

ESO

Observatório  
Europeu  
do Sul

# Um Universo de Descobertas



## Índice

Acerca do ESO	3
O ESO e a Astronomia	4
Compreender o nosso Mundo	7
Revelando Segredos Cósmicos	8
<i>Pessoas no ESO: Christophe Dumas</i>	8
À Procura de Outros Mundos	9
Estrelas Muito Velhas	9
<i>Pessoas no ESO: Lucie Jilková</i>	10
Um Buraco Negro no Centro da nossa Galáxia	10
Explosões de Raios Gama	12
10 Descobertas Astronómicas de Vanguarda do ESO	13
<b>Ao Serviço dos Astrónomos da Europa</b>	14
Paranal	16
<i>Pessoas no ESO: Karla Aubel</i>	17
Muitos Olhos, Uma Só Visão	18
Telescópios Móveis	19
Telescópios de Rastreio	21
La Silla	22
<i>Pessoas no ESO: Françoise Delplancke</i>	25
Na Vanguarda das Novas Tecnologias	25
Galeria de Imagens do VLT	26
Explorando o Universo Frio — ALMA	28
<i>Pessoas no ESO: Stefano Stanghellini</i>	29
Um Empreendimento Global	32
APEX	33
<i>Pessoas no ESO: Petra Nass</i>	34
Elevada Eficiência —	
O Sistema de Fluxo de Dados	34
O Arquivo Científico	35
O Universo Digital	35
<b>Projectos Futuros — O E-ELT</b>	36
<i>Pessoas no ESO: Marc Sarazin</i>	36
<b>Construindo Parcerias</b>	40
EIROforum	41
<b>Ao Encontro da Sociedade</b>	42
Transferência de Tecnologia	43
Programas Educacionais e de Divulgação Científica do ESO	44
Trabalhar no ESO	46
<i>Pessoas no ESO: Jean-Michel Bonneau</i>	46
O ESO é ...	47

## Acerca do ESO

O ESO, o Observatório Europeu do Sul, é o observatório mais produtivo do mundo em termos científicos. Criado em 1962, o ESO disponibiliza aos astrónomos e astrofísicos europeus infraestruturas de investigação de qualidade única. Esta Organização é financiada pela Alemanha, Áustria, Bélgica, Dinamarca, Espanha, Finlândia, França, Itália, Holanda, Portugal, Reino Unido, República Checa, Suécia e Suíça. Vários outros países manifestaram um forte interesse em aderir à Organização.

A sede do ESO (que inclui os centros científico, técnico e administrativo da Organização) está localizada em Garching, perto de Munique, Alemanha. O ESO opera no Chile, para além do gabinete central em Vitacura, Santiago, três observatórios de ponta no deserto chileno do Atacama. Em La Silla, a 600 quilómetros a norte de Santiago e a 2400 metros de altitude, estão instalados vários telescópios ópticos de média dimensão. O *Very Large Telescope* (VLT) está instalado no Paranal, uma montanha

com 2600 metros de altitude situada a sul de Antofagasta, que alberga também o Interferómetro do VLT e dois telescópios de rastreio, o VST e o VISTA. No terceiro observatório, no Planalto de Chajnantor, a 5000 metros de altitude e perto de San Pedro de Atacama, está já em funcionamento um novo telescópio submilimétrico (APEX). O ALMA, uma rede gigantesca de antenas de 12 metros de diâmetro, que opera igualmente no submilímetro está a ser construído em colaboração com a América do Norte, o Leste Asiático e o Chile.

O ESO está actualmente a fazer estudos de concepção e desenho para a construção de um telescópio de enorme dimensão, que trabalhará nas bandas do visível/infravermelho, o E-ELT (sigla do inglês *European Extremely Large Telescope*).

A contribuição anual dos estados membros para o ESO ronda os 135 milhões de euros, e a Organização emprega cerca de 700 pessoas.

*“O ESO envolve um nível de cooperação internacional praticamente único e tudo é feito por aqueles que o fazem melhor, independentemente do seu país ou instituição. Este espírito de excelência é um exemplo para toda a Europa.”*

Mrs Maria van der Hoeven,  
Ministra da Educação, Cultura e  
Ciência, Holanda

# O ESO e a Astronomia

A astronomia é muitas vezes descrita como a ciência mais antiga e não há dúvida de que a visão da majestosa Via Láctea cortando o céu numa noite límpida deve ter sido fonte de inspiração para pessoas de todas as idades e culturas. Hoje em dia, a astronomia destaca-se como uma das ciências mais modernas e dinâmicas, usando algumas das mais avançadas tecnologias e sofisticadas técnicas disponíveis. Actualmente atravessamos um período extremamente estimulante para a astronomia: a

tecnologia permite-nos agora estudar objectos nos mais longínquos locais do Universo e também detectar a presença de planetas em torno de outras estrelas. Podemos começar a responder uma a questão fundamental que a todos fascina: estaremos sós no Universo?

O ESO é a organização astronómica intergovernamental de ciência e tecnologia que se destaca por levar a cabo um programa de trabalhos ambicioso, focado na concepção, construção e

funcionamento de observatórios astronómicos terrestres de ponta, observatórios esses que possibilitam importantes descobertas científicas.

O ESO opera o Observatório La Silla Paranal situado em dois locais na região do deserto do Atacama, no Chile. La Silla, uma montanha de 2400 metros de altitude situada 600 quilómetros a norte de Santiago do Chile, alberga vários telescópios com diâmetros que vão até aos 3.6 metros. A infraestrutura de maior



relevo é o VLT (sigla do inglês *Very Large Telescope*), instalado no Paranal, cujo conceito, instrumentos que o complementam e modo de operação passaram a constituir o padrão de referência dos observatórios ópticos/infravermelhos instalados no solo. O interferómetro do VLT, o VLTI (acrónimo do inglês *Very Large Telescope Interferometer*), juntamente com os telescópios de rastreio VST (óptico) e VISTA (infravermelho) potenciam ainda mais as capacidades únicas destas instalações.

Cada ano, são recebidas 2000 propostas para utilização dos telescópios do ESO, num total de pedidos que vão de quatro a seis vezes mais noites do que as disponíveis. O ESO é o observatório terrestre mais produtivo do mundo, o

que resulta por ano em muitas publicações em revistas científicas da especialidade com júri de leitura: em 2009, por exemplo, cerca de 7000 trabalhos científicos com base em dados do ESO foram publicados.

O ESO é também o ponto focal da participação Europeia no ALMA (sigla do inglês *Atacama Large Millimeter/submillimeter Array*), um projecto de cooperação intercontinental que conta com a participação da América do Norte, Leste Asiático e Chile. Os parceiros do ALMA estão a construir esta infraestrutur única num local de altitude muito elevada no planalto chileno, em Chajnantor. O ALMA iniciará as operações científicas em 2011 e promete vir a ser tão revolucionário para a ciência como o Telescópio Espacial Hubble.

O passo seguinte, agora que o VLT está em plena operação, é a construção de um novo telescópio com um espelho primário de 42 metros de diâmetro, o E-ELT (sigla do inglês *European Extremely Large Telescope*). O E-ELT será o maior olho no céu do mundo — o maior telescópio a trabalhar no óptico e infravermelho próximo. O ESO desenvolveu um novo conceito revolucionário e está a delinear planos de construção detalhados em conjunto com a comunidade. O E-ELT permitirá obter pela primeira vez imagens de planetas semelhantes à Terra em órbita de outras estrelas, o que será um marco verdadeiramente notável.



*Tim de Z*

Tim de Zeeuw  
Director Geral do ESO



# Compreender o nosso Mundo

Os astrónomos abordam questões chave que desafiam a inteligência e a imaginação. Como se formaram os planetas? Como se desenvolveu a vida na Terra, e será ela omnipresente na Universo? Como se formaram as galáxias? O que são a matéria e a energia escuras?

A astronomia é uma ciência moderna de alta tecnologia, que explora o espaço exterior e procura explicar os incríveis processos que decorrem nessa imensidão. Estuda as nossas origens mais remotas e tenta prever o futuro do nosso Sistema Solar, da Via Láctea e de todo o Universo.

A astronomia é uma ciência de condições extremas. Lida com as maiores distâncias, os períodos de tempo mais longos, os objectos de maior massa, as temperaturas mais extremas, os campos eléctricos e magnéticos mais intensos, as maiores e menores densidades e as energias mais extremas que se conhecem.

A astronomia é uma ciência física baseada na observação. Com a excepção de alguns objectos celestes do Sistema Solar, os astrónomos não podem interagir directamente com os objectos que investigam. Utilizam, por isso, as leis da natureza que se conhecem para interpretar os fenómenos observados.

Para obterem essas observações, os astrónomos recorrem a alguns dos instrumentos e métodos mais sofisticados criados pela Humanidade. A tecnologia de ponta tem um papel extremamente importante na astronomia.

A astronomia é uma parte integral da nossa cultura e uma representação poderosa da nossa curiosidade intrínseca e do nosso desejo de compreender melhor o que nos rodeia. Uma vez já explorada a maior parte da superfície da Terra, a astronomia lida com a imensa '*Terra Incognita*' que nos rodeia.

Esta ciência contribui para uma melhor compreensão da fragilidade do nosso ambiente e da oportunidade extraordinária que é o nosso planeta poder sustentar vida. Através da astronomia, apercebemo-nos de quão precária é a nossa posição no imenso Universo.

A astronomia também nos dá a base necessária para expedições futuras e a subsequente possível expansão da espécie humana pelo espaço. Ao investigar as condições fora da Terra, preparamos as tarefas para gerações futuras.

*Observar galáxias distantes significa olhar para trás no tempo — por vezes quase para o início do próprio Universo, quando o tempo começou. Significa estudar como evoluiu o Universo, como se formaram as estrelas e os planetas, incluindo a Terra. A astronomia é o estudo das origens. É também o estudo de eventos apocalípticos e grandes mistérios. Acima de tudo, é a tentativa mais arrojada da Humanidade para compreender o mundo em que vivemos.*

# Revelando Segredos Cósmicos



Pessoas no ESO: Christophe Dumas, Astrónomo e Chefe do Departamento de Operações Científicas no Paranal

“Depois de me graduar como engenheiro electrónico na escola francesa Supelec, decidi seguir os meus interesses principais e tornar-me astrónomo. Antes de integrar o ESO, trabalhei primeiro no Hawaii onde concluí o doutoramento em astrofísica e depois no JPL/NASA na Califórnia. Os meus interesses científicos centram-se no estudo de corpos pequenos e primordiais do nosso Sistema Solar (asteróides, cometas e objectos trans-neptunianos), no intuito de investigar quais os processos importantes na formação dos planetas terrestres e gigantes, a origem da água na Terra e o que é que faz com que os planetas possam sustentar vida tal como a conhecemos. Para isso, comecei a utilizar óptica adaptativa, a qual torna possível o estudo geológico remoto destes objectos distantes. Esta linha de estudo levou-me à procura de exoplanetas e estou muito contente por ter feito parte da equipa que obteve a primeira imagem de um exoplaneta com o VLT. Na realidade, fui eu que obtive a imagem com o telescópio! Sinto-me muito orgulhoso dessa imagem fazer agora parte de muitas revistas de ciência e livros de estudo. Sinto que nós no VLT trabalhamos realmente na última fronteira da ciência. Com o sistema de estrela guia laser, a óptica adaptativa tornou-se agora ainda mais poderosa. SPHERE, o descobridor de exoplanetas de próxima geração do VLT abrirá caminho para novos progressos nesta área, mas para mim o objectivo final é utilizar o E-ELT para obter imagens de um planeta do tipo terrestre em torno de uma estrela semelhante ao Sol.”

Os telescópios do ESO fornecem dados que resultam em imensas descobertas na área da astronomia, o que leva a um grande número de publicações científicas todos os anos. Os astrónomos usam estes observatórios de excelência para estudar objectos desde o nosso Sistema Solar até aos confins do Universo. Nesta secção juntamo-nos a eles numa viagem através do Cosmos, chamando a atenção para algumas das descobertas feitas no ESO.

A procura de planetas exteriores ao Sistema Solar constitui um elemento chave da questão que é, possivelmente, a mais profunda para a Humanidade: existirá vida noutros locais do Universo? Os observatórios do ESO estão equipados com todo um arsenal de equipamentos únicos para detectar, estudar e monitorizar os chamados exoplanetas.

Utilizando o *Very Large Telescope*, os astrónomos conseguiram pela primeira vez observar o brilho ténue de um planeta fora do nosso Sistema Solar, obtendo a primeira fotografia da história de um exoplaneta. Este novo mundo é um planeta gigante, com cerca de cinco vezes a massa de Júpiter. Esta observação constituiu um enorme passo na direcção de um dos objectivos mais importantes da astronomia moderna: caracterizar a estrutura física e a composição química dos planetas gigantes e, eventualmente, de planetas semelhantes à Terra.

Utilizando uma técnica inovadora conhecida por efeito de microlente gravitacional, um telescópio em La Silla integrou uma rede de telescópios espalhados pelo globo. Essa colaboração descobriu um novo exoplaneta com uma massa de apenas cinco vezes a massa da Terra. O planeta demora cerca de dez anos a completar uma órbita em torno da sua estrela e possui, muito provavelmente, uma superfície rochosa gelada.

