs, desde que se tenha um campo de 10x10 segundos de arco, combinados com amostragem espacial de mili-segundos de arco. Pretende-se obter imageamento e diagramas cor-magnitude de populações estelares à distância de Virgo (17 Mpc).

Formação estelar e ondas de densidade: Observações recentes nas bandas J, H, K e  $Br_\gamma$  com o VLT+ISAAC e VLT+OKA-I com limite de brilho de  $m_K = 19$ mg indicam que os aglomerados ionizantes de grandes regiões HII, com brilho intrínseco  $M_K > -12$ mg mostram um sensível alinhamento com os braços espirais das galáxias de acordo com uma perturbação por onda de densidade, e regiões menos intensas mostram uma distribuição mais estocástica. Observações com telescópios ELT permitiria ver se estes limites são alterados em galáxias a distâncias substancialmente maiores em função de parâmetros intrínsecos como intensidade da onda de densidade, a massa total da galáxia ou sua metalicidade ou extrínsecos, como as interações com outras galáxias, mais frequentes no passado.

8) *Buracos negros no centro de galáxias:* A detecção de presença de buracos negros, e estimativa de suas massas, em núcleos de galáxias em diferentes distâncias e em diferentes tipos de galáxias, permitirá compreender se os buracos negros massivos cresceram por acreção ou via fusão de galáxias. Resolução espacial é o ingrediente necessário para medir a cinemática de gás e estrelas nas regiões nucleares. Um censo dos núcleos de galáxias até a distância de Virgo seria possível, tal que se possa estabelecer a relação entre a massa do buraco negro e o tamanho do bojo, estendido a galáxias anãs.

9) *Formação de estrelas e sistemas planetários:* Outro dos principais objetivos é observar o nascimento de estrelas e sistemas protoplanetários. Estes contêm grandes quantidades de poeira, que emitem no IV e em ondas de rádio. As observações devem envolver estudos espectroscópicos de atmosferas de anãs marrons, e revelar a composição e cinemática de discos protoplanetários. Estudos de binárias da pré-sequência principal, levará a determinar a órbita de binárias com separações de 8 UA ( $d=140$  pc), usando Laser como estrela guia e óptica adaptativa.

10) *Procura de planetas extrasolares:* Até o momento 400 planetas extrasolares foram detectados utilizando método de variação de velocidade radial. Estes planetas têm massas entre 6 Terras e 18 Jupiters, períodos orbitais entre 2 dias e 12 anos. Concluiu-se que planetas são mais comuns em estrelas de baixa massas, períodos orbitais maiores e altas metalicidades. Estrelas estudadas até o momento têm tipicamente  $V < 9$ , e as observações têm precisão das velocidade radiais de alguns m/s. Com os telescópios gigantes pretende-se observar estrelas até  $V \sim 13$ , e precisão na velocidade radial de cm/s (ver instrumento CODEX-ELT). A detecção direta por imageamento também será alcançada para um número maior de candidatos, onde o objetivo é observar planetas com separações  $< 10$ UA em torno de estrelas da sequência principal de alguns Ganos (procuram-se terras em torno de sóis).

11) *Completando o inventário do Sistema Solar: dos TNOs à nuvem de Oort:* Desde 2002, quando o primeiro Objeto

Transnetuniano (TNO) foi descoberto, a região mais externa do Sistema Solar tem revelado uma complexidade de estruturas e objetos inimagináveis. Hoje conhece-se mais de 2000 objetos, em geral grandes, como por exemplo Eris, maior do que Plutão. Para entender a formação e evolução na região, e consequentemente do Sistema Solar como um todo, faltam estimativas mais realistas sobre a distribuição de tamanhos e composições na região. Vale ser ressaltado de que os TNOs são particularmente difíceis de serem observados devido ao fato de, por serem objetos frios, sua magnitude aumenta de forma drástica com a distância ao Sol. Apenas grandes telescópios poderão ajudar a mapear esta região, em particular encontrar a resposta a perguntas como: a) qual a massa inicial e a extensão radial do cinturão transnetuniano?; b) como a massa foi perdida?; c) como foram espalhados objetos grandes tipo Sedna?; d) porque o cinturão transnetuniano clássico (baixas inclinações e excentricidades) tem um corte abrupto em 48UA?; e) quão similar a outros discos em torno de outras estrelas era o cinturão transnetuniano original?

