

# Em busca do INVISÍVEL

Enviar para o espaço um telescópio e diversas câmaras no valor de 600 milhões de euros, para observar como nunca antes se fez os dois maiores enigmas do universo.

A aposta é em força, promete abalar a ciência e contará com uma participação portuguesa.

O aval final foi dado pela Agência Espacial Europeia (ESA) no último verão. Em 2020, será lançado para a órbita terrestre um novo telescópio, artilhado com uma parafernália de instrumentos que vão estudar o universo tal como era há dez mil milhões de anos, indo até aos dias de hoje. A missão foi batizada como *Euclid*, em homenagem ao famoso matemático da Grécia antiga, Euclides de Alexandria, e as suas observações recairão sobre dois protagonistas que até ao momento têm iludido cientistas de todo o mundo, apesar de representarem cerca de 95 por cento do universo: referimo-nos à matéria e à energia escuras.

Orçada em 600 milhões de euros, a missão *Euclid* vai procurar estudar e mapear, com um nível de pormenor sem precedentes, a forma como as estruturas de matéria escura se desenvolveram ao longo dos últimos três quartos de vida do universo (o Big Bang foi há 13,75 mil milhões de anos), assim como a evolução da energia escura. Ao todo, serão observados cerca de dois mil milhões de galáxias, um número *record* que faz desta missão a maior que será empreendida, nos próximos anos, no campo da astronomia e da cosmologia.

Cerca de mil investigadores, distribuídos por 13 países europeus mais os Estados Unidos, participam no consórcio responsável pela componente científica da missão. Pela primeira vez, Portugal terá dois centros de investi-

gação a apoiar uma missão da ESA: o Centro de Astronomia e Astrofísica da Universidade de Lisboa (CAAUL) e o Centro de Astrofísica da Universidade do Porto (CAUP). Estes dois centros coordenam a participação portuguesa, a qual é neste momento composta por 20 investigadores de diversas universidades.

Uma vez no espaço, o telescópio varrerá 40 por cento do céu visível, excluindo a zona que está na direção do centro da nossa galáxia. Para obter cada imagem, de uma determinada área do espaço, será necessário perto de hora e meia de exposição (4500 segundos): o suficiente para espreitar para as profundezas do universo. Naquela que será uma oportunidade única, os resultados estarão depois acessíveis a toda a comunidade científica nacional, devido à participação do nosso país.

## ENIGMAS EM TODAS AS DIREÇÕES

Tal como Edwin Hubble constatou, em meados do século XX, o universo está a expandir-se. Durante muito tempo, acreditou-se que as estruturas que vemos no espaço, como as galáxias, se mantinham coesas devido à força gravitacional da matéria bariónica (a matéria visível) que existia. Porém, na década de 1930, ao analisar os desvios para o vermelho das galáxias (o alongamento do comprimento de onda da luz das galáxias que chega até nós, enquanto estas se afastam) o suíço Fritz Zwicky descobriu que a maior parte delas giram em

torno de si de uma forma demasiado rápida para aquilo que era esperado. Depois de fazer algumas contas, chegou à terrível conclusão de que a matéria visível não era suficiente para manter unidas galáxias que se moviam tão velozmente. Existia algo mais e em grandes proporções, uma matéria desconhecida e invisível que superava em larga escala toda a matéria conhecida. Entrava em cena a matéria escura.

Hoje, sabe-se que a matéria escura representa uns colossais 96% de toda a massa do Universo, com os restantes quatro por cento a corresponderem à matéria bariónica, a qual ajuda a criar as estrelas e os planetas.

Para nós, seres humanos, ela é importante porque evita a desagregação da Via Láctea. O Sol, por exemplo, encontra-se num dos seus braços espirais, numa zona periférica ao centro, demorando cerca de 250 milhões de anos a dar uma volta completa em torno do núcleo galáctico. Se não fosse a matéria escura, e tendo em conta a velocidade a que o Sol faz essa longa viagem, nem sequer fariamos parte da Via Láctea. Tudo se teria desmanchado.

Deste modo, mapear a distribuição da matéria escura e as estruturas invisíveis que ela forma tornou-se numa tarefa importante. O *Euclid* irá dar um contributo monstruoso para as ciências que a estudam. “No que se refere à matéria escura, vai tentar saber onde estão os seus filamentos e criar um mapa global da sua distribuição, em três dimensões”, refere

Ismael Tereno, investigador do CAAUL e um dos principais elementos da participação portuguesa na missão.