Com o instrumento HARPS (acrónimo do inglês *High Accuracy Radial velocity Planet Searcher*) os astrónomos descobriram pelo menos quatro planetas em órbita de uma estrela próxima, com massas inferiores à massa de Neptuno, incluindo um planeta com duas vezes a massa da Terra — o mais pequeno



exoplaneta descoberto até agora — e outro com sete vezes a massa terrestre, que se situa na zona de habitabilidade da estrela hospedeira. Este planeta orbita a sua estrela em cerca de 66 dias e os astrónomos pensam que se encontra coberto por oceanos — um mundo de água. Esta descoberta constitui um marco pioneiro na procura de planetas que podem albergar vida.

*“Os sinais ténues descobertos pelo HARPS não passariam de ‘simples ruído’ para a maior parte dos espectrógrafos actualmente disponíveis.”*

**Michel Mayor, Observatório de Genebra, co-descobridor do primeiro exoplaneta**

*“Os espectros obtidos para esta estrela relativamente ténue são absolutamente fantásticos — possuem uma qualidade que até há bem pouco tempo estava reservada às estrelas visíveis a olho nu. Apesar do seu brilho fraco, a risca de urânio pode ser medida com muito boa precisão.”*

**Roger Cayrel, Observatório de Paris**

Equipas de astrónomos utilizaram o VLT para fazer medições únicas que prepararam o caminho para uma determinação independente da idade do Universo. Mediram, pela primeira vez, a quantidade do isótopo radioactivo do urânio 238 numa estrela que nasceu quando a Via Láctea ainda se estava a formar.

Como no caso da datação por carbono usada em arqueologia, mas em escalas de tempo muito maiores, este ‘relógio’ de urânio mede a idade da estrela. As medições mostram que a estrela mais velha tem 13.2 mil milhões de anos. Uma vez que a estrela não pode ser mais velha do que o próprio Universo, este terá que ser ainda mais velho do que isso. Esta observação está de acordo com o que sabemos da cosmologia, que dá ao Universo uma idade de 13.7 mil milhões de anos. Esta estrela e a nossa Galáxia devem ter-se formado logo após o *Big Bang*.

Um outro resultado explora até aos seus limites a tecnologia usada em astronomia, e lança uma nova luz sobre os tempos primordiais da Via Láctea. Os astrónomos mediram, pela primeira vez, a quantidade de berílio existente em duas estrelas de um enxame globular. Com estes resultados puderam estudar a fase inicial compreendida entre a formação das primeiras estrelas da Via Láctea e as estrelas deste enxame. Descobriram que a primeira geração de estrelas da nossa Galáxia deve-se ter formado logo após o fim da ‘Idade das Trevas’, um período de tempo que se seguiu ao *Big Bang* e que durou cerca de 200 milhões de anos.

## Um Buraco Negro no Centro da nossa Galáxia



Pessoas no ESO: Lucie Jílková, estudante no ESO, em Vitacura

“Passei o primeiro ano do meu doutoramento na Universidade Masaryk, em Brno, República Checa e para lá voltarei quando terminar os meus estudos, depois de passar dois anos no ESO, no Chile. Até agora sempre preferi a teoria às observações, mas vim para o ESO no intuito de descobrir se esta minha preferência se manteria num ambiente de alto nível. Esta foi uma das razões pelas quais escolhi estudar no ESO, em Santiago: para poder experimentar e aprender mais sobre astronomia observacional. Relativamente ao tema da minha tese estou a analisar em detalhe a estrutura e movimentos no nosso pequeno canto da Via Láctea, estudando as órbitas de enxames abertos jovens. No âmbito deste programa tenciono utilizar o instrumento FLAMES montado no VLT. Adquirir e processar estes dados será um grande desafio para mim e estou desejando de ter esse novo tipo de trabalho. Para além da experiência de trabalho única e colaboração internacional de que disponho aqui no ESO, estou também muito feliz por estudar no Chile, um país fantástico de paisagens montanhosas de tirar o fôlego — muito diferente do meu país natal no centro da Europa.”





O centro da Via Láctea.

O que existe no centro da Via Láctea? Durante muitos anos, os astrónomos suspeitavam que existia um buraco negro no centro da nossa Galáxia, mas não tinham a certeza. Só recentemente, após 16 anos a monitorizar regularmente o Centro Galáctico com telescópios do ESO, no Observatório de La Silla Paranal, os cientistas obtiveram finalmente provas conclusivas.

A densidade de estrelas no centro da Via Láctea é tão elevada que foram necessárias técnicas especiais, como a óptica adaptativa (ver página 25) para aumentar a resolução do VLT. Os astrónomos conseguiram observar estrelas individuais, com uma precisão sem precedentes, à medida que elas rodavam em torno do Centro Galáctico. As suas trajectórias mostraram, de modo conclusivo, que estas estrelas devem estar sujeitas à imensa atracção gravitacional de um buraco negro de grande massa, com quase três milhões de vezes a massa do Sol.

As observações do VLT também revelaram clarões de radiação infravermelha a emergir da região em intervalos regulares. Embora a causa exacta deste fenómeno seja ainda desconhecida, os observadores sugeriram que o buraco negro deve estar a rodar rapidamente. Seja o que for que esteja a acontecer, a vida de um buraco negro não é calma nem sossegada.

Os astrónomos também utilizaram o VLT para observar o centro de outras galáxias onde encontraram, de novo, sinais claros de buracos negros de grande massa. Na galáxia activa NGC 1097 conseguiu-se observar, com um detalhe sem precedentes, uma rede complexa de filamentos a espiralar em direcção ao centro da galáxia, o que nos forneceu pela primeira vez uma visão detalhada do movimento da matéria a ser canalizada da região principal da galáxia em direcção ao seu núcleo.



A região central da galáxia activa NGC 1097.

*“Necessitávamos de imagens muito nítidas para decidir se seria possível uma configuração diferente da de buraco negro, e contámos com o VLT do ESO para nos fornecer essas imagens. A era da física observacional dos buracos negros começou de facto!”*

Reinhard Genzel,  
Director do Instituto Max-Planck  
para a Física Extraterrestre

# Explosões de Raios Gama

As explosões de raios gama (ERG), são explosões de raios gama de energia extremamente elevada, que duram entre menos de um segundo a minutos — um mero piscar de olhos à escala cósmica. Sabe-se que ocorrem a enormes distâncias da Terra, quase no limite do Universo observável.

O VLT observou o brilho residual da mais distante explosão de raios gama alguma vez registada. Com um desvio para o vermelho de 8.2, a radiação desta fonte longínqua levou mais de 13 mil milhões de anos a chegar até nós. Ou seja, estamos a vê-la numa altura em que o Universo tinha menos de 600 milhões de anos, o que corresponde a menos de cinco por cento da sua idade actual. Em apenas alguns segundos essa explosão terá libertado 300 vezes mais energia do que o nosso Sol durante toda a sua vida — mais de 10 mil milhões de anos. As ERG são por isso as explosões mais intensas no Universo, depois do *Big Bang*.

Os investigadores desde há muito tempo que tentam descobrir a natureza destas explosões. As observações sugerem que há dois tipos de ERG — de curta duração (menos de alguns segundos), e de longa duração — e suspeitava-se que dois tipos distintos de acontecimentos cósmicos lhes dariam origem.

Em 2003, os telescópios do ESO foram fundamentais na descoberta da ligação entre as ERG de longa duração e a explosão derradeira de estrelas de grande massa, conhecidas por 'hipernovas'. Acompanhando durante mais de um mês a evolução de uma explosão, os astrónomos mostraram que a sua radiação tinha propriedades semelhantes à das supernovas, que são o resultado da explosão final de uma estrela de grande massa.

Em 2005, os telescópios do ESO detectaram pela primeira vez radiação no visível após uma ERG de curta duração. Monitorizando essa radiação durante três semanas, os astrónomos demonstraram que as explosões de curta duração — ao contrário das de longa duração — não poderiam resultar de hipernovas. Pensa-se que resultem da fusão violenta de estrelas de neutrões ou de buracos negros.



# 10 Descobertas Astronómicas de Vanguarda do ESO

## 1 Universo em aceleração

Duas equipas independentes de investigadores, utilizando observações de estrelas em explosão obtidas por telescópios astronómicos em La Silla, demonstraram que a expansão do Universo está a acelerar.

## 2 Primeira imagem de um exoplaneta

O VLT obteve a primeira imagem de um planeta exterior ao nosso Sistema Solar. O planeta tem cinco vezes a massa de Júpiter e encontra-se em órbita de uma estrela falhada — uma anã castanha — a uma distância da estrela de cerca de 55 vezes a distância média Terra–Sol.

## 3 Estrelas em órbita do buraco negro da Via Láctea

Vários dos telescópios de maior relevo do ESO foram utilizados num estudo que durou 16 anos, no intuito de obter a imagem mais detalhada dos arredores do monstro que espreita do coração da nossa Galáxia — um buraco negro de grande massa.

## 4 A ligação entre explosões de raios gama e supernovas

Os telescópios do ESO forneceram provas definitivas de que as explosões de raios gama de longa duração estão ligadas às derradeiras explosões de estrelas de grande massa, solucionando assim um problema de longa data.

## 5 O movimento de estrelas na Via Láctea

Após mais de 1000 noites de observação em La Silla, obtidas ao longo de 15 anos, os astrónomos determinaram o movimento de mais de 14 000 estrelas do tipo solar situadas na vizinhança do Sol, demonstrando assim que a nossa casa galáctica tem uma vida muito mais turbulenta e caótica do que o que se pensava anteriormente.

## 6 Estrela mais velha conhecida na Via Láctea

Utilizando o VLT do ESO os astrónomos mediram a idade da estrela mais velha conhecida na nossa Galáxia, a Via Láctea. Com 13.2 mil milhões de anos, a estrela nasceu na era mais primordial de formação estelar no Universo.

## 7 A ligação entre estrelas de neutrões em fusão e explosões de raios gama

Um telescópio em La Silla conseguiu observar pela primeira vez radiação emitida por uma explosão de raios gama de curta duração, mostrando que esta família de objectos tem origem, muito provavelmente, na colisão violenta de duas estrelas de neutrões em processo de fusão.

## 8 Temperatura cósmica medida independentemente

O VLT detectou pela primeira vez moléculas de monóxido de carbono numa galáxia situada a quase 11 mil milhões de anos-luz de distância, um objectivo atingido finalmente ao fim de 25 anos. Esta detecção possibilitou uma medição muito precisa da temperatura cósmica numa época bastante remota do Universo.

## 9 Medido o objecto mais distante

O *Very Large Telescope* obteve a assinatura espectral do objecto primordial mais distante conhecido no Universo, observado a apenas 600 milhões de anos depois do *Big Bang*.

## 10 Encontrado o exoplaneta mais leve

O espectrógrafo HARPS ajudou os astrónomos a descobrir um sistema que possui o exoplaneta mais leve — com apenas duas vezes a massa da Terra — assim como um planeta situado na zona de habitabilidade, onde oceanos de água líquida poderão eventualmente existir.

# Ao Serviço dos Astrónomos da Europa





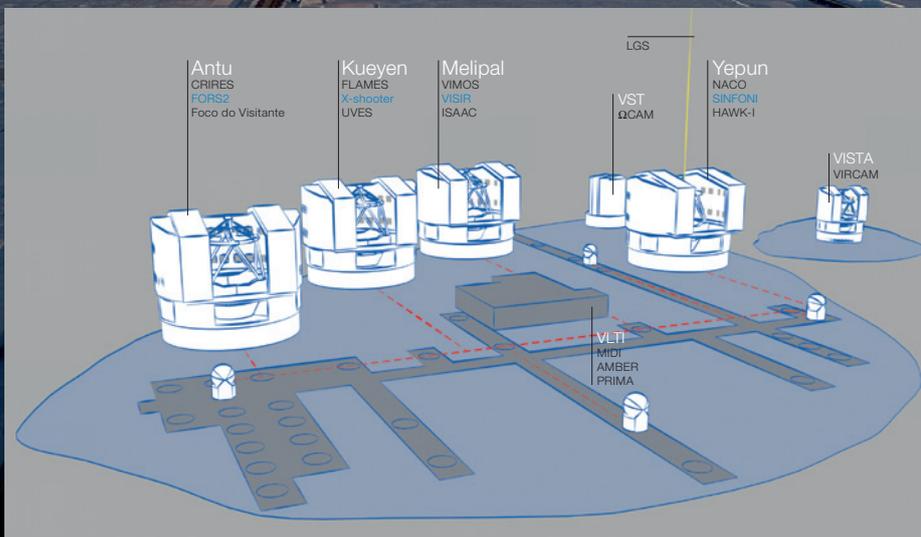
Tal como consta da sua convenção, o ESO põe à disposição dos astrónomos da Europa instalações topo de gama, além de promover e organizar a cooperação na investigação em astronomia. Actualmente, o ESO opera os maiores e mais sofisticados observatórios do mundo, em três locais no norte do Chile: La Silla, Paranal e Chajnantor. Estes são os melhores locais do hemisfério sul para a observação astronómica. Com outras actividades tais como, desenvolvimento tecnológico, conferências e projectos educacionais, o ESO desempenha também um papel decisivo na formação de uma Área Europeia de Investigação para a astronomia e astrofísica.

*“Toda esta actividade é um tributo ao engenho humano. É uma contribuição extraordinária para o desenvolvimento do conhecimento, e enquanto Comissário para a Investigação, sinto muito orgulho que seja uma realização europeia.”*

Philippe Busquin, Comissário Europeu para a Investigação (2000–2005)

# Paranal

O conjunto de telescópios VLT (*Very Large Telescope*) encontra-se na vanguarda da astronomia europeia no início do terceiro milénio.



Instrumentos no Very Large Telescope.

O VLT é o instrumento óptico mais avançado do mundo, composto por quatro telescópios com espelhos primários de 8.2 metros de diâmetro e quatro telescópios auxiliares móveis, com espelhos de 1.8 metros, que se combinam para formar um interferómetro.