12) *Espectroscopia de alta resolução de estrelas do halo e bojo Galáctico, galáxias anãs e estrelas em outras galáxias:* Com os telescópios de 8-10m atuais, é possível obter espectros de alta resolução espectral para estrelas até da ordem de  $V \sim 17$ . Com os grandes telescópios será possível chegar a  $V \sim 21$  (TMT) e  $V \sim 23-24$  (ELT). As primeiras estrelas de baixa massa, e pobres em metais do halo mostram em sua atmosfera a composição química resultante das primeiras supernovas. Conhecemos apenas 3 delas com metalicidade  $[Fe/H] < -4.0$ , mas espera-se identificar 100 delas com o projeto SEGUE, as quais serão fracas na sua maioria com  $V < 17$ . O bojo galáctico apresenta estrelas gigantes mais brilhantes com  $V \sim 16$ , portanto para analisar outras fases evolutivas serão necessários os grandes telescópios. Em particular estudos do Li em anãs do bojo será de grande interesse para complementar nossos conhecimentos de seus estudos no halo, aliados a cálculos de difusão nas atmosferas. Abundâncias químicas ao longo da sequência evolutiva de aglomerados globulares, feitas até agora somente para os 2 aglomerados mais próximos (47 Tuc e NGC 6397) também serão possíveis. Anãs brancas com sequência de resfriamento até  $V \sim 29$  vêm sendo detectadas em estudos fotométricos, e será claramente de interesse observar seus espectros ao longo da sequência de resfriamento. Galáxias anãs apresentam suas gigantes mais brilhantes em  $V \sim 17$ , portanto igualmente ao bojo, a análise de estrelas ao longo de sua sequência evolutiva, ou mesmo gigantes com alto S/N, só serão possíveis com os grandes telescópios. O halo de M31 contém estrelas com  $V \sim 22$  portanto só atingíveis com os grandes telescópios. Note-se finalmente que vêm sendo aprimoradas grades de espectros de estrelas de comparação. assim como de populações compostas, o que vem permitindo aperfeiçoar estudos de populações estelares com baixa ou média resolução, a fim de se estudar galáxias distantes.

## V. POSSIBILIDADES DE PARTICIPAÇÃO BRASILEIRA

Relatamos aqui o resultados das conversas iniciais: Inicialmente contactamos o GMT e o E-ELT dado o nosso interesse maior em um telescópio no hemisfério sul.

a) GMT - o consórcio já tem 10 parceiros, que contribuirão com US\$ 70 milhões cada, e não lhes interessa contribuição *in-kind*. Pela razão principal de não aceitarem contribuição *in-kind*, mas também pela multiplicidade de parceiros, esta opção foi descartada.

b) ELT - o European Southern Observatory (ESO) aceita discutir pagamento *in-kind*: nossa proposta é realizar a construção civil do sítio do ELT, com construtora brasileira. Esta proposta está sendo estudada por nós, i.e., como viabilizar, como se paga, se há possibilidade de obter redução em preços de aço brasileiro, para o que é necessário investigações junto às construtoras e produtoras de material de interesse, processo que já começamos, e estará sendo discutida com o ESO. Uma possibilidade futura que pode ficar em aberto no momento, é nos associarmos ao E-ELT cortar ESO, considerando a contribuição à construção do E-ELT como a jóia de entrada no ESO.

c) TMT - Embora a ser instalado no Havaí, dado o estágio avançado do projeto, o preço mais baixo, e o fato de também aceitarem até 90% de contribuições *in-kind* nos motivou a abrir conversações também com este grupo. Estamos investigando como viabilizar esta colaboração através da fabricação de suportes, atuadores e sensores para os espelhos M1, M2 e M3 e a montagem do suporte para a cúpula por empresas no Brasil.

Em todos os casos, planejamos futuramente participar também de construção de instrumentos de tecnologia sofisticada.

## VI. CUSTOS, CONDIÇÕES, E VANTAGENS EM CADA CASO:

### ELT :

Custo total: Euro 1 bilhão (custo aproximado):

Fração: Participação de 5% ou 10% no E-ELT. Há também a possibilidade de entrada no ESO (ver Apêndice.)

Instrumentação: o valor de construção inclui Euro 100 milhões para os primeiros instrumentos. Para os instrumentos a seguir, o valor do hardware (não incluindo a mão de obra), está embutido no custo de operações, ou seja, as verbas

voltam aos países membros, em porcentagens proporcionais a sua fração como membros, no caso de construírem instrumentos.

Tempo de observação: para 5% do ELT, o tempo de observação seria de 4.3% (14 anos de operações) a 4.6% (30 anos de operações). A diferença é devida a verbas do ESO usadas no projeto.

