



GONÇALO MORAIS CONVERSA COM HUGO MESSIAS

Muitos de nós sentimos algures nas nossas vidas o fascínio da observação astronómica. Alguns fazem disso vida. Esse é o caso do Hugo Messias, doutorado em Física pela Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa. Faz parte da equipa que conseguiu pela primeira vez *fotografar* um buraco negro, acontecimento celebrado a 10 de abril de 2019. Este é um resumo da conversa que tivemos acerca do seu trabalho e do fascínio primordial que ainda hoje sente pela Astrofísica.



GONÇALO MORAIS
Instituto Superior de
Engenharia, Lisboa
gmorais@adm.isel.pt

GONÇALO Tu começaste a estudar Física aqui na Faculdade de Ciências...

HUGO Sim, fiz a licenciatura em Física pré-Bolonha, ou seja, quatro anos, os primeiros dois de Física e os restantes na especialização de Astronomia e Astrofísica. No ano em que poderia iniciar o mestrado na mesma área, este não abriu. Nesse momento não me passou pela cabeça ir para fora, para poder continuar os meus estudos. Uma das razões para isso foi terem-me informado de que poderia começar diretamente o doutoramento, apesar de ter terminado o curso com média de 15 e não com média de 16, que era a condição para o poder fazer. Tentei mesmo assim seguir esta via e tive um ano de interregno entre o final do curso, a faculdade ter-me aceitado como aluno de doutoramento e a bolsa da FCT ter sido disponibilizada. Terminei em 2011 e fui para Concepción, no Chile, para trabalhar na universidade local, mas já com fundos do ALMA (Atacama Large Millimeter/Submillimeter Array) CONICYT.

GONÇALO Podes explicar um pouco qual a organização do ALMA? Sei que se trata de um consórcio...

HUGO No caso do ALMA, é um consórcio de vários consórcios. No Chile está a maior área coletora de luz, cerca de 60% da área mundial.

GONÇALO Certamente que o Chile não foi escolhido ao acaso...

HUGO O Norte do Chile está entre os dois mil e os cinco mil metros de altitude e tens menos água na atmosfera...

GONÇALO Apesar de estares relativamente perto do mar...

HUGO Sim, é verdade. Mas há zonas muito secas porque as nuvens que vêm do mar sobem a primeira cordilheira e, ao descerem, chove. Quando sobem novamente, já têm menos quantidade de água. Repetindo este processo

sucessivamente, consegue obter uma zona muito seca, mesmo estando relativamente perto do mar. O único problema que o ALMA tem com humidade é quando ela vem da Amazónia, sobretudo em fevereiro, em pleno verão, que é quando chove mais.

O ALMA são quatro parceiros: o Chile, como país anfitrião; a Europa, através do consórcio European South Observatory, formado por 16 países europeus, entre os quais está incluído Portugal; um consórcio da América do Norte, formado pelos Estados Unidos da América e pelo Canadá e com uma participação de Taiwan através de um instrumento; e um consórcio asiático formado pelo Japão, a Coreia do Sul e Taiwan. Pelo que recorde, no início, a ideia partiu do consórcio norte-americano e asiático. Quando o Japão estava prestes a desistir, a Europa apareceu e tornou tudo possível.

GONÇALO Financeiramente?

HUGO Em primeiro lugar, financeiramente e, posteriormente, também com uma componente tecnológica. O que se passa é que cada antena no ALMA tem espaço para dez tímpanos ou recetores, estando neste momento instalados apenas oito. Estes recetores provêm dos vários consórcios.

GONÇALO É preciso esclarecer que estamos a falar, não dos habituais telescópios óticos, mas de rádio telescópios.

HUGO Sim, no ALMA estamos a falar de rádio telescópios. São 66 antenas espalhadas pelo planalto a cinco mil metros de altitude.

GONÇALO Num planalto...

HUGO Sim, num planalto a perder de vista. Nós operamos o telescópio a três mil metros de altitude. De facto, dois mil noventos e qualquer coisa, porque são normas americanas e são medidas em pés. A segurança do trabalho obriga a que estejamos em permanência abaixo dessa cota. Acima dessa marca incorremos em problemas derivados de trabalharmos em altitude e complicaria todo o processo de monitorização do estado de saúde dos trabalhadores. Os meus colegas que têm de ir lá acima são obrigados a passar por uma bateria de testes.

GONÇALO Tu nunca vais lá acima?