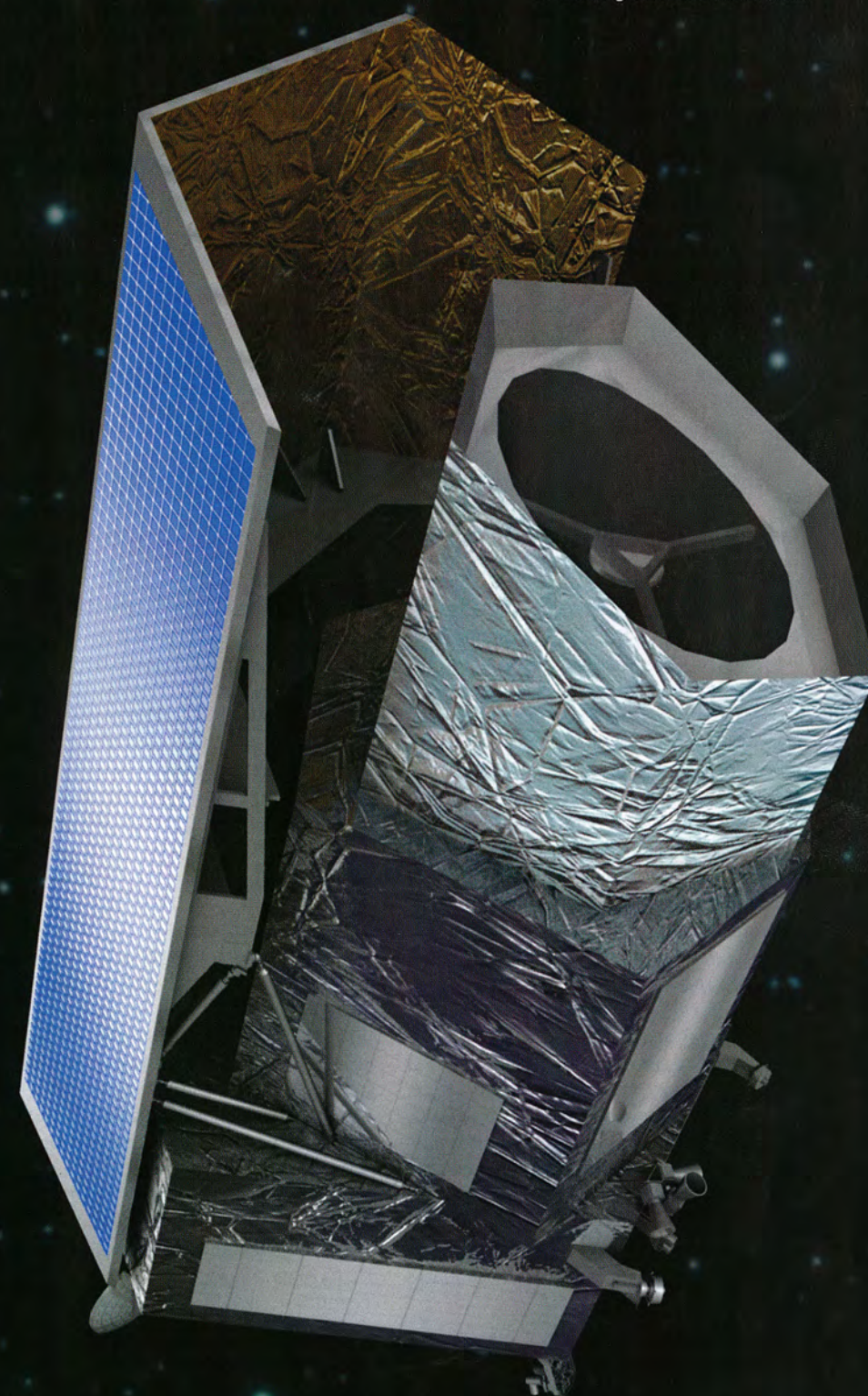
## AS LENTES DE EINSTEIN

Dito de outro modo, quer-se fazer uma tomografia a algumas parcelas do espaço e encontrar as famigeradas estruturas de matéria escura. Problema: se são invisíveis, como é que vamos encontrá-las? A resposta reside nas incontáveis lentes gravitacionais que se encontram espalhadas por todo o universo e que foram previstas pelo próprio Albert Einstein. Este calculou (e mais tarde verificou-se) que um campo gravitacional distorce a geometria tridimensional do espaço que está à sua volta, pelo que a trajetória da luz que passa perto de uma grande massa também é distorcida.