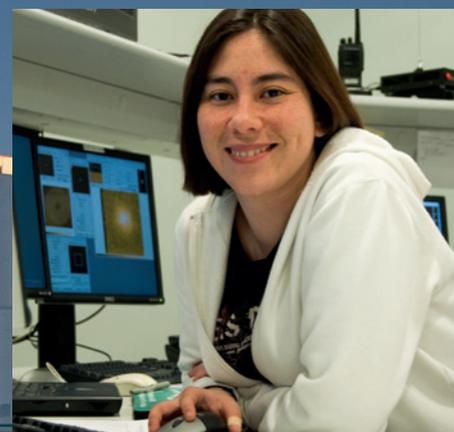
Os telescópios de 8.2 metros também podem ser usados individualmente. Com uma exposição de apenas uma hora, podemos obter imagens de objectos extremamente tênues, de magnitude 30, o que corresponde a observar objectos que são quatro mil milhões de vezes mais tênues do que aqueles que conseguimos ver a olho nu.

O programa de instrumentação do VLT é o mais ambicioso alguma vez

concebido para um único observatório. Inclui câmaras de grande campo, câmaras e espectrógrafos corrigidos por óptica adaptativa, espectrógrafos multi-objecto e de alta resolução, que cobrem uma extensa região do espectro electromagnético que vai desde o ultravioleta profundo (300 nm), ao infravermelho médio (20  $\mu\text{m}$ ).

Os telescópios de 8.2 metros estão alojados em edifícios compactos e termicamente controlados, que rodam de maneira sincronizada com os telescópios. Esta estrutura minimiza os efeitos adversos às condições de observação, por exemplo a turbulência do ar no interior do tubo do telescópio que, de outro modo, poderia ocorrer como resultado de variações na temperatura e no vento.

A Unidade 1, Antu, entrou em funcionamento regular a 1 de Abril de 1999. Hoje, já funcionam regularmente as quatro Unidades principais e os quatro telescópios auxiliares. O VLT teve já um impacto incontestável na astronomia observacional. É a mais produtiva infraestrutura individual no solo. Resultados obtidos com dados do VLT levam a uma média de publicações de mais de um artigo científico por dia publicado em revistas científicas da especialidade com júri de leitura.



Pessoas no ESO: Karla Aubel, Operadora de Telescópios e Instrumentos no Paranal

“Vim para o ESO em 2001, quando ainda estava a fazer a minha tese em Engenharia Física. Primeiro trabalhei em La Silla, onde usava os meus dias de folga para acabar a tese e só vim para o VLT em 2005. Desde pequena que fui sempre muito curiosa sobre tudo e tentava encontrar respostas, pelo que pensei que a Física seria o caminho a seguir. Operar o VLT, proporcionar a imagem de melhor qualidade, ou o acompanhamento de posição mais rigoroso e estar alerta toda a noite, é a minha maneira de contribuir para as tentativas dos astrónomos de descobrir os mistérios do Universo. E no Inverno, com turnos de noite que duram 14 horas, isso pode tornar-se num trabalho muito duro! Mas eu gosto. E quando vejo na imprensa uma notícia acerca de uma descoberta feita com o VLT, não posso deixar de pensar que eu contribuí para isso. Sabe mesmo bem e faz-nos perceber que fazemos parte de algo importante!”

## Muitos Olhos, Uma Só Visão

Os telescópios individuais do VLT podem ser combinados em grupos de dois ou três para formar um gigantesco interferómetro VLT (sigla em inglês — VLTI), permitindo observar detalhes com precisão superior (até 25 vezes) à dos telescópios individuais e estudar objectos celestes com um detalhe sem precedentes. Com o VLTI podemos observar detalhes na superfície das estrelas e até estudar a vizinhança dos buracos negros.

No VLTI, os raios de luz são combinados em túneis subterrâneos, através de um complexo sistema de espelhos. Para isso, a extensão do caminho percorrido pela luz recebida por todos os telescópios terá de ser igual, a menos de um erro inferior a 1/1000 milímetros em 100 metros.

Com este tipo de precisão o VLTI consegue reconstruir imagens com uma resolução angular da ordem das milésimas de segundo de arco, incluindo uma das imagens mais nítidas alguma vez obtidas para uma estrela, com uma resolução espacial de apenas 4 milésimas de segundo de arco. Este valor corresponde a conseguir distinguir a cabeça de um parafuso na Estação Espacial Internacional, situada a 400 quilómetros de altitude.

### Os Instrumentos do Interferómetro do *Very Large Telescope*

- VINCI: instrumento para teste do VLTI
- AMBER: instrumento para estudo fotométrico e espectroscópico no infravermelho próximo
- MIDI: instrumento de espectroscopia e fotometria no infravermelho médio
- PRIMA: instrumento para imagens de referência de fase e astrometria de microssegundo de arco; tem particular interesse para a investigação de fontes tênues e procura de exoplanetas

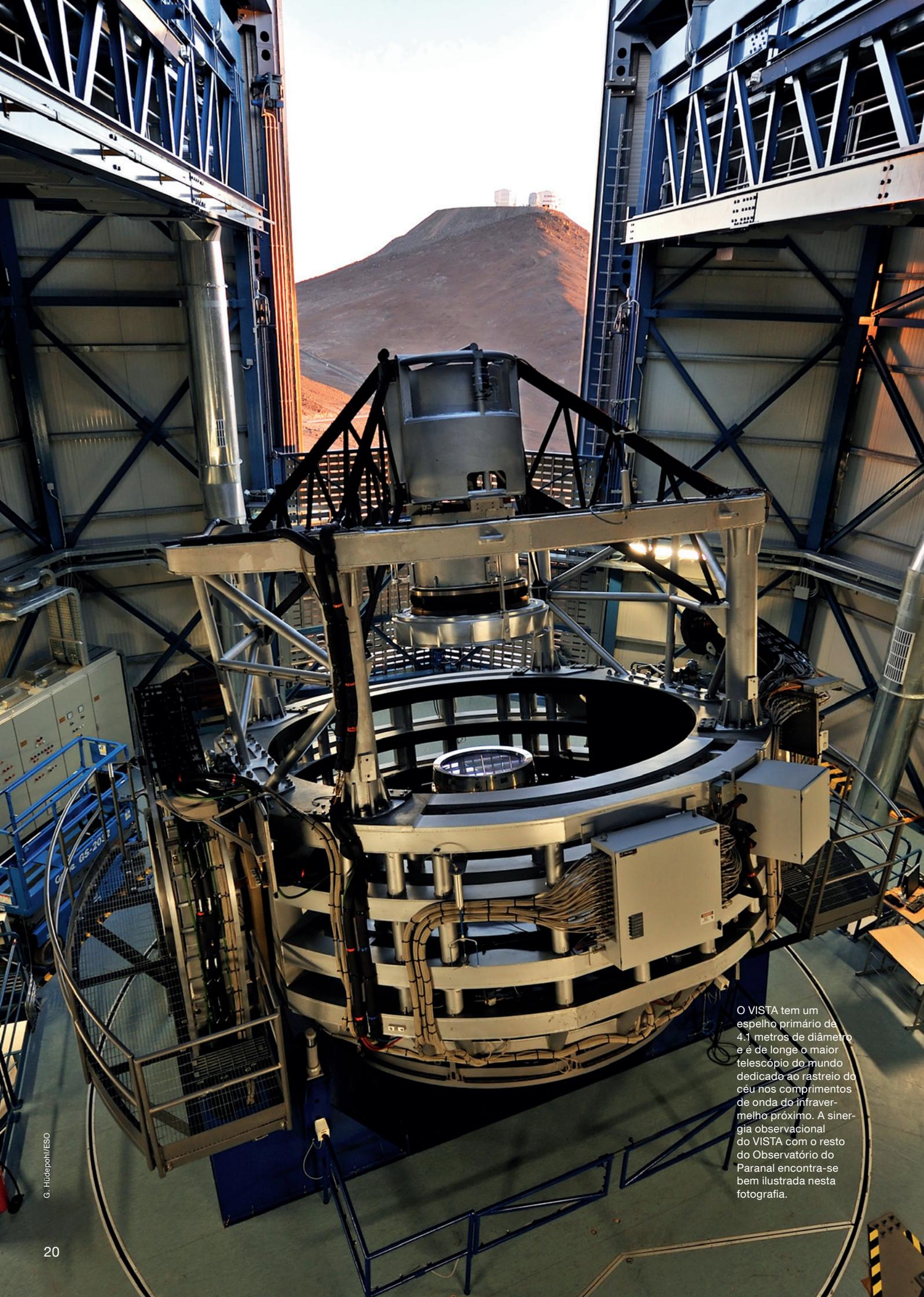
## Telescópios Móveis

Apesar dos quatro telescópios de 8.2 metros poderem ser combinados num interferómetro, a maior parte das vezes esses grandes telescópios são usados para outros objectivos. Por isso, só estão disponíveis para observações interferométricas durante um número limitado de noites por ano.

De modo a aproveitar as capacidades do VLTI todas as noites, estão disponíveis quatro telescópios auxiliares, AT (sigla do inglês *Auxiliary Telescopes*), mais pequenos. Os AT estão montados em carris e

podem ser deslocados entre várias posições de observação pré-definidas. A partir dessas posições, a luz que colectam individualmente é combinada no VLTI.

Os AT são telescópios muito invulgares. As suas cúpulas ultra-compactas albergam a própria electrónica, ventilação e sistemas de hidráulica e refrigeração, tornando-os auto-suficientes. Cada AT tem um transportador que ergue o telescópio e o move de uma posição para outra.



O VISTA tem um espelho primário de 4.1 metros de diâmetro e é de longe o maior telescópio do mundo dedicado ao rastreamento do céu nos comprimentos de onda do infravermelho próximo. A sinergia observacional do VISTA com o resto do Observatório do Paranal encontra-se bem ilustrada nesta fotografia.

## Telescópios de Rastreio

Dois novos e poderosos telescópios — o VISTA (acrónimo do inglês *Visible and Infrared Survey Telescope for Astronomy*) e o VST (acrónimo do inglês *VLT Survey Telescope*) — estão situados no Observatório do Paranal do ESO, no norte do Chile. São claramente os telescópios mais poderosos do mundo dedicados a obter imagens para rastreios do céu e aumentarão consideravelmente o potencial de descobertas científicas feitas no Observatório do Paranal.

Muitos dos objectos astronómicos mais interessantes — desde os minúsculos, mas potencialmente perigosos, asteróides próximos da Terra aos quasars mais distantes — são raros. Encontrá-los é como procurar uma agulha num palheiro. Os maiores telescópios, como o *Very Large Telescope* do ESO e o Telescópio Espacial Hubble da NASA/ESA, apenas podem estudar uma parte mínima do céu de cada vez, mas o VISTA e o VST foram concebidos para fotografarem enormes áreas no

céu de maneira rápida e profunda. Os dois telescópios passarão a maior parte dos primeiros cinco anos de operações a executar nove rastreios cuidadosamente planeados, criando assim vastos arquivos de catálogos e imagens de objectos que serão estudados pelos astrónomos durante as próximas décadas.

Os rastreios darão igualmente resultados científicos directos e, para além disso, os objectos interessantes descobertos por estes telescópios de rastreio serão alvo de estudos mais detalhados levados a cabo pelo VLT e por outros telescópios no solo e também no espaço. Ambos os telescópios de rastreio estão em cúpulas situadas próximo do VLT e por isso partilham das mesmas condições de observação excepcionais e do mesmo modelo de operação altamente eficiente.

O VISTA tem um espelho primário de 4.1 metros de diâmetro e é o maior telescópio do mundo dedicado ao rastreio do

céu. O coração do VISTA é uma câmara de 3 toneladas composta por 16 detectores especiais sensíveis à radiação infravermelha, num total combinado de 67 milhões de pixels. Possui a maior cobertura de todas as câmaras infravermelhas existentes. O VISTA começou as operações em 2009.

O VST é um telescópio de vanguarda de 2.6 metros equipado com a OmegaCAM, uma gigantesca câmara CCD de 268 milhões de pixels, com um campo de visão correspondente a quatro vezes a área da Lua Cheia. Complementa o VISTA e fará rastreios do céu na região do visível.

O VST é o resultado de uma cooperação entre o ESO e o Observatório Astronómico de Capodimonte (OAC) em Nápoles, um centro de investigação do Instituto Nacional Italiano de Astrofísica (INAF). O VST estará operacional no Paranal em 2011.



# La Silla



O instrumento HARPS.





O Observatório de La Silla, situado 600 quilómetros a norte de Santiago do Chile, e a 2400 metros de altitude, tem sido o baluarte do ESO desde os anos 1960. É lá que o ESO tem em funcionamento vários dos telescópios da classe dos 4 metros mais produtivos dos mundo.

O *New Technology Telescope* (NTT, telescópio de nova tecnologia) de 3.5 metros, foi o primeiro telescópio do mundo a ter um espelho primário controlado por computador (óptica activa), uma tecnologia desenvolvida no ESO e agora aplicada ao VLT e à maior parte dos grandes telescópios do mundo inteiro.

Também em La Silla, o telescópio de 3.6 metros do ESO está em funcionamento desde 1977. Após grandes remodelações, este telescópio continua na linha da frente dos telescópios da classe dos 4 metros no hemisfério sul.

É neste telescópio que está instalado o HARPS (sigla do inglês *High Accuracy Radial Velocity Planet Searcher*), um espectrógrafo com uma precisão sem paralelo, dedicado à procura de exoplanetas.