Tipo de pagamento: Proporção substancial do pagamento (>80%) poderá ser in-kind, utilizando indústrias/construtoras brasileiras

Itens considerados para pagamento in-kind: construção civil, com empréstimo parcial do BNDES, itens em aço na construção civil, cúpula e outros estão sendo estudados. Reunião em 4-5/fevereiro ocorrerá no IAG-USP, para avançar nessa discussão.

Modelo de gestão: se houver membros do ELT que não estão no ESO, será criado um Board of Directors do ELT

Staff Científico: haverá staff científico

Vantagens do ELT:

- o espelho é o dobro do TMT
- localizado no Chile (provavelmente)
- por sua localização torna-se competitivo para construção de instalações e construção e envio de equipamento de aço pesados (peso do aço necessário é de 4.000 toneladas)
- terá staff científico
- possibilidade de usar o valor pago para participação no ELT, como jóia de entrada no ESO

**TMT :**

Custo total: US\$ 1 bilhão (estimativa recente é de US\$ 986 milhões):

Fração: Participação de 5% ou 10%

Instrumentação: 3 primeiros instrumentos estão incluídos, os outros terão que ser pagos em separado

Tempo de observação: para 5% do TMT, o tempo de observação seria de 4.5%

Tipo de pagamento: Proporção substancial do pagamento (90%) poderá ser in-kind, utilizando indústrias/construtoras brasileiras

Itens considerados para pagamento in-kind: está sendo estudada a fabricação de suportes, atuadores e sensores para os espelhos M1, M2 e M3 e a montagem do suporte para a cúpula por empresas no Brasil. Reunião em 8-9/fevereiro ocorrerá no IAG-USP, para avançar nessa discussão.

Modelo de gestão: há um Board of Directors

Staff Científico: não haverá staff científico

Vantagens do TMT: - custo mínimo da operações, em 5%, será de 1.35milhões, sem incluir instrumentos

ANO	Construção	Operações	Instr.	Total
(1)	Porcentagem	de	5%	
2010	5.56			5.56
2018	6.51			6.51
2019		1.61	1.20	2.81
2030		2.01	1.49	3.49
(2)	Porcentagem	de	10%	
2010	11.12			11.12
2018	13.02			13.02
2019		3.22	2.40	5.52
2030		4.02	2.98	6.98

Tabela IV: TMT: Considerando valor total de US\$1bilhão. Os valores são em US\$=R\$1.75; porcentagem: 5 ou 10%

## VII. CONCLUSÕES

O nosso principal intuito é não ficar fora dessa nova era da Astronomia óptica/infravermelha, e suas tecnologias.

As discussões com os diferentes projetos apenas começaram, e devem prosseguir ao longo de 2010, e possivelmente entrando em 2011.

Esperamos poder aderir a algum dos projetos, mas consideramos que o exercício aqui enfrentado por nós, embora bastante pesado, é importante para o futuro da Astronomia Brasileira.

ANO	Construção	Operações	Total
(1)	Percentagem	de	5%
2010	5.56		5.56
2018	6.51		6.51
2019		3.00	3.00
2030		3.71	3.71
(2)	Percentagem	de	10%
2010	11.12		11.12
2018	13.00		13.00
2019		6.00	6.00
2030		7.14	7.14

Tabela V: ELT: Considerando valor total de Euro 1 bilhão. Os valores na tabela são dados em Euro=R\$2.6, para percentagem de 5 ou 10%

White Paper apresentado por sub-comitê do Instituto Nacional de de Ciência e Tecnologia de Astrofísica (INCT-A):

Beatriz Barbay (IAG-USP) - coordenadora

Albert Bruch (LNA/MCT)

Bruno Castilho (LNA/MCT)

Daniela Lazzaro (ON/MCT)

Horácio Dottori (IF-UFRGS)

Kepler de Oliveira (IF-UFRGS)

Luiz Paulo Ribeiro Vaz (CCEX-UFMG)

Marcos Perez Diaz (IAG-USP)

Reinaldo de Carvalho (INPE/MCT)

Roberto Cid Fernandes (IF-UFSC)

#### Apêndice A: POSSIBILIDADE DE ENTRADA NO ELT E ESO

O capital para pagamento de fração brasileira do ELT, pode ser usado também como a jóia de entrada no European Southern Observatory (ESO). Este observatório é um consórcio de 14 países, e tem a) 3 telescópios, de 2.2m, 3.5m e 3.6m, em funcionamento em La Silla, b) 4 telescópios de 8m (VLT), um telescópio de imageamento infravermelho (VISTA), um telescópio de 2.5m de imageamento no óptico VST, além de telescópios de 1.8m para uso no modo interferométrico do VLTI em Paranal, c) o radiotelescópio ALMA em Chajnantor, d) ELT será provavelmente nas imediações do VLT, e) instituição sede em Munich.