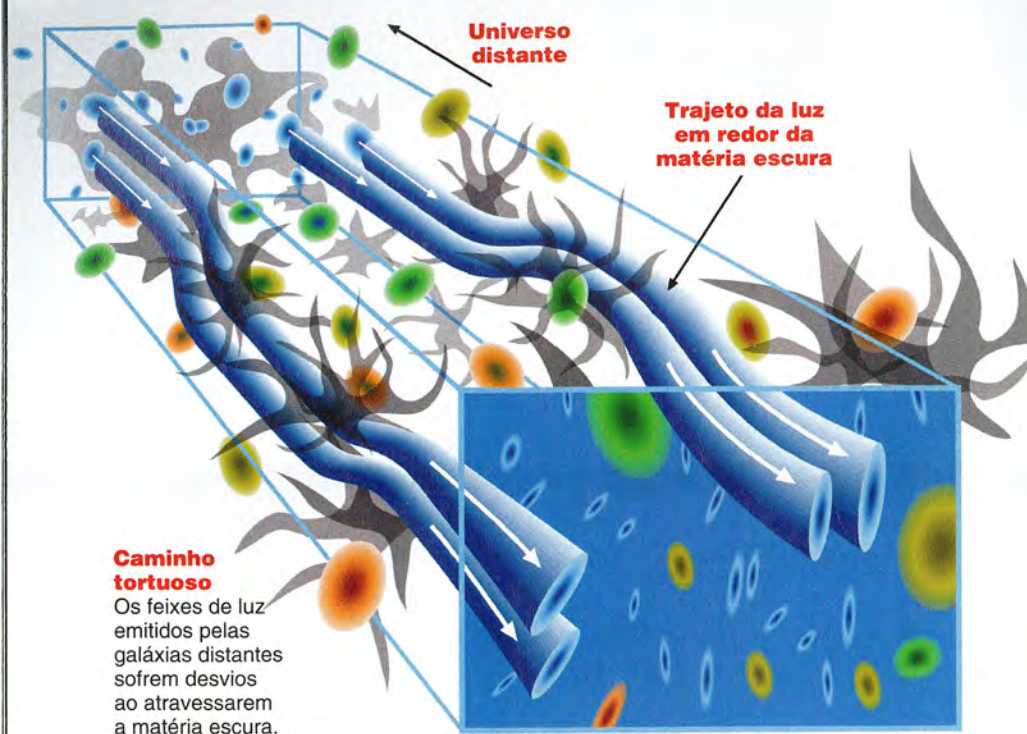
O mesmo princípio é aplicado para as observações do *Euclid*: “Vamos observar galáxias distantes, no universo profundo, até à altura em que ele tinha um terço da sua idade atual. A luz emitida por essas galáxias vai atravessar a estrutura invisível de matéria escura e, quando observamos essa luz, prevê-se que existam distorções gravitacionais na trajetória da radiação, por estar a atravessar a lente de gravidade constituída pela matéria escura.”

Pormenor importante nestas observações: as galáxias encontram-se a uma enorme distância, a cerca de dez mil milhões de anos-luz da Terra. Por causa disso, terá de se recorrer,

**Equilibrista.** A nave, que terá a bordo um telescópio, duas câmaras e um espectroscópio, será colocada no Ponto de Lagrange L2, na reta que une a Terra e o Sol, onde as gravidades se anulam.







**Caminho tortuoso**  
Os feixes de luz emitidos pelas galáxias distantes sofrem desvios ao atravessarem a matéria escura.

## ► Ao todo, serão observados dois mil milhões de galáxias

em grande parte, aos chamados “efeitos de lente gravitacional fraca”, uma vez que, devido às distâncias envolvidas, as distorções acabam por ser mais fracas. Além do mais, a luz das galáxias teve de atravessar diversas estruturas com massa ao longo do seu enorme percurso. Quer isto dizer que o desvio da luz é causado não por uma mas por várias estruturas. Sendo assim, terá de ser feito um trabalho estatístico que permita obter um mapa claro das estruturas que estão no meio. Um dos bônus destes cálculos é que eles permitirão construir um mapa evolutivo (ao longo do tempo) dessas estruturas, em três dimensões. Algo inestimável.

Além de calcular todas estas distorções, será igualmente medida (neste caso, de forma direta) a distribuição espacial das galáxias e dos aglomerados por elas formados. Aqui, será importante a espectroscopia e a observação através de bandas eletromagnéticas diferentes. “Vão ser observados cerca de dois mil milhões de galáxias e, ao combinar o método das lentes gravitacionais fracas e a medição da distribuição espacial das galáxias, vai-se obter duas informações (medições) independentes sobre as mesmas estruturas.”

### UNIVERSO REPULSIVO

No entanto, as estruturas de matéria escura têm muito mais que se diga, pois é sabido que estas evoluem na dependência da energia escura que está presente no seu meio.