HUGO Eu não precisaria de ir lá acima, mas vou algumas vezes por diversão ou para acompanhar pessoas que nunca tiveram oportunidade de visitar as antenas.

GONÇALO E há algum telescópio ótico nesse planalto?

HUGO Um telescópio ótico não necessita de estar a altitudes tão altas. A razão é simples: nós conseguimos aquecer a água no micro-ondas porque a água absorve a radiação. Da mesma maneira, a água que existe na atmosfera também vai absorver esta radiação.

No caso dos telescópios óticos a perturbação da atmosfera verifica-se por outra razão. O cintilar das estrelas deve-se quase totalmente à turbulência atmosférica. Neste momento está a ser instalado um telescópio de infravermelho próximo/infravermelho médio.

GONÇALO Mas o Hubble é um telescópio ótico...



HUGO Ótico e infravermelho próximo. Existe uma forma de corrigir a turbulência da atmosfera. Basicamente, com um laser excitas um átomo na alta atmosfera e consegues medir a turbulência. Com essa medida vais movendo o espelho para corrigires a turbulência. A isto chama-se ótica adaptativa.

GONÇALO Mas nós conseguimos discernir estrelas individuais em galáxias fora da nossa...

HUGO Conseguimos visualizar estrelas gigantes na galáxia de Andrómeda e nas nuvens de Magalhães...

GONÇALO Estamos a falar de distâncias absurdas...

HUGO A galáxia de Andrómeda fica a 2.5 milhões de anos luz o que cosmologicamente não é nada. (Risos)

GONÇALO A perturbação total de uma observação desse tipo deve ser gigantesca!

HUGO Em primeiro lugar existe a turbulência gerada pelas estrelas da nossa própria galáxia. Depois existem poeiras e perturbações magnéticas, entre outras. A isto dá-se o nome de perturbação de primeiro plano. Ópticamente Andrómeda tem o tamanho da Lua, pelo que, através dos mapas que existem destas perturbações podemos fazer uma correcção até um certo limite.

GONÇALO Isso é um aspecto interessante, porque quando eu espreitei os teus artigos, percebi que grande parte do trabalho de um astrofísico é tratamento de uma quantidade enorme de dados...

HUGO Sim, tem muito tratamento estatístico. Quando dizemos que uma galáxia tem uma certa massa, estamos a assumir uma série de pressupostos. Em primeiro lugar a função inicial de massa, ou seja, quantas estrelas se formaram, de entre todas as variantes possíveis...

GONÇALO Ou seja, estás a dizer que pode haver muita massa que está dentro da galáxia mas que não formou estrelas...

HUGO Exactamente... Quando estudo uma galáxia tenho de ter a noção que a massa estelar tem uma incerteza de um factor dois ou três, caso em que já é algo muito bom.

GONÇALO Ou seja, a massa pode ser duas ou três vezes maior! Em escalas colossais...

HUGO Sim, na nossa galáxia estamos a falar de 10^{11} .

GONÇALO Um dos conceitos mais interessantes é o de matéria negra. Podias explicar o que é?

HUGO Matéria negra é tudo o que não é matéria bariónica [risos]! Ou seja, simplificando, é tudo o que não forma estrelas, planetas, átomos, nós, seres vivos...

GONÇALO Mas é algo que existe mesmo ou é apenas um conceito que é usado para explicar os erros dos modelos?

HUGO Há pessoas que tentam explicar matéria escura através de correções nas equações. Há, de facto, uma teoria bem estabelecida, designada por Λ -Cold Dark Matter (Λ -CDM), que dá uma separação de contribuições. Tens, em primeiro lugar, a parte da *energia escura*, que é uma força gravítica repulsiva. O que é? Ninguém sabe! Tens, em segundo lugar, a *matéria escura*. O que é? Ninguém sabe! Por fim, tens 5% de tudo que é matéria bariónica, que é o que nós observamos.

GONÇALO Isso é uma coisa fabulosa!

HUGO Sim! Energia escura e matéria escura são representações da nossa ignorância. Mas, apesar disso, como se comporta de uma maneira gravítica e não interage quimicamente, conseguimos descrevê-la matematicamente, ou seja, só tens de te preocupar com as equações da gravitação...

GONÇALO É só massa...

HUGO Isso mesmo...

GONÇALO Não tem magnetismo...

HUGO Em princípio, não. Outras pessoas investigam as consequências de esta matéria escura ser composta por neutrinos, por partículas muito massivas mas que interagem pouco. Estas consequências deveriam ser observadas de uma determinada forma, por exemplo, através de uma transição muito energética nos raios X.

