



# Aventuras Cosmoverse

## Matéria Escura



# A sala de aula

## Introdução: A elusiva Matéria Escura



Figura 1: O mundo à noite. A imagem foi gerada usando o algoritmo NASA VIIRS DNB algorithm.

[Carregue aqui para ver a imagem global de resolução total de 3km.](#)

 **Professor :**

*(Desliga as luzes da sala de aula, ligando o projetor que apresenta um mapa do mundo à noite)* Vamos começar hoje com um simples exercício de observação. O que vêm neste mapa?

 **Aluno 1 :**

É a Terra à noite. Dá para ver algumas cidades iluminadas.

 **Professor :**

Precisamente, e as áreas que não têm luz? O que nos dizem?

 **Aluno 2 :**

Podem ser oceanos, florestas, desertos... Sítios sem pessoas?

 **Professor :**

Exatamente! Este mapa é um pouco como o nosso entendimento do Universo. Dá-nos algumas pistas onde há luz, mas há muito que não podemos ver, tudo desde pessoas a cordilheiras. Temos de inferir o que há a partir destas pistas limitadas.

 **Aluno 3 :**

Quer dizer que há mais no Universo do que o que conseguimos ver?

 **Professor :**

Bastante mais. A cosmologia é um campo que nos torna humildes. Encontramo-nos numa pequena parte de um cosmos enorme. O nosso planeta orbita uma estrela de entre centenas de milhares de milhões numa galáxia que é uma de centenas de milhares de milhões mais. E no entanto, tudo isto – tudo o que forma as estrelas, planetas, e até nós próprios – constitui apenas 5% da matéria e energia total do Universo. A isto chamamos matéria bariónica ou simplesmente matéria ordinária. (Ver figura 2)