A nossa entrada no ESO poderia ocorrer de 2 maneiras:

1) *Entrada no ELT, com possibilidade de futura decisão de entrada no ESO*

Entramos inicialmente no ELT, com construção civil do sítio, no valor da ordem de Euro 60 milhões, este com empréstimo BNDES a ser pago em 20 anos, e outros itens da construção do telescópio que estão sendo identificados. Notar que juros pagos posteriormente de volta ao BNDES são considerados como pagamento pelo ESO.

Assim entraríamos com 5% ou 10% do ELT no momento. Deixaríamos estabelecida uma data (ou datas no futuro) em que tomaríamos (ou não) a decisão de entrada no ESO. O valor da jóia de entrada porém será bem mais alta, pois é baseado no patrimônio do ESO e já incluirá o ELT.

2) *Entrada no ELT, e no ESO inicialmente com fração de 5%, mas com comprometimento de, no futuro, passarmos a membro integral.*

O capital inicial seria igualmente ao caso 1) acima, a entrada no ELT. A jóia de entrada no ESO é proporcional ao seu patrimônio, e portanto ao ter completado o ELT, o valor será maior. Por essa principal razão, pode ser bem mais interessante aderir ao ESO, por exemplo em 2011 e, nesse caso, a jóia é fixada atualmente.

A nosso pedido, foi proposta uma entrada como membro parcial por alguns anos, chamada de *Phased Membership*, com fração de 5%, enquanto que a participação no ESO sendo feita com base no Produto Interno Bruto (PIB), o Brasil

corresponde a uma fração de 10%. Em alguns anos (por exemplo, o que seria melhor para nós, dentro de 15 anos ou 20 anos) passaríamos a membro pleno. Na tabela é apresentado um cenário favorável a nós, que precisa ser discutido com o ESO, caso essa opção seja aventada. De qualquer maneira, deve haver ainda muita discussão e detalhamento, essa foi a apenas a primeira interação havida com o ESO, e ainda não houve tempo hábil de verificar o que se pode obter com indústrias (por exemplo, se for possível executar a construção por valor mais baixo, a diferença fica para o Brasil). O ponto mais importante da discussão nos parece ser de fato o custo de operações a longo prazo, que é muito alto, resta saber se o Brasil ascenderá ao status de um país como a Itália por exemplo, dentro de 15 ou 20 anos. Por esta razão precisa também ser mantida a opção de continuar só com participação no ELT.

É necessário finalmente deixar claro que o ESO aprova os projetos por seu mérito, mas ao mesmo tempo trata de manter a fração de tempo de telescópios de cada país.

ANO	Budget ESO	Jóia entrada		Operações Total	
		Construção	32mi(15a.)		
		BNDES(20a.)			
2010	131.27	5	2.1	6.8	13.9
2011	133.90	5	2.1	7.06	14.16
2012	136.58	5	2.1	7.32	14.42
2013	139.31	5	2.1	7.60	14.70
2014	142.10	5	2.1	7.88	14.97
2015	144.94	5	2.1	8.18	15.28
2016	150.79	5	2.1	8.49	15.59
2017	153.81	5	2.1	8.81	15.91
2018	156.88	5	2.1	9.14	16.24
2019	160.02	5	2.1	9.25	16.35
2020	163.22	5	2.1	9.71	16.81
2021	166.49	5	2.1	10.2	17.3
2022	169.82	5	2.1	10.7	17.8
2023	169.82	5	2.1	11.2	18.3
2024	173.21	5	2.1	11.8	19.0
2025	176.68	5	—	12.3	17.3
2026	180.21	5	—	13.0	17.9
2027	183.82	5	—	13.65	18.65
2028	187.49	5	—	14.33	19.33
2029	191.23	5	—	15.05	20.05
2030	195.07	—	—	31.60	31.60

Tabela VI: Cenário de entrada no ELT+ESO, otimizado para nossos interesses de postergar ao máximo a entrada como membro integral. Valores são em Euro=R\$2.6. A tabela mostra percentagem: membro em 5% por 20 anos; contribuição de 100 milhões de Euros para construção com empréstimo do BNDES, com pagamento em 20 anos; 32milhões/ano para completar jóia de entrada em 15 anos. Ao nos tornar membro inteiro, o custo de operações dobra (idealmente ao final do pagamento do ELT e jóia de entrada, ou seja, em 2030: membro integral. Os custos de operações foram calculados com aumento de 2% ao ano.