GONÇALO Algo que achei extraordinário nos teus traba-

lhos é terem um aspeto prático exuberante. Andas mesmo à procura das coisas...

HUGO Às vezes, sim. Outras vezes, há pessoas que dizem que segundo a teoria vigente estas galáxias não deveriam existir, porque com tal potencial gravítico deveria haver muito mais gás a entrar para dentro da galáxia e deveria haver uma maior taxa de formação de estrelas...

GONÇALO Desculpa interromper-te mas isso é outro ponto interessante, o facto de não se observar. A escala de tempo a que estas transformações ocorrem é gigante quando comparada com a escala de tempo humana.

HUGO Tudo se baseia no facto de a luz ter uma velocidade finita. Ou seja, estás a observar a Lua há um segundo, o Sol há oito minutos. A primeira coisa que fazemos é estabelecer uma banda temporal que categoriza temporalmente o que observamos. De seguida, categorizo a população de galáxias em tempo, ou seja, *look-back time*, e em termos de massa. Assim consigo para cada tipo de galáxia, com um determinado tipo de massa, observar a diferentes escalas de tempo.

GONÇALO Ou seja, fazes uma amostragem...

HUGO Sim, e aí entra a *variação cósmica*, que é eu olhar para um ponto do Universo e fazer uma contagem. Esta



contagem varia consoante o ponto para onde eu olho. Quando observamos uma galáxia e ela contradiz o modelo, temos de perceber se é um problema da parte teórica ou um problema da observação.

Existe sempre um problema na parte dos modelos. Voltamos ao que falámos há pouco, acerca do grau de incerteza. Quando o que observas está na cauda da distribuição, terás de ter uma amostra maior para que o que observas seja mais provável de acontecer. Por exemplo, para certas observações de buracos negros supermassivos, a estimativa da massa pode ter um fator de incerteza de seis.

GONÇALO Falemos então de buracos negros e do trabalho que desenvolveste no ALMA. Porquê apontar para aquele buraco negro em particular? Existem vários buracos negros identificados, certo?

HUGO Sim, existe o *Sloan Digital Sky Survey Quasar Catalog* (SDSS), que, como o próprio nome indica, é um catálogo de quasares...

GONÇALO O que é um quasar?

HUGO Um quasar é *quasi-stellar object*, ou seja, um buraco negro tão massivo que a radiação que sai dele é mais intensa do que a da própria galáxia. Como estão muito longe, quando foram observados pela primeira vez pensou-se que seriam estrelas. Só quando se olhou para o espectro é que se percebeu que eram, de facto, galáxias. Daí o nome. No SDSS estão catalogados mais de meio milhão de quasares.

GONÇALO Mas existem buracos negros que não são quasares...

HUGO Sim, os quasares do SDSS são quasares que descobriste através de uma cor muito brilhante no ótico e no ultravioleta, não sendo por isso obscurecidos por poeira. Hoje sabe-se que muita da acreção feita pelos buracos negros acontece quando há muita poeira na galáxia. E estes não são observáveis da mesma forma que os do SDSS. Isto implica que há muitos mais que ainda estão por descobrir.

GONÇALO E o que vocês em particular fotografaram? Se bem que aquilo não é uma fotografia, mas sim uma reconstrução, certo?



HUGO Sim! A ideia vem do final dos anos noventa. Deram-se conta de que se tivéssemos um telescópio do tamanho da Terra e observássemos num determinado comprimento de onda, conseguiríamos ver este anel de lente gravitacional e a sombra no meio que era a indicação do buraco negro supermassivo.

Faltava depois escolher o buraco negro. Uma das hipóteses era o que está no centro da nossa galáxia, porque está perto. Quando se observaram as galáxias mais próximas, percebeu-se que o melhor candidato seria o da M87¹.

GONÇALO E como é que conseguiram obter um telescópio do tamanho da Terra? E, já agora, porquê a necessidade de terem um telescópio tão grande?

HUGO Em primeiro lugar, quanto maior for a antena, maior será a abertura. Em segundo lugar, estes objetos estão tão longe que é como se estivessem no infinito...

GONÇALO Ou seja, estás a regular o teu telescópio para ter qualquer coisa como a distância hiperfocal, é como na fotografia normal...