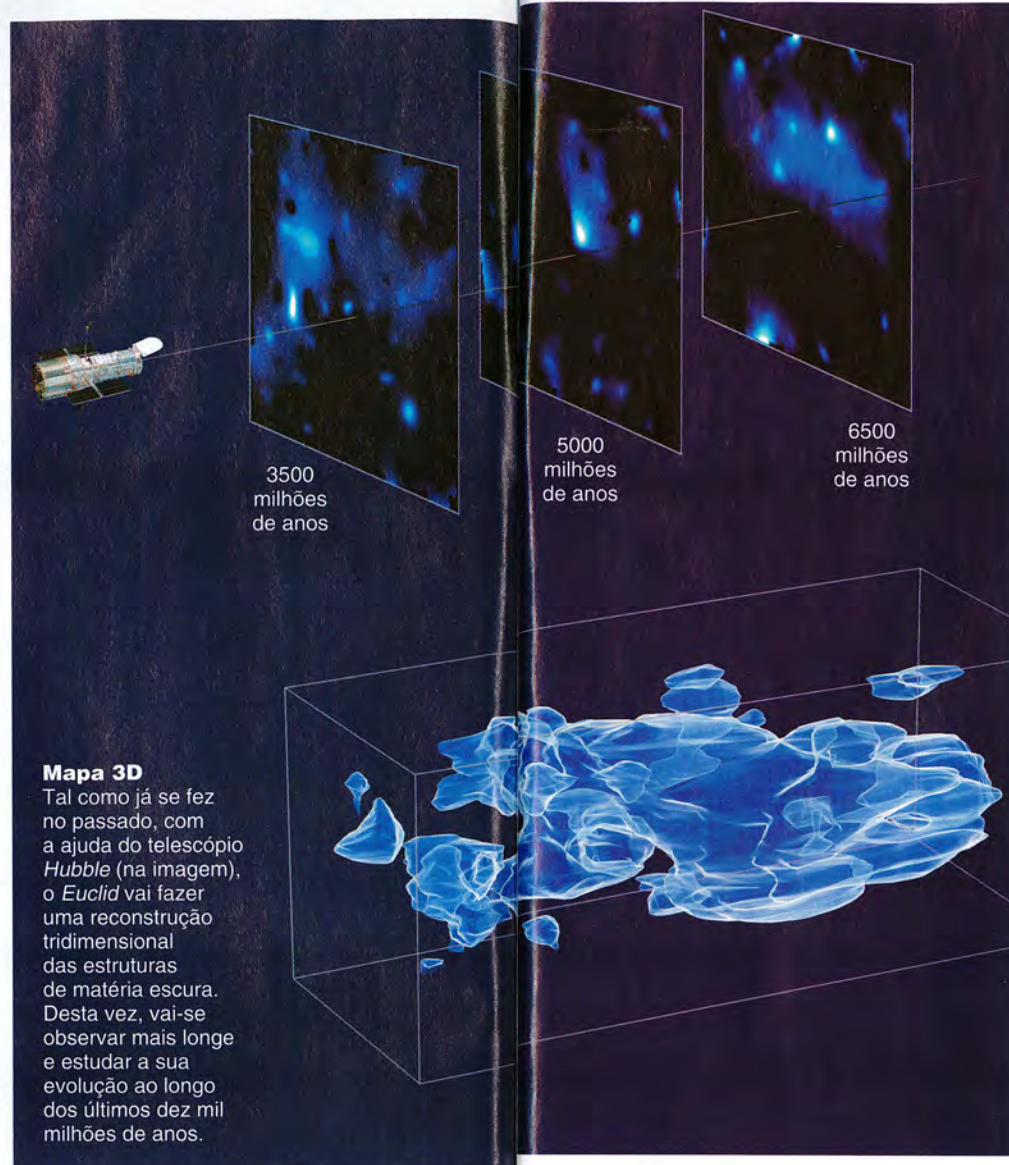
O Prémio Nobel da Física de 2011 foi entregue a três astrónomos norte-americanos que

estudaram a explosão de estrelas distantes (supernovas) e acabaram por descobrir que a expansão do universo está a acelerar de modo frenético e cada vez mais rapidamente, em vez de estar a diminuir, tal como se julgava.

As principais pistas científicas apontam para a existência de uma energia desconhecida, intrínseca ao próprio tecido do espaço, e que exerce um efeito repulsivo, estando a “empurrar” o universo para todos os lados e a contrariar forças como a da gravidade. Os cientistas apelidaram-na de “energia escura”, precisamente porque quase nada se conhece sobre ela. Sabe-se que cerca de três quartos do universo são preenchidos por ela, mas nem sempre foi assim. Uma das ideias mais bem aceites é a de que, nos primórdios do universo, a energia escura constituía apenas uma pequena parte do cosmos, mas, à medida que a matéria se foi diluindo por causa da expansão do universo, a energia escura acabou por se tornar dominante.