La Silla serve também de anfitriã a telescópios dos países membros dedicados a projectos muito específicos,

como o Leonhard Euler, um telescópio suíço de 1.2 metros, o REM (sigla do inglês *Rapid Eye Mount*) ou o TAROT, caçador de explosões de raios gama. Encontram-se também neste observatório telescópios dedicados a estudos típicos como o telescópio MPG/ESO de 2.2 metros e o telescópio dinamarquês de 1.5 metros. O instrumento WFI (sigla do inglês *Wide Field Imager*), uma câmara de grande campo com 67 milhões de pixels, montada no telescópio MPG/ESO de 2.2 metros tem obtido muitas imagens extraordinárias de objectos celestes que se tornaram já ícones de direito próprio.



## Na Vanguarda das Novas Tecnologias



Pessoas no ESO: Françoise Delplancke, Física de Instrumentos do VLT

"A minha primeira impressão do Cerro Paranal no meio do deserto do Atacama, no Chile, e após mais de 20 horas de viagem de Munique, foi a de ter chegado ao planeta Marte. O observatório que o ESO construiu neste ambiente inóspito é um confortável oásis, equipado com a mais avançada tecnologia em astronomia, e operado por pessoas altamente profissionais e simpáticas. O céu é tão límpido que, mesmo a olho nu, se consegue distinguir a cor azul e vermelha de algumas estrelas da Via Láctea, o que constitui o sonho de qualquer astrónomo amador que viva numa cidade europeia envolvida por poluição luminosa. Pela mesma razão, à noite, após uma hora no exterior consegue-se facilmente ver a paisagem circundante, apenas à luz das estrelas, mesmo sem luar. Tive uma vez a rara oportunidade de observar a Lua com um dos telescópios do VLT: a sensação é a de pairar sobre a sua superfície, a bordo de uma nave espacial."

Desde o início que o VLT foi concebido como uma formidável máquina de ciência, tirando vantagem dos mais recentes desenvolvimentos tecnológicos.

A Óptica Adaptativa (OA) é uma técnica que permite aos instrumentos instalados nos telescópios ultrapassar os efeitos da turbulência atmosférica, produzindo imagens tão nítidas como se fossem obtidas a partir do espaço. Isto permite a observação de objectos muito tênues com grande detalhe. Com a OA o telescópio pode, em princípio, atingir o seu limite de difracção — a melhor resolução possível em termos teóricos, o que significa que com um instrumento do VLT se poderia ler a manchete de um jornal a uma distância de mais de 10 quilómetros.

Para funcionar, a OA precisa de uma estrela de referência relativamente brilhante, o que limita as regiões no céu onde se pode observar. Para ultrapassar esta restrição, uma das unidades do VLT foi recentemente equipada com um potente laser que pode criar no céu uma estrela artificial, onde e quando os astrónomos precisam.

Para tornar o VLT mais eficiente para interferometria, cada unidade foi equipada com um instrumento especialmente desenhado de OA, MACAO, que foca a radiação recebida de objectos distantes no feixe de luz mais estreito possível.

Com sete sistemas de OA instalados até ao momento, um sistema de estrela guia laser e a capacidade de combinar dois ou três telescópios para interferometria,

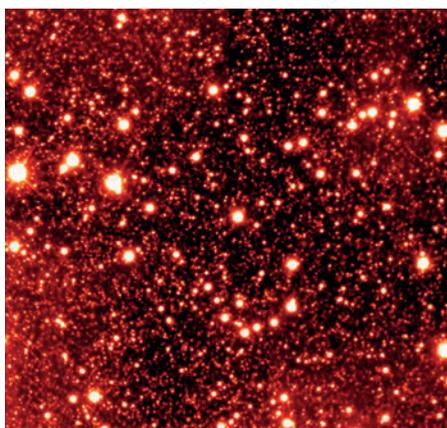
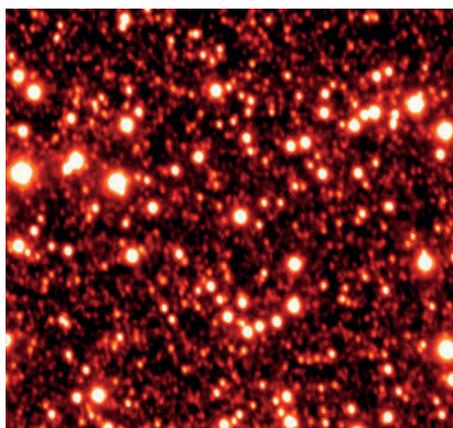
o VLT é, sem dúvida, o observatório terrestre mais avançado do mundo.

Em conjunto com vários institutos Europeus, o ESO está a desenvolver a próxima geração de equipamentos de óptica adaptativa para o VLT, como por exemplo, o SPHERE. O instrumento SPHERE de óptica adaptativa extrema será dedicado à obtenção de imagens e caracterização de planetas gasosos gigantes — com massas até uma massa de Júpiter — exteriores ao nosso Sistema Solar. Este é um passo importante com vista à detecção e caracterização de planetas semelhantes à Terra, potencialmente capazes de sustentar vida, feita com o futuro *European Extremely Large Telescope*.

### O Sistema de Estrela Guia Laser do VLT

Está actualmente em funcionamento um sistema de Estrela Guia Laser que funciona com os instrumentos de OA, NACO e SINFONI, montados no VLT. Com este sistema, um potente feixe laser é projectado na direcção da camada de sódio da atmosfera terrestre, situada à altitude de 90 quilómetros, produzindo-se assim uma estrela artificial. Esta estrela é usada pelos sistemas de óptica adaptativa para medir e compensar os efeitos da turbulência atmosférica em qualquer ponto do céu.

O sistema de Estrela Guia Laser é um projecto de colaboração entre o ESO, o Instituto Max-Planck para a Física Extraterrestre (MPE), Garching, Alemanha, e o Instituto Max-Planck para a Astronomia (MPIA), Heidelberg, Alemanha.



Comparação entre uma imagem obtida sem (esquerda) e com (direita) óptica adaptativa.

# Galeria de Imagens do VLT

O VLT é uma máquina de ciência única na vanguarda da investigação astronómica. Produz também imagens belíssimas e espantosas de objectos celestes, como se mostra nesta galeria.

## 1 A Majestosa Galáxia Espiral NGC 7424

A belíssima galáxia espiral de braços múltiplos NGC 7424 situa-se a cerca de 40 milhões de anos-luz de distância, na direcção da constelação do Grou, podendo ser observada de face. A galáxia tem um diâmetro aproximado de 100 000 anos-luz — muito semelhante em dimensão à nossa Via Láctea.

## 2 A Nebulosa da Cabeça do Cavalo

Esta imagem mostra a famosa Nebulosa da Cabeça do Cavalo situada a cerca de 1 400 anos-luz de distância, no complexo de nuvens moleculares de Orion. É uma protuberância de poeira na região sul da densa nuvem de poeira e gás Lynds 1630, na orla da região de hidrogénio ionizado IC 434.

## 3 Maternidade Estelar NGC 3603

NGC 3603 é uma região de intensa formação estelar situada na Via Láctea: uma fábrica cósmica onde estrelas se formam freneticamente a partir das extensas nuvens de gás e poeira da nebulosa.

## 4 Os Pilares da Criação

Este mosaico da Nebulosa da Águia (Messier 16) baseia-se num conjunto de 144 imagens individuais. No centro, vê-se a região de formação estelar conhecida como Pilares da Criação.

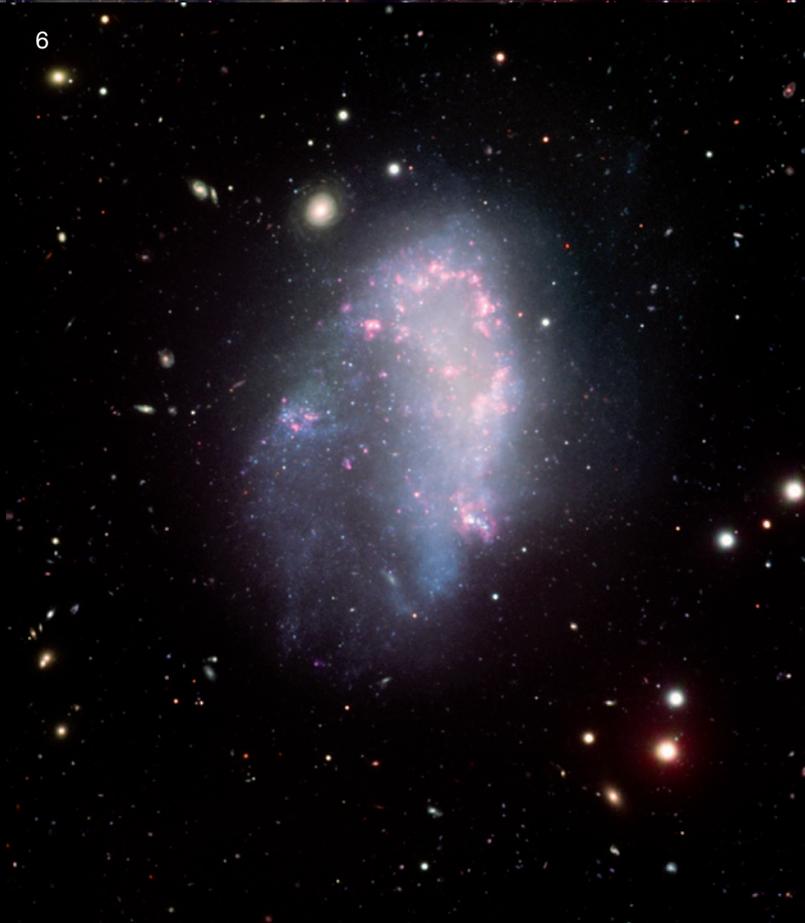
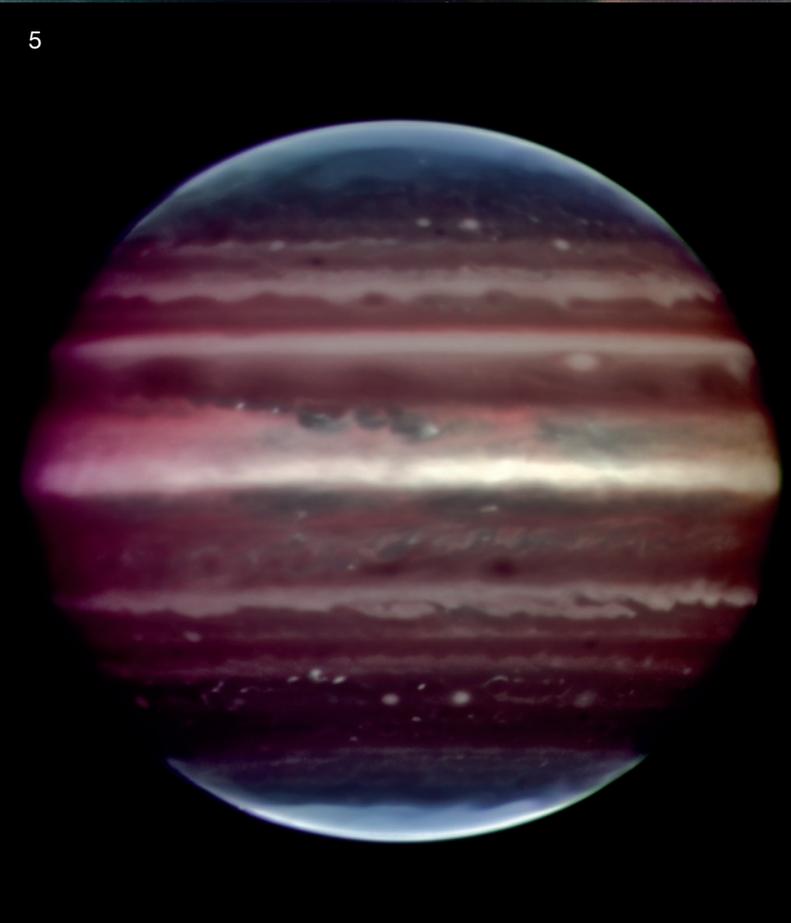
## 5 Planeta Júpiter

Esta imagem do planeta Júpiter na sua totalidade, a mais nítida tirada até agora a partir do solo, foi obtida com o instrumento protótipo MAD (sigla do inglês *Multi-Conjugate Adaptive Optics Demonstrator*), montado no *Very Large Telescope* do ESO (VLT). Esta imagem fantástica revela mudanças na bruma de Júpiter, provavelmente resposta às bruscas mudanças a nível planetário que ocorreram há mais de um ano.

## 6 A Galáxia Irregular NGC 1427A

NGC 1427A é um exemplo de uma galáxia irregular anã. Neste caso particular, a forma da galáxia teve origem na sua deslocação rápida ascendente através do enxame: com uma velocidade de dois milhões de quilómetros por hora relativamente ao enxame, a NGC 1427A está a ser desfeita e irá eventualmente ficar em bocados.





## Explorando o Universo Frio — ALMA



No alto do planalto de Chajnantor, no deserto chileno do Atacama, o Observatório Europeu do Sul, em conjunto com os seus parceiros internacionais, está a construir a rede ALMA (sigla do inglês *Atacama Large Millimeter/submillimeter Array*) — um telescópio de vanguarda que estudará a radiação proveniente dos objectos mais frios do Universo. Esta radiação tem comprimentos de onda próximos do milímetro, entre o infravermelho e o rádio, e é por isso designada por radiação milimétrica e sub-milimétrica.