HUGO Sim, mas o que separa da fotografia usual é o facto de as distâncias serem enormes. Como fisicamente é impossível construir um telescópio do tamanho da Terra,

o que se faz é interferometria. Exemplificando, ao colocar estações em vários pontos da Terra, observando um mesmo ponto no céu simultaneamente, recibes esta radiação, gravas tanto a intensidade como a fase da mesma. Depois existem correladores que recebem os vários sinais e juntam-nos todos.

Um interferómetro é algo que se pode explicar através de um exemplo do qual algumas pessoas não gostam muito: tens duas orelhas cujos tímpanos captam sinais que são processados pelo cérebro.

GONÇALO Daí teres referido que as antenas têm tímpanos...

HUGO Exatamente! Por isso é que quando estás a falar com uma pessoa, estás a falar de frente para ela, de modo a que os tímpanos estejam à mesma distância do emissor. A isto chama-se estar em fase. Neste caso, as ondas estão em processo construtivo. No caso de estarem desfasadas estão em processo destrutivo porque vão perturbar-se.

GONÇALO Mas à distância que nós estamos dos objetos que estamos a observar, não é como se os sensores estivessem todos em fase?

HUGO Não porque estás a captar o sinal numa banda

em que a distância entre os recetores já é significativa. No caso das nossas observações, e por causa da frequência que estamos a usar, temos de quantificar as diferenças das distâncias que a radiação percorreu até aos diferentes recetores com um erro inferior a 1mm.

Uma vez tendo conseguido isto, conseguimos descrever a morfologia do objeto que estamos a observar. A distância neste caso só é importante para conseguir corrigir o desfasamento entre as várias ondas.

GONÇALO Mas, do ponto de vista teórico, essa correlação entre as ondas já a podias fazer há muito tempo...

HUGO Sim, para comprimentos de onda maiores, ou seja, com precisão menor. Uma das coisas de que precisas, por exemplo, é que os detetores funcionem a uma temperatura suficientemente baixa para que a radiação por eles emitida não interfira com a radiação captada. No caso do ALMA, os recetores funcionam a 15K, 8K e a 4K...

GONÇALO Ou seja, tão baixo como 269 graus negativos...

HUGO Depois necessitas de um relógio altamente preciso para conseguires colocar os vários sinais em fase. São relógios que se atrasam um segundo a cada vinte milhões de anos.

GONÇALO Isso que descreveste parece o problema da longitude a uma escala cósmica.

HUGO Sim, e por isso eu digo que isto foi um feito também do ponto de vista tecnológico. Não direi da mesma magnitude do feito necessário para captar as ondas gravitacionais, em que foi criado um observatório totalmente novo para tentar descobrir uma coisa que ninguém sabia se existia ou não, a uma escala menor do que um átomo.

GONÇALO E qual a tua participação em todo este projeto? Imagino que seja uma equipa gigantesca.

HUGO O artigo é assinado por mais de 200 pessoas. Foi publicado no dia 10 de abril, num número especial do *The Astrophysical Journal Letters*² totalmente dedicado a esta descoberta, no mesmo dia da apresentação pública dos resultados.

A minha participação iniciou-se em janeiro de 2017 e passou por estar no terreno a calibrar as várias antenas para seguir o programa de observações estabelecido. O

problema que surge pelo facto de estarmos a usar muitas antenas faz com que esta calibração tenha de ser feita *in vivo*.

GONÇALO Uma última questão prende-se com a parte tecnológica do projeto. Uma coisa é discutir ciência, outra coisa é tecnologia. Num projeto destes existe muito conhecimento tecnológico que é transmitido entre as várias partes envolvidas...

HUGO Sim e não. Tudo é gerido em pezinhos de lã. Por exemplo, aquando da construção das antenas, o pavilhão dos Estados Unidos era um pavilhão em que se fosses europeu ou japonês não podias entrar. Só entravam pessoas ligadas a esse consórcio. O mesmo acontecia nos outros consórcios. Havia componentes que eram enviadas já montadas.

Quanto aos recetores, como se trata de uma coisa tão específica para a Astronomia, no fim ganhas muito mais partilhando conhecimento do que se o fechares. Este processo fez com que os recetores do ALMA sejam 25 vezes mais precisos do que o que existia até então. Toda esta tecnologia dos recetores está lá exposta para que todos possam consultar.

GONÇALO Hugo, obrigado por te teres disponibilizado para esta conversa.

HUGO Obrigado!

¹Galáxia na constelação da Virgem, a 53 milhões de anos-luz da Terra..

²Disponível em <https://iopscience.iop.org/issue/2041-8205/875/1>.