Também aqui o *Euclid* terá uma palavra importante a dizer. “Um dos seus principais objetivos é recolher informação para percebermos por que razão o universo se expande de forma acelerada, e se essa expansão é mesmo causada por uma energia escura”, adianta António da Silva, investigador do CAUP e um dos grandes impulsionadores da participação portuguesa: “A energia escura é uma das explicações mais simples, mas que tem de ser testada. Além de que existem muitos modelos de energia escura.”

Há, portanto, muitas outras hipóteses em



### Mapa 3D

Tal como já se fez no passado, com a ajuda do telescópio *Hubble* (na imagem), o *Euclid* vai fazer uma reconstrução tridimensional das estruturas de matéria escura. Desta vez, vai-se observar mais longe e estudar a sua evolução ao longo dos últimos dez mil milhões de anos.

cima da mesa, com a própria energia escura a poder ser explicada, quiçá, “por uma modificação da gravidade a grandes escalas”, ou por outro motivo ainda desconhecido. Nesta fase, nenhuma ideia pode ser descartada.

### HOMOGÊNEO E ISOTRÓPICO?

Uma das ideias dominantes na cosmologia atual afirma que todos os pontos do universo são semelhantes entre si. É verdade que podemos estar numa determinada zona do espaço e ver algo que noutro sítio já não existe. Todavia, e a grandes escalas, as propriedades do universo acabam por ser iguais para qualquer observador, independentemente de onde se encontre. E para onde quer que observe (também a uma grande escala), encontrará sempre o mesmo tipo de evidências. Eis, em súmula, o princípio da homogeneidade e da isotropia, tão querido para muitos cosmólogos.

Segundo o investigador do CAUP, “se admitirmos o princípio da homogeneidade e da isotropia, é-se então levado à conclusão de que existe mesmo uma energia escura”, mas pode dar-se o caso este paradigma estar errado. Se,

por exemplo, o ponto do universo de onde observamos o cosmos estiver afetado por qualquer motivo e não obedecer ao princípio da homogeneidade e da isotropia, “podemos, então, estar perante um efeito sistémico que nos leva a fazer interpretações como se estivéssemos num universo em expansão acelerada”.

Felizmente, o *Euclid* vai poder lançar alguma luz sobre estas dúvidas, pois permitirá comparar as principais teorias com os dados observados, e assim aferir a sua validade, ao mesmo tempo que tentará fornecer pistas a quem desenvolve os modelos teóricos. Além do mais, os cientistas também vão poder contar com um conjunto de dados sobre a forma como a energia escura variou, desde o universo primordial até ao presente, assunto sobre o qual também pouco se conhece.

“Quando o *Euclid* fizer a tomografia das galáxias em nosso redor, estaremos a observar diferentes épocas do universo, e o que se observar poderá não ser compatível com determinados modelos teóricos”, salienta António da Silva. Estes modelos são os mesmos que tentam explicar o desenvolvimento e o cresci-

## Sabemos que existe, mas não o que é

Descobrir a natureza da matéria escura, aquilo de que é feita, não está a ser fácil. Até ao momento, só existem suposições e alguns suspeitos, uns mais prováveis do que outros. O problema reside no facto de a matéria escura só interagir com uma das quatro forças fundamentais da natureza, a gravidade (sendo as restantes as forças forte, fraca e eletromagnética). “Todos os dados que obtivemos na astrofísica vêm da radiação eletromagnética”, diz o investigador Ismael Tereno. Isso limita a capacidade dos telescópios que observam as estruturas do universo, pois estes “funcionam através da deteção das várias bandas do espectro eletromagnético”, nos quais se incluem a região do visível (aquilo que vemos a olho nu), o infravermelho, o ultravioleta ou ainda os raios X, por exemplo.

Atualmente, as ideias mais consensuais sobre o assunto são propostas pelo modelo cosmológico padrão (o modelo dominante), o qual “assume a existência de uma grande quantidade de matéria escura que forma estruturas ligadas pela gravidade”. Deste modo, a existência das estruturas que vemos no céu, como as galáxias, é mais bem explicada pela presença, a par da matéria bariónica, de uma matéria escura “constituída por partículas de grande massa que não emitem radiação eletromagnética”. Estaríamos perante partículas frias, pois acredita-se que sejam muito pouco velozes.

Temos, portanto, um modelo que defende a existência de uma matéria escura fria, a qual contribui em larga escala para a massa total do universo. Até ao momento, sabe-se que esta matéria não poderá ser composta pelas partículas bariónicas (que incluem o próton e o neutrão), nem por léptões (categoria em que se incluem os eletrões).