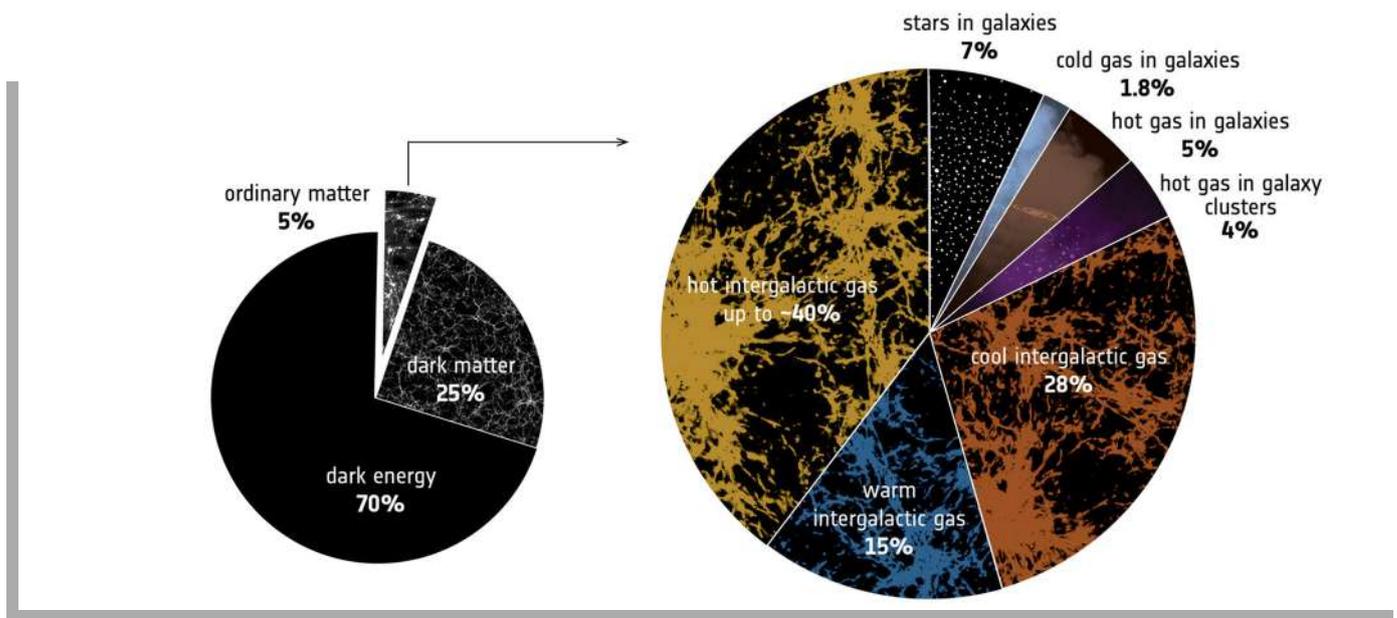


Figura 2: Matéria escura e energia escura compõem até 95 por cento do nosso Universo; os restantes 5 por cento são compostos de matéria ordinária chamada bárions, a maior parte da qual se tem mantido escondida até recentemente. Cientistas descobriram agora muito do material intergaláctico nunca antes visto. Crédito: ESA.

 **Aluno 4 :**

Só 5%? E o resto, de que é feito?

 **Professor :**

É aí que começa a nossa viagem ao invisível. O resto, uns impressionantes 25%, é feito de algo que não emite ou absorve luz. Chamamos a isto 'matéria escura'. Embora possa parecer abstrato ou distante, está mais perto do que pensam. Aliás, partículas de matéria escura podem estar a passar por nós neste momento, enquanto falamos! Os restantes 70% são feitos de algo chamado 'energia escura', que exploraremos noutra aventura CosmoVerse!

---

 **Aluno 1 :**

A matéria escura passa através de nós? Como é que não a sentimos?

 **Professor :**

Matéria escura é elusiva. Não interage com luz ou nenhum tipo de radiação eletromagnética, incluindo ondas rádio e microondas. É invisível e completamente intangível para nós. Somos como navios navegando num mar de matéria escura, alheios à sua natureza.

 **Aluno 2 :**

Se é invisível e não interage com luz, como sabemos sequer que existe?

 **Professor :**

Essa é a parte fascinante! Inferimos a sua existência pelos efeitos gravitacionais que tem nas coisas que conseguimos ver. A gravidade da matéria escura puxa estrelas e galáxias, afetando o seu movimento de formas que podemos medir.

 **Aluno 3 :**

Então, é como sentir o vento na cara embora não o possamos ver?

 **Professor :**

Excelente analogia! E tal como usamos o vento para navegar, as galáxias usam matéria escura para se manterem unidas à medida que giram. Sem matéria escura, o Universo como conhecemos não existiria.

 **Aluno 4 :**

A matéria escura pode ter feito parte do Universo desde o big bang?

 **Professor :**

É possível, é um dos cenários predominantes. Agora, vamos preparar-nos para uma demanda celeste com o nosso amigo Quark, para testemunhar algumas matérias muito escuras do rescaldo do big bang.