A radiação nesta gama de comprimentos de onda provém de vastas nuvens frias no meio interestelar, com temperaturas de apenas algumas dezenas de graus acima do zero absoluto e também de algumas das primeiras e mais longínquas galáxias do Universo. Os astrónomos poderão usar esta gama de comprimentos de onda para estudar as condições químicas e físicas nas nuvens moleculares — as regiões densas de gás e poeira, onde estão a nascer novas estrelas. Estas regiões do Universo são frequentemente escuras e

opacas à radiação no visível, mas brilham intensamente nas bandas do milímetro e sub-milímetro. A radiação milimétrica e sub-milimétrica abre uma janela para o enigmático Universo frio, mas os sinais provenientes do espaço são fortemente absorvidos pelo vapor de água existente na atmosfera terrestre. Por isso, os telescópios usados neste tipo de astronomia têm de ser construídos em locais altos e secos.

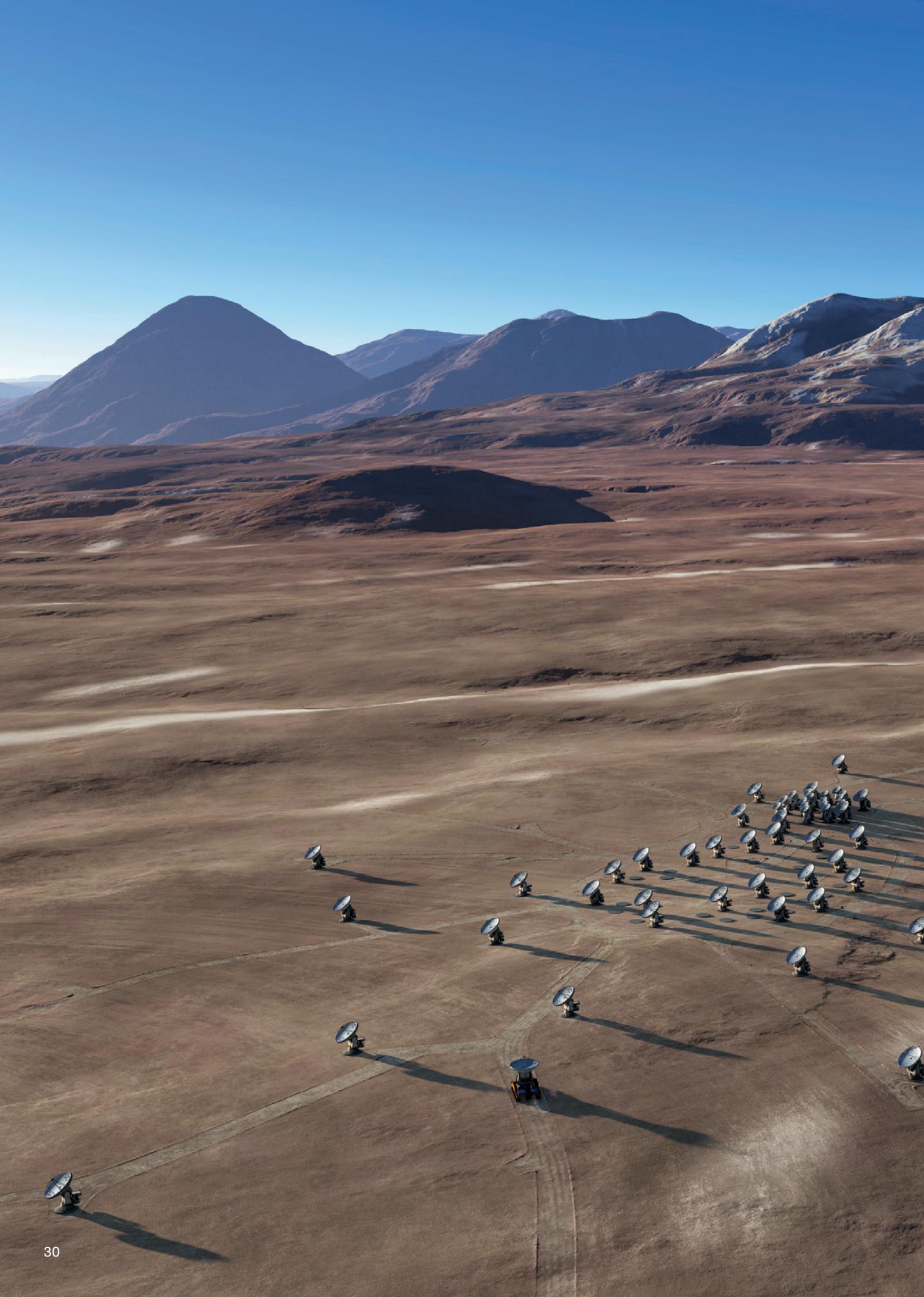
É por esta razão que o ALMA, o maior projecto astronómico da actualidade, está a ser construído num planalto a 5000 metros de altitude, o Chajnantor, um dos observatórios mais altos na Terra. O local do ALMA, 50 quilómetros a este de San Pedro de Atacama no norte do Chile, é uma das regiões mais secas do planeta. Os astrónomos encontram condições ímpar de observação, mas terão de fazer funcionar um observatório de ponta em condições de trabalho muito difíceis. O Chajnantor está 750 metros mais alto do que os observatórios do Mauna Kea e excede em 2400 metros o VLT, no Cerro Paranal.



Pessoas no ESO: Stefano Stanghellini, Director do Subsistema de Antenas do ALMA

“Eu venho da Toscana, de uma família com tradição de trabalhar no estrangeiro para poder concretizar sonhos profissionais. Antes do ESO, trabalhei para a *Westinghouse Nuclear Internacional* em Bruxelas, em centrais de energia nuclear e mais tarde fui para a Alemanha trabalhar em motores de jactos. Quando li sobre o VLT, anunciado como um desafio para a Europa e para os seus engenheiros, senti que o meu lugar era no ESO. Em retrospectiva, considero-me afortunado por ter trabalhado no ESO durante os anos incrivelmente excitantes e de grande sucesso do VLT! O espírito de equipa era espantoso, com todos no ESO a trabalhar para um objectivo comum. Como ficámos orgulhosos quando, em 1998, o VLT foi testado com excelentes resultados: tínhamos conseguido!

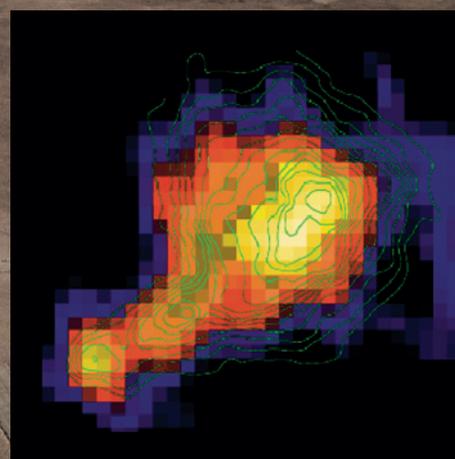
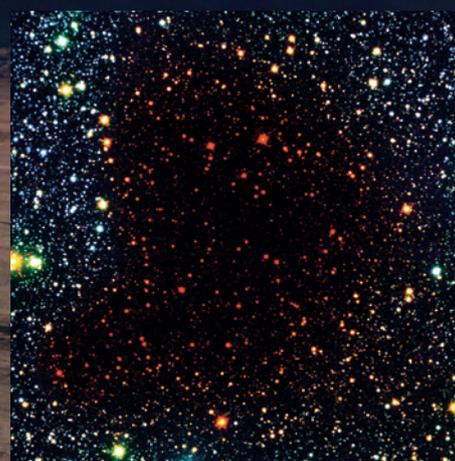
Agora com o ALMA, estamos de novo a tentar atingir o mesmo sucesso, numa escala ainda maior e mais global.”



O ALMA será um instrumento único de design revolucionário, composto inicialmente por 66 antenas de alta precisão e funcionando numa gama de comprimentos de onda que vai dos 0.3 aos 9.6 milímetros. A rede principal de 12 metros será constituída por 50 antenas de 12 metros de diâmetro cada uma, trabalhando em conjunto como um único telescópio — um interferómetro. Adicionalmente, esta rede será complementada pela rede compacta, constituída por 4 antenas de 12 metros e 12 antenas de 7 metros. As antenas podem ser deslocadas no planalto desértico, separadas por distâncias que vão dos 150 metros aos 16 quilómetros, proporcionando ao ALMA um poderoso e variável poder de focagem. O telescópio será capaz de observar o Universo em comprimentos de onda milimétricos e sub-milimétricos, com uma sensibilidade e resolução sem precedentes, com uma nitidez que será dez vezes superior à do Telescópio Espacial Hubble e complementar os resultados obtidos com o interferómetro do VLT.

O ALMA é o telescópio mais poderoso na observação do Universo frio — gás molecular e poeira assim como a radiação residual do *Big Bang*. O ALMA estudará os blocos constituintes das estrelas, dos sistemas planetários, das galáxias e da própria vida. Ao fornecer aos cientistas imagens detalhadas de estrelas e planetas a formarem-se em nuvens de gás próximas do Sistema Solar e ao detectar galáxias distantes a formarem-se nos limites do Universo observável e que nós vemos como eram há cerca de dez mil milhões de anos atrás, o ALMA permitirá aos astrónomos abordar algumas das questões mais profundas relativas às nossas origens celestes.

A construção do ALMA estará concluída por volta de 2012, mas observações científicas com uma fracção da rede poderão ser realizadas já a partir de 2011.



Uma nuvem escura vista no visível (em cima), no infravermelho (no meio) e no submilimétrico (em baixo).

## Um Empreendimento Global

O projecto ALMA é uma parceria entre a Europa, o Leste Asiático e a América do Norte, em cooperação com a República do Chile. O ALMA é financiado na Europa pelo ESO, no Leste Asiático pelos Institutos Nacionais de Ciências da Natureza do Japão, em cooperação com a Academia Sínica da Formosa, e na América do Norte pela Fundação Nacional para a Ciência dos Estados Unidos, em cooperação com o Conselho Nacional de Investigação do Canadá e o Conselho Nacional de Ciência da Formosa. A construção e operação do ALMA é coordenada pelo ESO, na Europa, pelo Observatório Astronómico Nacional do Japão, no Leste Asiático e na América do Norte pelo Observatório Nacional de Rádio-Astronomia, que é gerido, pela Associação de Universidades. O organismo *Joint ALMA Observatory* fornece uma liderança unificada e dirige a construção, comissionamento e operação do ALMA.

*“O projecto ALMA é um enorme desafio técnico, pois a superfície das antenas tem que ter um erro inferior a 25 microns, a precisão de pontaria deve ser da ordem dos 0.6 segundos de arco, as antenas devem poder deslocar-se ao longo de distâncias superiores a 10 quilómetros e serem capazes de observar o Sol. Queremos agradecer ao ESO pelo facto de nos ter confiado este novo desafio.”*

Pascale Sourisse, Presidente e CEO da Alcatel Alenia Space

## APEX

Enquanto decorre a construção do ALMA, os astrónomos já fazem astronomia no milímetro e sub-milímetro no planalto do Chajnantor, usando o APEX (sigla do inglês *Atacama Pathfinder Experiment*). O APEX é um telescópio de nova tecnologia, com uma antena de 12 metros de diâmetro. É o maior telescópio a operar nesta região de comprimentos de onda no hemisfério sul, baseado num protótipo das antenas do ALMA. Tem um sistema óptico modificado, a superfície da antena tem uma precisão extrema e foi concebido para observar nos comprimentos de onda de 0.2 a 1.5 milímetros.

Os astrónomos estão a usar o APEX para estudar as condições no interior de nuvens moleculares, como as da região da Nebulosa de Orion, ou os 'Pilares da Criação' na Nebulosa da Águia. Os investigadores detectaram monóxido de carbono e moléculas orgânicas complexas, bem como moléculas carregadas que contêm flúor, uma descoberta inédita. Estas descobertas alargam a nossa compreensão destes berços de gás, onde nascem novas estrelas.

O APEX é um projecto de colaboração entre o Instituto Max-Planck para a Rádio-Astronomia (em colaboração com o Instituto Astronómico Ruhr da Universidade de Bochum), o Observatório Espacial de Onsala e o ESO. O telescópio é operado pelo ESO e surge na sequência do SEST — o telescópio sub-milimétrico Sueco-ESO — que funcionou em La Silla entre 1987 e 2003, uma colaboração entre o ESO e o Observatório Espacial de Onsala. O SEST funcionava na banda de comprimentos de onda de 0.8 a 3 milímetros.



Observações APEX de uma maternidade estelar, RCW 120.



## Elevada Eficiência — O Sistema de Fluxo de Dados



Pessoas no ESO: Petra Nass,  
Departamento de Apoio ao Utilizador

“Como Cientista de Apoio às Operações a trabalhar em Garching, sou o elo de ligação entre os astrónomos que requerem tempo de observação em modo de serviço e a equipa de astrónomos do ESO que faz as observações no Chile, de modo a que esta última possa fornecer os melhores dados possíveis, em condições óptimas. Deste modo, acho que disponibilizamos realmente um ‘serviço’. Durante os períodos de observação que eu própria fiz para obter dados para o meu doutoramento, estava sozinha na sala de controlo de um telescópio na montanha, com vários monitores à minha frente que eu tinha de examinar e interpretar quase instantaneamente, para além da adicional ansiedade em conseguir as melhores condições de observação. Em modo de serviço, isso já não acontece. Agora uso a minha experiência como observadora para melhorar continuamente a forma como o modo de serviço é implementado e assim ajudar a concretizar trabalhos científicos que não seriam possíveis com o modo convencional de observação de ‘visitante’. Este é um processo que está em constante evolução: o ALMA irá funcionar em modo de serviço e estamos já a pensar na sua adaptação ao futuro E-ELT.”