No meio de tanta incógnita, o principal candidato acabou por ser as partículas massivas de interação fraca, também conhecidas por WIMP (do inglês *weakly interacting massive particles*). Um acrónimo curioso, que condiz com o caso: se for a um dicionário, verá que *wimp* significa “fracote”, em português. Esta partícula teórica, extremamente abundante e que permearia o nosso universo, poderia ter uma massa em repouso em torno dos 100 mil MeV/c<sup>2</sup> (milhões de eletrões-volt). A título de comparação, e para se ter uma noção de como é mesmo pesada, o próton tem uma massa em repouso de 940 MeV/c<sup>2</sup>. Começamos a entrar num outro domínio, o do modelo padrão para a física das partículas, o qual preconiza “um conjunto de interações e de partículas elementares (como os quarks, os eletrões ou os neutrinos) a partir das quais um grande número de outras partículas é formado”, diz o cientista português.



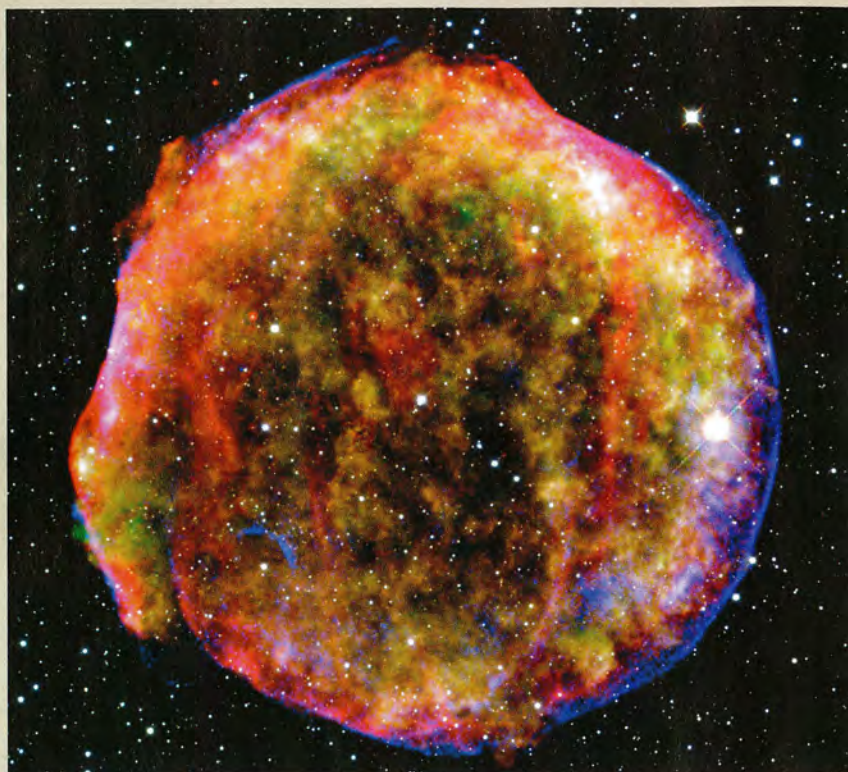
Para detetar possíveis sinais de interação entre os núcleos atômicos e os WIMP, foram colocados debaixo de montanhas detetores como o do *Super CDMS*, nos Estados Unidos. Na imagem, uma amostra é retirada para análise.

“Este modelo tem também extensões, como a supersimetria, que pretendem explicar certos problemas” que nele foram detetados. Basicamente, a supersimetria defende que para cada variedade de férmions (prótons, neutrões, quarks e neutrinos) existe um equivalente na forma de um bóson, e para cada variedade de bóson existe um correspondente férmionico. Quer isto dizer que para cada partícula que se conhece existe uma variedade de parceiros supersimétricos. “Esta extensão implica, assim, a existência de novas partículas para além das que se conhecem atualmente, que podem ter as propriedades necessárias para serem a matéria escura fria.”

No que toca à sua deteção, essas partículas, sejam elas os WIMP ou outras quaisquer que consigam explicar o fenómeno da matéria escura, podem, em princípio, ser encontradas através de várias formas. Num primeiro caso, temos as tentativas para as detetar diretamente, por via da sua interação com os núcleos atômicos, “algo possível se elas interagirem através das interações fracas”. Para esse fim, foram montadas diversas experiências em laboratórios subterrâneos, alguns deles debaixo de montanhas, “para que não sofram a influência dos raios cósmicos” que constantemente bombardeiam a Terra e podem abafar qualquer sinal positivo.

Ao nível das interações eletromagnéticas, podem ser feitas deteções indiretas, “se as partículas de matéria escura se aniquilarem com a sua antipartícula, produzindo energia (raios gama) com certas características previstas”. Para este fim, são normalmente colocados detetores em satélites ou balões. No que toca às interações gravitacionais, pode-se observar as distorções que afetam a luz que irradia das galáxias, provocadas, devido à gravidade, pelas estruturas de matéria escura que se interpõem entre essas galáxias e o observador. É neste campo que o *Euclid* poderá ser extremamente precioso. Infelizmente, não faz parte do âmbito científico desta missão descortinar a natureza da matéria escura.