A eficiência operacional do ESO ultrapassa a de qualquer outro observatório à superfície da Terra. Esta proeza só foi conseguida combinando de forma única novos conceitos de operação, um elaborado esquema de manutenção e um sistema intrincado e cuidadosamente planeado de arquivo, acesso e avaliação dos dados científicos e de engenharia.

Nos observatórios astronómicos terrestres tradicionais, os cientistas concorrem a tempo de observação, deslocam-se ao local onde se encontram os telescópios, fazem as observações e levam consigo os dados obtidos, no regresso aos seus institutos, para depois fazerem a sua análise científica. Uma vez analisados, os dados não ficam, em regra, disponíveis para voltarem a ser utilizados por outros investigadores. Os tempos de observação são marcados com muita antecedência e, mesmo nos melhores locais, as variações das condições meteorológicas podem afectar de forma adversa a qualidade dos dados científicos. À medida que os modernos observatórios se tornaram mais complexos e localizados em locais mais remotos, este método de funcionamento torna-se cada vez menos eficiente.

O Sistema de Fluxo de Dados do ESO, DFS (acrónimo do inglês *Data Flow System*), foi concebido para resolver estes problemas. Permite o sistema tradicional de observação no local, mas também a observação em ‘modo de serviço’, modo segundo o qual os dados são obtidos por uma equipa do observatório por pedido específico dos utilizadores do ESO. Todos os dados são guardados no arquivo de ciência do ESO. Após um período de propriedade de um ano, durante o qual apenas o investigador proponente tem acesso exclusivo aos seus dados, quaisquer outros investigadores poderão utilizar os dados do arquivo.

O ESO foi o primeiro observatório terrestre a implementar estes conceitos e respectivas ferramentas num único sistema. Foi também o primeiro observatório terrestre a construir e manter um arquivo de ciência muito completo, que contém não só as observações, mas também informação adicional que descreve essas

observações. O ESO continua a liderar ambas as áreas, a nível mundial.

Os benefícios são claros. As observações podem ser planeadas e submetidas a partir das instituições dos utilizadores, sem necessidade de deslocações ao observatório. Isto reduz o risco de erros e é muito mais eficiente. Os projectos são levados a cabo nas condições meteorológicas mais adequadas, optimizando cada noite de trabalho. Deste modo, os programas científicos com maiores exigências podem também aproveitar melhor os relativamente raros períodos de tempo com condições atmosféricas excelentes. Os custos financeiros são também reduzidos. Os utilizadores recebem os dados já processados, satisfazendo elevados critérios de qualidade, prontos para análise. Por último, os utilizadores têm o apoio de uma equipa de astrónomos do ESO, composta por especialistas em todos os aspectos das operações DFS.

Da estratégia DFS resultou um aumento significativo da produtividade científica da comunidade de utilizadores do ESO. Tomando como medida o número de artigos publicados em revistas científicas da especialidade, o ESO é agora o líder mundial dos observatórios astronómicos.

A excelência do ESO nesta área foi recentemente reconhecida ao ganhar o prémio *ComputerWorld Honors 21st Century Achievement*, um galardão bem conhecido na comunidade internacional das Tecnologias de Informação.

*“O ESO revolucionou o método de operação dos observatórios astronómicos no solo com um novo sistema de fluxo de dados completo, concebido para melhorar a transmissão e gestão de observações e dados astronómicos para distâncias transcontinentais.”*

Citação da atribuição do prémio *ComputerWorld Honors 21st Century Achievement*

## O Arquivo Científico

Os dados provenientes de todos os telescópios do ESO, assim como os do Telescópio Espacial Hubble são armazenados no Arquivo Científico. Este arquivo tem armazenados actualmente 65 000 gigabytes (GB) de dados — o equivalente a cerca de 15 000 DVDs.

Mais de 12 terabytes (TB) de dados são distribuídos anualmente, resultado de cerca de 10 000 pedidos efectuados pela internet. Como este número irá aumentar em breve de forma drástica quando os telescópios de rastreio VISTA e VST estiverem completamente operacionais e a produzir cerca de 150 TB de dados por ano, o ESO está a preparar um arquivo com uma capacidade da ordem do petabyte (1000 TB ou 1 milhão de GB!).

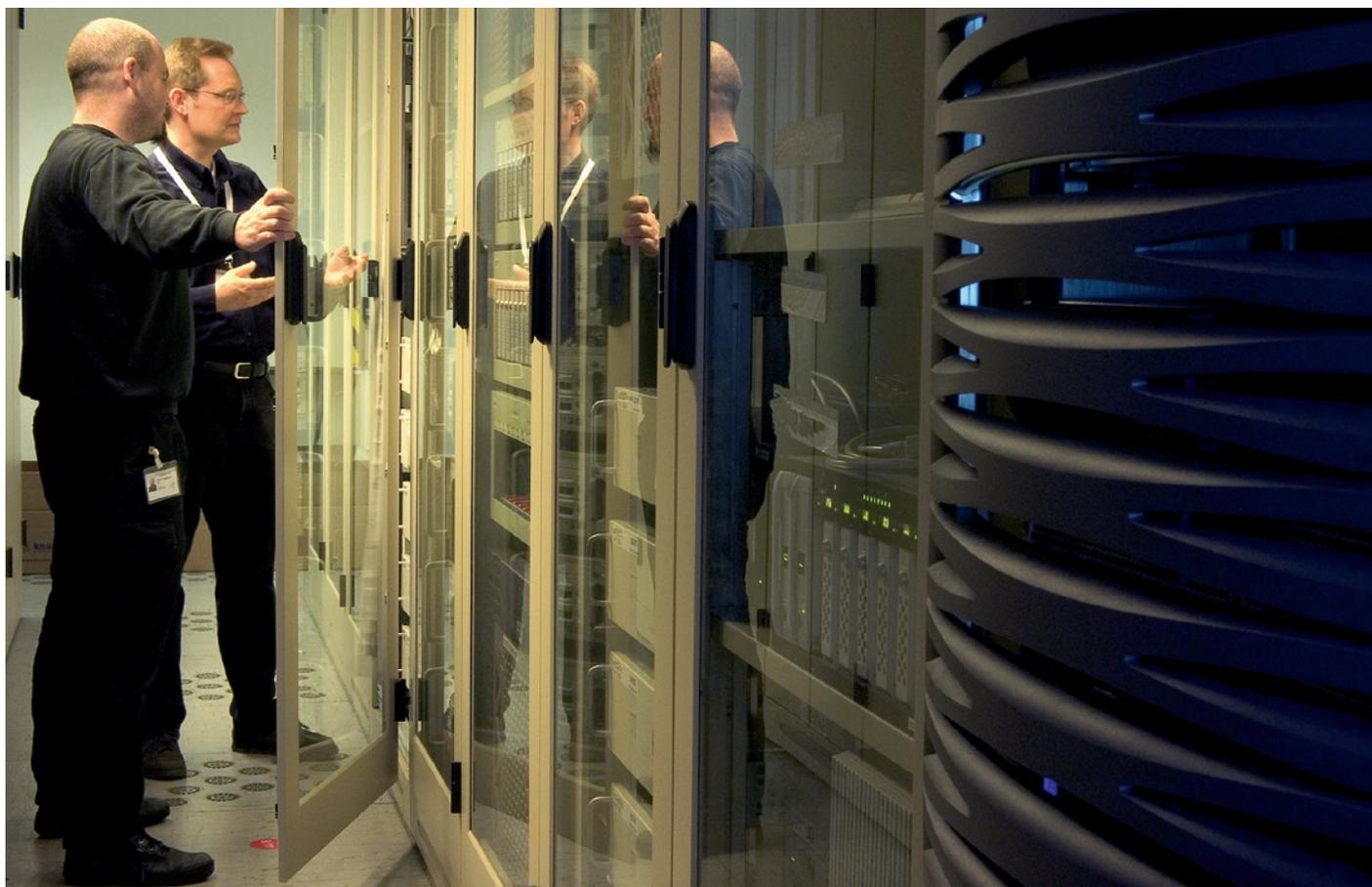
Os servidores da base de dados do ESO são coordenados entre a Alemanha e o Chile, e a sua tecnologia e complexidade rivaliza as das principais empresas comerciais, como é o caso da comunidade bancária internacional.

## O Universo Digital

A existência destes arquivos proporcionou o desenvolvimento de um observatório astronómico virtual. O observatório virtual (OV) é um conceito que nasce da necessidade da astronomia moderna explorar as imensas bases de dados presentes e futuras de inúmeros instrumentos, em todos os comprimentos de onda, numa demanda de respostas às questões primordiais tais como a origem do Universo, a evolução das galáxias e a formação de estrelas e planetas. Esta necessidade gera o problema de acesso a grandes quantidades de dados, sempre em crescimento, combinado com o enorme volume de dados acumulado ao longo dos anos e a sua subsequente exploração.

Neste sentido, o observatório virtual é um esforço organizado para fornecer aos astrónomos um acesso uniforme e centralizado aos dados. Esta iniciativa global baseada na comunidade está a ser desenvolvida sob os auspícios da Aliança do Observatório Virtual Internacional (IVOA, sigla do inglês).

O observatório virtual está a provar a sua eficácia com um número crescente de descobertas científicas efectuadas, que cobrem todos os aspectos da astronomia moderna, desde a física solar e estelar até à astronomia extragaláctica e cosmologia.