Ao medir a distância e a luminosidade de supernovas do tipo Ia, como a SN 1572, foi possível descobrir que o universo está a expandir de forma acelerada.

## A toda a velocidade em direção ao fim

Qual o destino que está reservado para o universo? Como será o fim de tudo? A acreditar nos estudos feitos por três norte-americanos, laureados com o Prémio Nobel da Física em 2011, no final só restará uma imensidão de espaço vazio e frio. Em 1998, a equipa liderada por Saul Perlmutter e uma outra, em que se incluíam Brian Schmidt e Adam Riess, deram a conhecer ao mundo as suas investigações em torno de um tipo muito específico de supernovas, as estrelas que terminam o seu ciclo de vida numa grande e magnífica explosão.

Depois de medirem, em intervalos de tempo, a velocidade de diversas supernovas do tipo Ia que se distanciavam da Terra, tal como a sua luminosidade intrínseca (e o modo como esta variava), descobriram algo que nem eles próprios sonhavam: afinal o universo está a expandir-se a um ritmo cada vez mais acelerado. Quanto mais longe se observa, mais rápida é a expansão. Há cerca de 13,75 mil milhões de anos, o *Big Bang* marcou a origem do universo tal como o conhecemos, tendo logo aí começado a expandir-se. Todavia, e nos milhares de milhões de anos que se seguiram, a velocidade a que se expandia começou a abrandar a pouco e pouco. Até finais do século passado, uma das ideias dominantes era a de que essa expansão continuaria, embora

de forma ténue e sempre a declinar. Ou seja, o universo acabaria por manter-se relativamente estável, pelo que não se expandiria muito mais nem voltaria a encolher. Era um cenário calmo e tranquilo, que agradava a muitos cosmólogos. Aliás, o objetivo inicial dos estudos feitos por Perlmutter, Schmidt e Riess consistia em encontrar sinais dessa desaceleração. Acabaram por se deparar com o oposto.

Pelos vistos, e a certo momento, o universo voltou a expandir-se com vigor, a um ritmo que é maior a cada ano que passa, como se algo (ou alguém) tivesse de repente pressionado o pedal do acelerador e se recusasse a levantar o pé. O resultado final não será muito auspicioso, pois levará a que toda a matéria (incluindo a que compõe as galáxias, as estrelas e os planetas) se dilua num espaço que é cada vez maior, mais frio e mais vazio. Num cenário destes, nenhum ser humano ou forma de vida conhecida seria capaz de sobreviver. Esta descoberta acabou por valer aos três investigadores um lugar na história da cosmologia. Contudo, ficou por identificar, de forma inequívoca, o mecanismo que terá desencadeado esta expansão. A energia escura configura-se como a aposta mais credível, embora pouco ou nada se saiba ainda sobre ela. Certezas só há uma: de uma forma ou de outra, o Armagedão acabará por chegar.

## É preciso decidir, hora a hora, para onde olhará o telescópio

mento das estruturas que se encontram espalhadas pelo universo. Daí que seja necessário saber como é que as galáxias se distribuem tridimensionalmente. Uma das mais importantes análises será feita às estruturas de matéria criadas pelas ondas de pressão que percorriam o universo primitivo, e que deram origem às enormes estruturas que hoje existem.

Para esse fim, serão medidas as denominadas “oscilações acústicas bariónicas” (as ondas de pressão têm um formato ondulatório) que se encontram presentes entre os aglomerados de galáxias. Com esta técnica, será possível determinar, com maior precisão, a grandeza da matéria escura e a expansão do universo. Uma coisa é pelo menos certa: “Ao longo dos próximos anos, e para fazer uma descrição das primeiras fases do universo, o *Euclid* será uma das ferramentas mais fortes que teremos.”

Já agora, de que poderá ser feita a energia escura? Ainda ninguém sabe, mas, se ela existir mesmo, então o mecanismo que a gere terá de ser encontrada através da física das partículas, o que implica ir até aos meandros da física fundamental.

### VISÍVEL, INFRAVERMELHO, DISTÂNCIA

Quando for lançado para o espaço, em 2020, este satélite de duas toneladas estará equipado com um telescópio (que tem um espelho de 1,2 metros de diâmetro), uma câmara que capta imagens (fótons) na região do visível e uma outra que os capta na região do infravermelho, estando acoplado a esta última um espectroscópio.