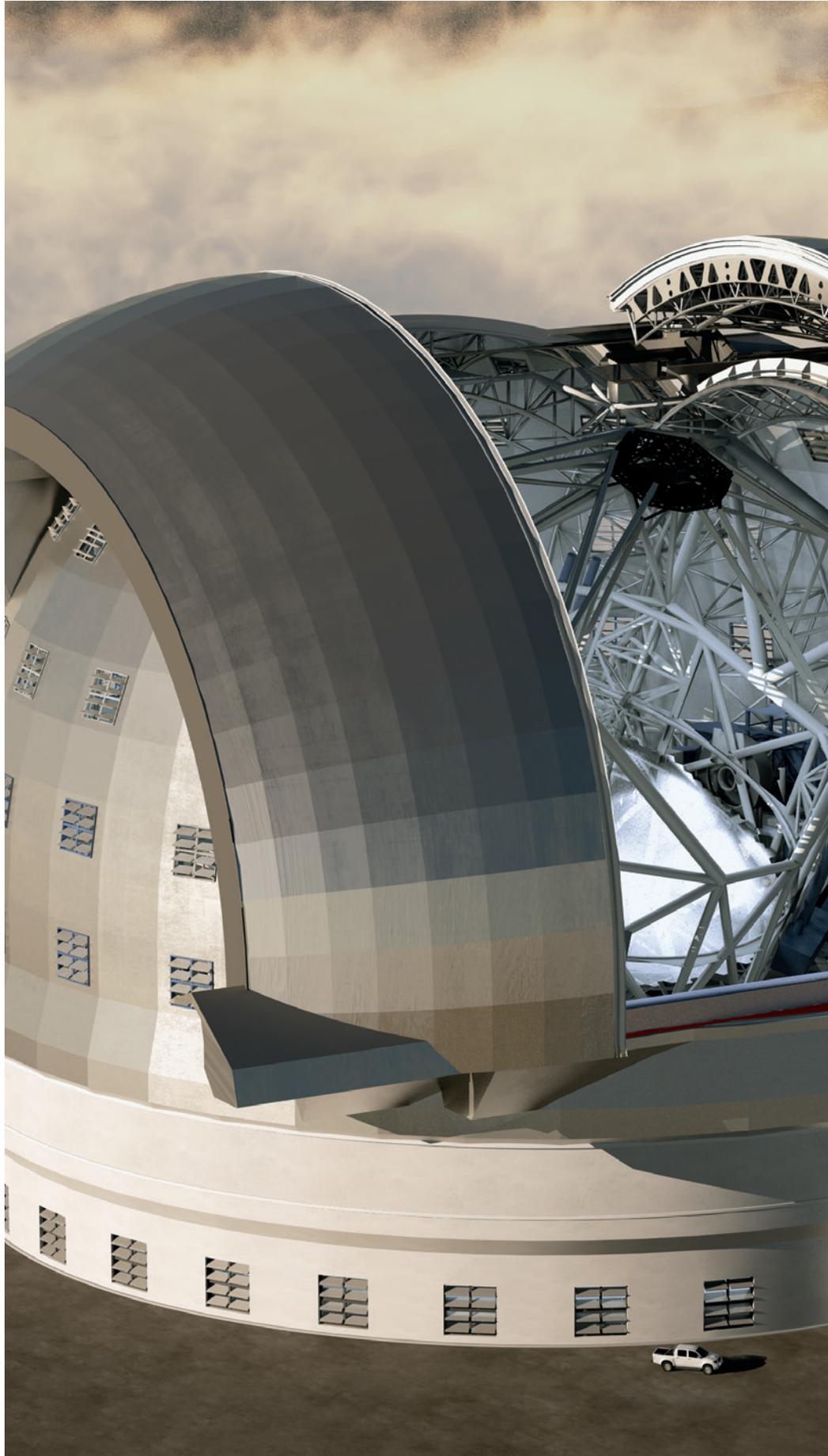


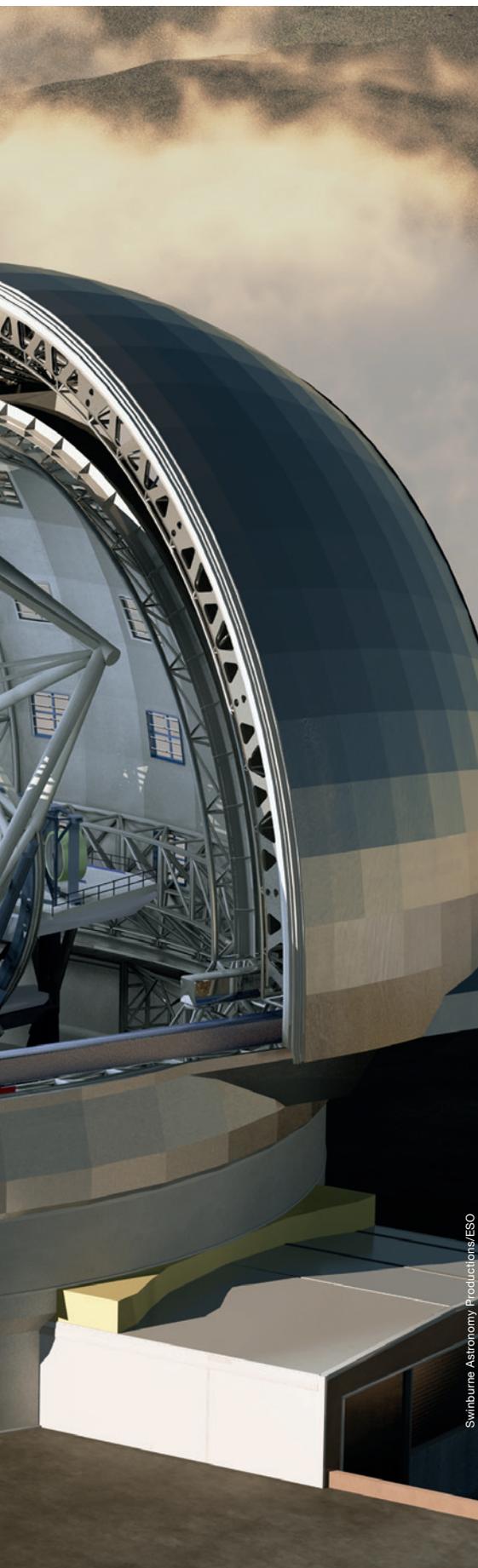
# Projectos Futuros — O E-ELT



Pessoas no ESO: Marc Sarazin, Supervisor do estudo para a localização do E-ELT

“Eu vim trabalhar para o ESO como engenheiro físico há mais de 20 anos, para ajudar a identificar o melhor local para construir o então futuro *Very Large Telescope*. Algo de revolucionário estava a acontecer na astronomia. No passado, nem sempre se podia explorar todo o potencial de um bom local de observação, mas graças à modernização dos telescópios isso estava a mudar. Ao compreendermos como funciona a atmosfera, podíamos escolher a melhor localização e assim extrair do telescópio a melhor ciência possível. Levámos cerca de dez anos para caracterizar adequadamente e escolher o local ideal para o VLT, o Paranal. Estamos agora empenhados em encontrar a melhor localização possível para o E-ELT. Com este objectivo estamos a estudar quatro locais diferentes. Mas também partilhamos a informação com os nossos colegas americanos, que estão a estudar igual número de outras localizações possíveis para o seu projecto. E porque a detecção remota evoluiu imenso nos últimos anos, o trabalho de campo é encurtado e complementado pela análise remota de uma enorme quantidade de dados que estão disponíveis. Estamos confiantes de que no final do trabalho iremos identificar o local mais adequado para construirmos este extraordinário equipamento.”





Swinburne Astronomy Productions/ESO

A geração actual de telescópios da classe dos 8–10 metros de diâmetro, como o VLT, permite aos astrónomos estudar o Universo de maneira inédita, o que leva a novas e desafiantes questões na investigação. Para responder a estas questões, está a ser planeada uma nova geração de Telescópios de Enorme Dimensão (ELTs sigla do inglês *Extremely Large Telescopes*), com diâmetros de 30 metros ou mais. Esses telescópios irão, eventualmente, revolucionar a nossa percepção do Universo, tal como aconteceu com o telescópio de Galileu.

Antevê-se que estes futuros gigantes comecem a funcionar entre 2015 e 2020. Estes telescópios irão abordar os desafios científicos do seu tempo, incluindo perscrutar a ‘Idade das Trevas’ do nosso Universo — as primeiras centenas de milhões de anos — e detectar planetas semelhantes à Terra nas zonas de habitabilidade em redor de outras estrelas.

O ESO tem vindo a acumular uma enorme experiência de desenvolvimento, integração e operação de grandes telescópios em locais remotos. Além disso, há vários anos que o ESO tem estado empenhado em estudos conceptuais para o desenvolvimento de um telescópio adaptativo, óptico e infravermelho, de grande dimensão.

Esta experiência forma a estrutura fundamental de desenvolvimento de um Telescópio de Enorme Dimensão para

os astrónomos europeus — conhecido como E-ELT (sigla do inglês, *European Extremely Large Telescope*). Com o estudo de referência básico concluído no final de 2006, a concepção final desta infraestrutura começou agora, com o objectivo de ter o observatório E-ELT operacional por volta de 2018. Em paralelo e integradas no estudo e concepção do E-ELT, estão a ser desenvolvidas novas tecnologias essenciais a este projecto por um consórcio de institutos europeus e empresas industriais especializadas de alta tecnologia, tendo o ESO e a Comissão Europeia como principais financiadores.

Com um diâmetro de 42 metros e um conceito de óptica adaptativa, o E-ELT será o maior olho no céu do mundo — o maior telescópio óptico/infravermelho próximo alguma vez concebido. O “olho” do telescópio terá um diâmetro de quase metade do tamanho de um campo de futebol e colectará 15 vezes mais radiação do que o maior telescópio óptico em operação actualmente. O telescópio tem um conceito inovador de cinco espelhos que inclui óptica adaptativa avançada para corrigir os efeitos de turbulência da atmosfera, produzindo imagens 15 vezes mais nítidas do que as do Telescópio Espacial Hubble.

*“Os Telescópios de Enorme Dimensão são vistos a nível mundial como uma das maiores prioridades da astronomia feita a partir do solo. Irão proporcionar um enorme avanço do conhecimento na astrofísica, permitindo o estudo detalhado de exoplanetas, dos primeiros objectos do Universo, de buracos negros de grande massa e da natureza e distribuição da matéria e energia escuras. O projecto E-ELT (European Extremely Large Telescope) irá manter e reforçar a posição da Europa na vanguarda da investigação em astrofísica.”*

Plano Europeu para Infraestruturas de Investigação, Relatório ESFRI 2006





Poderemos observar galáxias distantes como se estivéssemos na nossa vizinhança e ter uma visão imparcial da história de formação estelar ao longo de toda a idade do Universo.

Em Dezembro de 2004, o Conselho do ESO definiu como principal prioridade estratégica “manter a liderança e excelência da Europa na investigação em astronomia, na era dos Telescópios de Enorme Dimensão (ELT)”, recomendando que “a construção de um ELT numa escala de tempo competitiva seja abordada através de um planeamento estratégico e inovador”.

Após uma revisão internacional integral de um primeiro estudo conceptual para o E-ELT em Outubro de 2005 — o projecto OWL — o ESO deu início a um novo estudo em 2006, que envolveu mais de 100 astrónomos, com o objectivo de avaliar cuidadosamente o desempenho, custos, calendarização e riscos envolvidos. Em Novembro de 2006, os resultados desse estudo foram exaustivamente discutidos por mais de 250 astrónomos europeus, numa conferência em Marseilha. À resposta entusiástica por parte da comunidade, seguiu-se a decisão do Conselho do ESO de avançar para a etapa seguinte do projecto, o desenvolvimento conceptual global da infraestrutura. Esta fase final de estudo deverá durar cerca de três anos, após a qual se poderá iniciar a construção. O custo actual estimado para o E-ELT é de cerca de 950 milhões de euros, onde se incluem já os instrumentos de primeira geração.

O desafio de idealizar, construir e operar um telescópio de 30 a 60 metros é enorme. Extrapolando as soluções técnicas para colectores de luz com diâmetros de 10 a 30 metros ou mais, ao mesmo tempo capazes de produzir imagens de qualidade excelente num campo de dimensão adequada, envolve inúmeras dificuldades. O ESO está a trabalhar com mais de trinta institutos científicos e empresas de alta tecnologia da Europa no desenvolvimento de tecnologias inovadoras e essenciais, para que a construção do E-ELT seja possível nos próximos cinco a dez anos, com um custo aceitável. Duas das mais importantes vertentes no desenvolvimento do E-ELT são os sistemas de controlo de óptica de alta precisão para a enorme escala do telescópio e a concepção de um conjunto eficiente e adequado de instrumentos que permita aos astrónomos atingir

os ambiciosos objectivos científicos do E-ELT.

No que diz respeito à instrumentação, o objectivo é criar um conjunto flexível de instrumentos capazes de abordar a grande variedade de questões científicas a que os astrónomos gostariam de dar resposta nas próximas décadas. A capacidade de observar numa vasta gama de comprimentos de onda, do óptico ao infravermelho médio, com instrumentos para múltiplos utilizadores, permitirá aos cientistas explorar até ao limite a dimensão do telescópio. A integração progressiva dos instrumentos com sistemas de controlo activo e adaptativo, poderá ser um desafio. O ESO coordenará o desenvolvimento de uma primeira geração de cerca de cinco instrumentos, o que também implicará um investimento considerável em recursos humanos especializados. A gestão desses projectos, envolvendo as diversas instituições que neles colaboram será, por si mesma, um enorme desafio. Para que este projecto seja um sucesso, tal como foi o conjunto de instrumentos do VLT, será necessário envolver todos os recursos intelectuais da Europa.

#### Um Conceito Revolucionário

O actual conceito do projecto tem, como ponto de partida, um espelho primário com 42 metros de diâmetro e é revolucionário. O espelho primário é composto por quase 1000 segmentos, cada um com 1.45 metros de diâmetro, enquanto que o espelho secundário tem 6 metros de diâmetro. Para minimizar os efeitos da turbulência atmosférica, o telescópio terá de incorporar no seu sistema óptico espelhos adaptativos e por isso um terceiro espelho, com 4.2 metros de diâmetro, encaminhará a radiação para o sistema de óptica adaptativa, composto por dois espelhos distintos: um espelho com 2.5 metros de diâmetro, suportado por 5000 ou mais actuadores, que permitirão distorcer a sua forma cerca de mil vezes por segundo; e um outro espelho com 2.7 metros de diâmetro, que permitirá corrigir a imagem final. Esta solução de cinco espelhos terá como resultado final imagens de qualidade excepcional, livres de aberrações significativas.

# Construindo Parcerias



## EIROforum

Uma das áreas nucleares da missão do ESO é fomentar a cooperação em astronomia. O ESO teve um papel decisivo na criação de uma Área Europeia de Investigação para a astronomia e astrofísica.

Todos os anos milhares de astrónomos dos países membros e não só, fazem investigação utilizando dados obtidos nos observatórios do ESO. Muito frequentemente os astrónomos constituem-se em equipas internacionais de investigação, com membros de diversos países. Os resultados do trabalho dessas equipas são publicados sob a forma de muitas centenas de artigos científicos, todos os anos.

O ESO tem um vasto programa de bolsseiros (jovens astrónomos com doutoramento) e estudantes, contribuindo assim para a mobilidade dos cientistas europeus. Cientistas seniores dos estados membros e doutros países trabalham nas instalações do ESO como cientistas visitantes. Para além disso, o ESO mantém um vigoroso programa de conferências internacionais sobre temas científicos e tecnológicos de vanguarda na astronomia e dá apoio

logístico à revista científica internacional *Astronomy & Astrophysics*.

Para potenciar aos seus utilizadores telescópios e instrumentos cada vez melhores, o ESO coopera de perto com um grande número de indústrias europeias de alta tecnologia. De facto, a indústria europeia tem um papel vital na concretização dos projectos do ESO. Sem a participação activa e entusiástica de parceiros comerciais de todos os países membros e do Chile, estes projectos não seriam possíveis.

Também no campo do desenvolvimento tecnológico, o ESO mantém ligações próximas com muitos grupos de investigação em institutos universitários dos países membros e não só. Desta forma, os astrónomos dos países membros estão profundamente envolvidos no planeamento e construção dos instrumentos para o VLT/VLTI e para o ALMA, assim como para outros telescópios existentes, ou em fase de planeamento. O desenvolvimento instrumental proporciona oportunidades importantes aos centros nacionais de excelência, atraindo muitos cientistas e engenheiros jovens.

O ESO é um membro do EIROforum, uma parceria entre as sete organizações intergovernamentais europeias de investigação responsáveis pelas principais infraestruturas de investigação. Quer directamente, quer através do EIROforum, o ESO mantém relações próximas e frutíferas com a Comissão Europeia, o que levou a projectos co-financiados, nas áreas de desenvolvimento tecnológico, formação de jovens cientistas, educação científica em escolas primárias e secundárias europeias e diversas actividades de coordenação.

*“A Europa precisa de unir esforços para adquirir a massa crítica necessária de recursos, de conhecimento e de excelência científica. Agradeço o empenho do EIROforum nos nossos objectivos comuns.”*

**Janez Potočnik, Comissário Europeu para a Ciência e Investigação**



Janez Potočnik, Comissário Europeu para a Ciência e Investigação, no lançamento do documento do EIROforum sobre Políticas de Ciência.

# Ao Encontro da Sociedade



# Transferência de Tecnologia

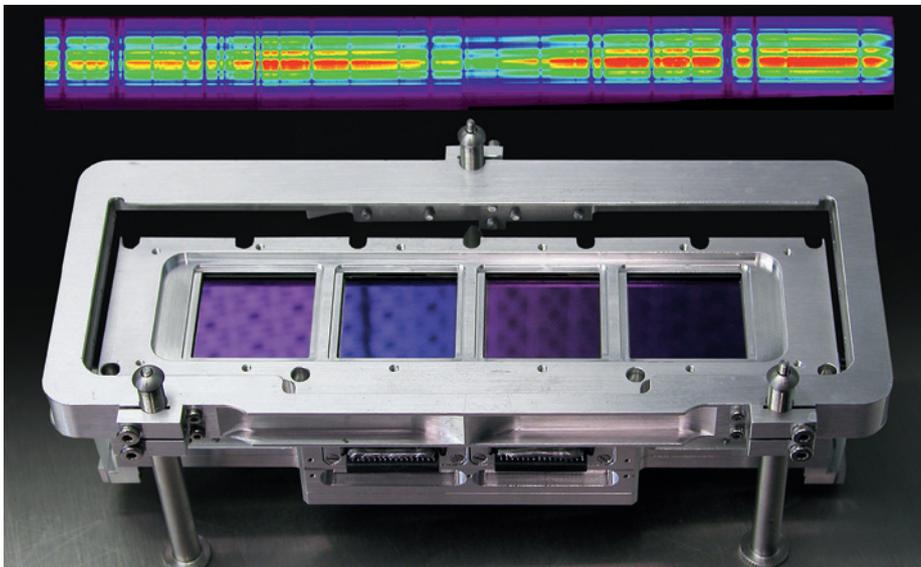
A astronomia tem uma forte tradição de fomentar o desenvolvimento de novas tecnologias, muitas das quais têm, mais tarde, aplicações mais generalizadas.

Os cientistas e engenheiros do ESO trabalham activamente com os seus colegas da indústria europeia e outras instituições europeias de investigação, no desenvolvimento de tecnologias essenciais para o futuro. A transferência de tecnologia aumenta o valor das actividades de investigação e desenvolvimento do ESO para a sociedade em

geral, particularmente nos países membros do ESO.

Algumas destas actividades de I&D (Investigação e Desenvolvimento) envolvem novos sistemas de opto-electrónica e opto-mecânica e sistemas de controlo e movimento de equipamento pesado, extremamente precisos. Outras, envolvem hardware e software para telescópios e instrumentos complexos, análise de imagens matematicamente avançada, optimização no manuseamento, arquivo e acesso de grandes quantidades de

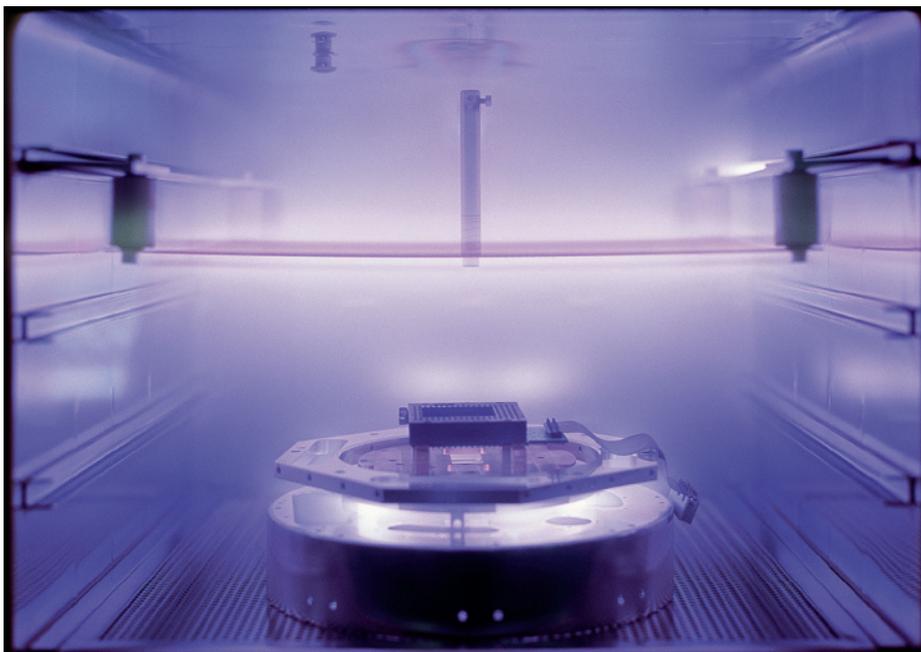
dados. O ESO desenvolveu o sistema revolucionário de óptica activa e desempenhou um papel importante no desenvolvimento da óptica adaptativa (OA) para aplicações civis. Os sistemas OA não são apenas de importância crucial para a próxima geração de telescópios, estão também a entrar em aplicações correntes da engenharia óptica. Por exemplo, a técnica de detecção de frentes de onda é igualmente utilizada na medicina moderna, em ligação com a cirurgia refractiva a laser para corrigir aberrações de ordem elevada nos olhos.



## Na Vanguarda da Tecnologia

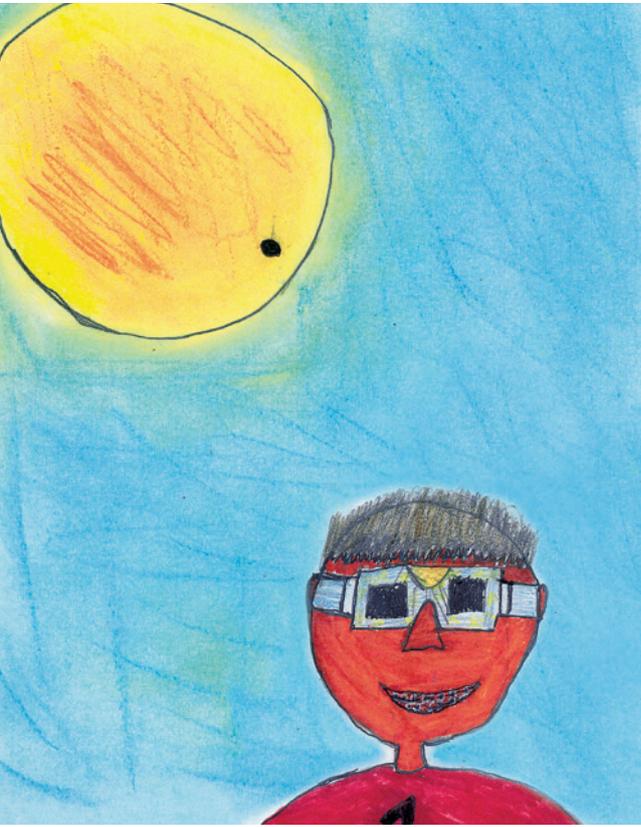
Dentro das muitas tecnologias inovadoras desenvolvidas pelo ESO, exploradas para além dos seus limites tradicionais ou combinadas de forma inovadora, podem destacar-se:

- Óptica activa
- Grandes blocos metálicos
- Sensores de frente de onda de Shack-Hartmann
- Processadores em tempo real
- Laser de Fibras
- Sistema de Referência Temporal
- Sistemas de Arquivamento de Dados
- Observatórios Virtuais
- Rolamentos criogénicos
- Espaços com controlo térmico



*Nos últimos 20 anos, o ESO acumulou uma experiência prática considerável na concepção e utilização de crióstatos de azoto líquido para detectores CCD. Durante esse tempo, o ESO desenvolveu um modelo de crióstato padrão que é largamente utilizado na Organização. Em resultado da aplicabilidade alargada dessa tecnologia, o ESO fez em 1999 um acordo com a empresa francesa SNLS para o fabrico e venda do dewar do ESO sob licença.*

# Programas Educacionais e de Divulgação Científica do ESO



A astronomia é extremamente apelativa para pessoas de todas as idades, por um lado porque lida com as fascinantes grandes questões “da vida, do Universo e de tudo” e por outro porque muitos dos dados obtidos com os telescópios podem ser apresentados como objectos de grande beleza. Desde há muitos anos que o ESO está envolvido em programas muito activos de comunicação de ciência, partilhando com o público muitos resultados científicos obtidos com os telescópios do ESO. Esta tarefa é executada, sempre que possível, em todas as línguas principais dos estados membros, utilizando os meios multimédia.

Neste sentido, o ESO participa em exposições importantes, produz notas de imprensa, brochuras e livros de elevada qualidade, imagens de dados científicos brutos, material audiovisual e fornece serviços na internet.

Devido ao seu carácter fortemente multidisciplinar e por ser extremamente apelativa para o público, a astronomia desempenha um papel importante na educação científica moderna. Os resultados científicos espectaculares dos telescópios do ESO constituem tesouros de valor incalculável para os professores de ciências.

O ESO tem sido o impulsor de vários programas educacionais de grande visibilidade, muitas vezes desenvolvidos em colaboração com outros parceiros, incluindo a Comissão Europeia. Estes esforços são continuados e reforçados por actividades conjuntas do EIROforum, com programas dirigidos a crianças em idade escolar, como por exemplo: *Vida no Universo e Ciênciatech — impossível sem isso!*; e os programas *A Física no Palco* e *A Ciência no Palco*, dirigidos sobretudo a professores de ciências

européus. Com os seus parceiros do EIROforum, o ESO também publica o primeiro jornal internacional multidisciplinar da Europa para o ensino da ciência, intitulado *Ciência na Escola* e organiza anualmente uma escola para professores de ciências.

O ESO desempenhou um papel fundamental na organização do Ano Internacional da Astronomia (AIA2009). Os países envolvidos nesta iniciativa foram 148, confirmando a rede AIA2009 como a maior em ciência. Mais de 70 organizações internacionais fizeram parte das actividades do AIA2009, para além de 12 projectos de base e de 16 projectos especiais. O ESO acolheu o secretariado geral do AIA2009 e liderou vários dos projectos de base.



## Trabalhar no ESO

Trabalhar no ESO significa ter trabalho estimulante e desafiante, num ambiente internacional e multicultural, lidando com a tecnologia de ponta e a investigação de vanguarda que tornam o ESO um local verdadeiramente inspirador.

As pessoas podem ser contratadas pelo ESO com um estatuto internacional ou local, e ainda como bolsеiros, associados ou estudantes.

Os contratados internacionais cobrem um vasto leque de profissões, de cientistas a engenheiros especializados, técnicos e funcionários administrativos.

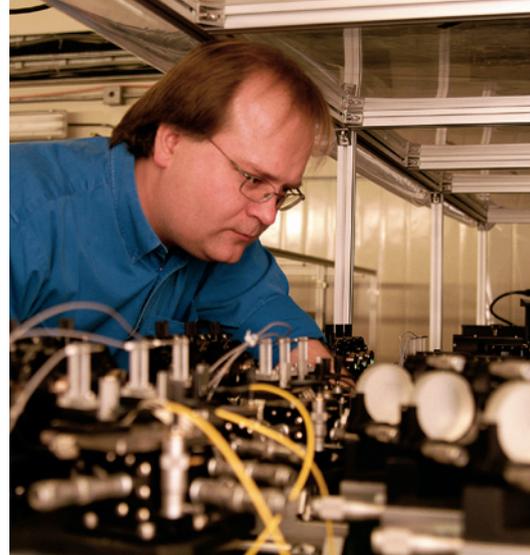


Pessoas no ESO: Jean-Michel Bonneau  
Director do Departamento Financeiro do ESO

“Antes de vir para o ESO em 1996, trabalhei em diversas áreas como Controlador Financeiro — desde os Jogos Olímpicos de Inverno de 1992, em Albertville, a uma editora musical, na Provença (França). Estou contente por ter vindo para o ESO e ter a oportunidade de trabalhar para uma organização com projectos astronómicos únicos, com orçamentos de centenas de milhões de euros que, obviamente, precisa de funcionários especializados em contabilidade e finanças. No Departamento Financeiro verificamos que os recursos financeiros são usados de acordo com as directivas e regulamentos dos órgãos directivos do ESO. Temos sempre presente que o financiamento continuado dos países membros do ESO tornou possível a construção das extraordinárias infraestruturas agora disponíveis à comunidade.”

Os membros associados têm contratos de trabalho com o ESO de curta duração, para executarem determinadas tarefas de investigação científica, apoio técnico ou administrativo.

Os bolsеiros são jovens cientistas em pós-doutoramento, recrutados pela Organização para desenvolverem a sua carreira científica. O ESO disponibiliza instalações de vanguarda para observação astronómica e dá a oportunidade de adquirir experiência prática à medida que um programa de investigação é levado a cabo. Os estudantes integram um programa de doutoramento em astronomia ou áreas afins. A duração do programa é de um a dois anos e o seu objectivo é melhorar os programas de pós-graduação das universidades dos países membros. As bolsas de estudo podem ser tanto nas instalações da sede do ESO em Garching como no Chile.





## O ESO é ...

- o observatório astronómico mais produtivo do mundo;
- um ponto de encontro para os cientistas dos países membros e um catalizador de ideias inovadoras;
- uma organização vibrante, com projectos futuros de grande dimensão, para a próxima geração de cientistas;
- um parceiro activo da indústria;
- um parceiro activo na educação e promoção científicas;
- uma ponte científica e cultural entre a Europa e o Chile;
- um excelente exemplo de uma colaboração europeia de sucesso.

Como obter informação adicional

ESO Headquarters  
 education and  
 Public Outreach Department  
 Karl-Schwarzschild-Straße 2  
 85748 Garching bei München  
 Alemanha  
 Telefone +49 89 320 06-2 91

information@eso.org  
 www.eso.org



[www.eso.org](http://www.eso.org)