Ao fazer observações através de diferentes bandas do espectro eletromagnético, o *Euclid* conseguirá saber o quão longe está um determinado objeto: “Ao observá-lo em diferentes filtros, ao comparar a diferença de radiação nas várias bandas, é possível saber, de forma aproximada, a que distância o objeto se encontra”, explica Ismael Tereno.

Para que nenhum tipo de informação escape depois ao escrutínio humano, será fulcral colocar em marcha um enorme sistema de processamento de dados, que estará distribuído entre vários centros de investigação, espalhados pelos países que integram a missão.

Antes de começar a construir os equipamentos que irão para espaço, há que definir

**Rabiscos.** O aglomerado de galáxias Abell 1689, a 2,2 mil milhões de anos de luz da Terra, é uma das estruturas mais massivas do género, agindo como uma lente gravitacional, ao desviar a luz das galáxias que estão atrás de si.

e implementar a melhor estratégia de observação para o período de seis anos em que o *Euclid* vai operar. Foi precisamente devido à necessidade de analisar os constrangimentos técnicos e científicos da missão que se abriu a porta para a participação portuguesa, com os investigadores liderados pelo CAUP e pelo CAUUL a integrarem o grupo de trabalho responsável por esta área.

Ao contrário de outros telescópios espaciais, como o *Herschel*, que acompanham a órbita terrestre, o *Euclid* tem a preciosa vantagem de conseguir “pairar” no espaço, para obter as imagens do espaço mais profundo e das galáxias que aí se encontram. Depois de observar determinado campo durante 4500 segundos, passa imediatamente para o seguinte e assim sucessivamente, sem parar. “A nossa tarefa passa por identificar o conjunto de sequências para onde o satélite vai estar apontado, durante os seis anos da missão”, esclarece António da Silva. “Temos de definir para onde se vai apontar o satélite, a cada hora e todos os dias, e temos também de encontrar a melhor sequência para onde apontá-lo.”

Esta otimização é fundamental, pois permite obter mais tempo para que o *Euclid* se dedique, mais tarde, à observação de outros objetos celestes. “Estamos a tentar ganhar tempo para fazer mais depressa o trabalho essencial, de modo a podermos fazer, depois,

outros estudos que possam dar mais retorno científico”, sintetiza. Além disso, “há que garantir que os instrumentos estão devidamente calibrados, tanto para as observações na banda do visível como no infravermelho”, adianta.

O trabalho dos investigadores portugueses não se fica por aqui. Um dos outros aspetos em que estarão envolvidos passa por simular potenciais cenários catastróficos. Vamos imaginar que o satélite está a ser lançado para o espaço e que, durante a viagem, um problema ao nível das vibrações inviabiliza, parcialmente, um dos instrumentos. Perante uma situação deste tipo, que tipo de ciência é que ainda se consegue fazer com o *Euclid*? Para o determinar, há que realizar diversas simulações, muito antes de o colocar em órbita, para saber aquilo que se poderá, ou não, fazer depois.

Além disto, há os constrangimentos quanto ao combustível que se leva, o qual permite ao telescópio orientar-se de um campo para o outro. Há que minimizar, portanto, o seu gasto.

### OPORTUNIDADE DE OURO

Ao assegurar estas contribuições técnicas, conseguiu-se, pela primeira vez e para uma missão desta envergadura e importância, que a comunidade científica portuguesa possa entrar e participar nos trabalhos científicos de preparação. Mais tarde, poderá ainda usufruir dos dados obtidos pelo *Euclid*, os quais estão

reservados para os cientistas dos países afiliados. Esta acaba por ser a grande diferença em relação às outras missões da ESA em que o país participou: “Antes existia uma empresa portuguesa a construir qualquer coisa para determinada missão, mas depois a comunidade científica portuguesa não tinha acesso aos dados científicos que eram obtidos”, refere Ismael Tereno.

“Neste momento, estão envolvidos no projeto cerca de vinte investigadores portugueses doutorados”, informa António da Silva. “Esses investigadores vêm de várias universidades, como o CAUP, o CAUUL, o Instituto Superior Técnico, o Instituto Tecnológico da Universidade de Aveiro ou a Universidade da Beira Interior.” Entre eles, estão os principais investigadores em cosmologia do país e alguns dos maiores especialistas na área do extragaláctico. Com o passar do tempo, o normal será este número aumentar, abrangendo investigadores de outras áreas.

Perante a oportunidade única de participar num projeto científico de topo e de aceder aos melhores, e mais recentes, dados observacionais sobre a matéria e a energia escura, os cientistas portugueses podem começar a sonhar com o possível desvendar de dois dos maiores mistérios do universo. Quem sabe se daqui não poderá sair um Prémio Nobel para Portugal?

J.P.L.