# Nave Espacial da Imaginação

## Matéria Escura no Universo primitivo

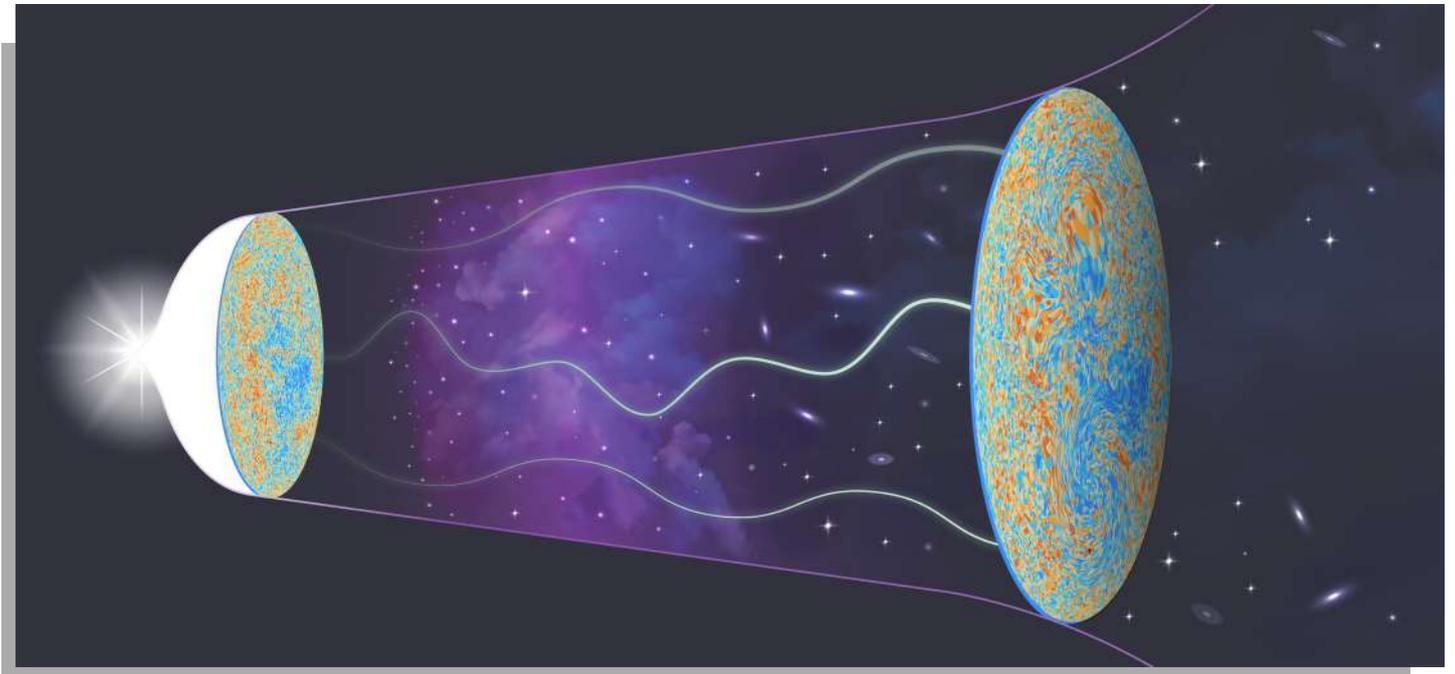


Figura 3: Radiação cósmica de fundo em microondas (do inglês: Cosmic Microwave Background, abreviado CMB). Crédito da imagem: Lucy Reading-Ikkanda/Simons Foundation.



**Quark :**

Muito bem, alunos, vamos voltar atrás no tempo até logo a seguir ao big bang. Lembram-se do que vimos na nossa última viagem?



**Aluno 1 :**

O Universo começou muito pequeno e depois expandiu muito, muito rápido!



**Quark :**

Exato! O Universo era minúsculo e depois – whoosh – expandiu mais rápido do que se possa imaginar. De que estava cheio, alguém se lembra?



**Aluno 2 :**

Estava cheio de energia e de umas partículas minúsculas, algumas delas eram quarks!



**Quark :**

Exatamente! Agora, temos uma coisa nova para adicionar. A mecânica quântica diz-nos que matéria é criada e destruída constantemente, a cada momento. Nesta altura, o Universo estava a expandir tão rápido que a matéria que se criou não pôde ser destruída.

---

 **Aluno 3 :**

Então, tudo do que somos feitos, e também a matéria escura, foi tudo feito nessa altura?

 **Quark :**

Sim, é isso mesmo! Avancemos um pouco, até depois da matéria ser criada, depois dos prótons, neutrões e o átomo de hidrogénio, cerca de 400 000 anos depois do big bang.

 **Aluno 4 :**

Oh! Isso foi quando o espaço arrefeceu o suficiente para deixar passar luz, e pudemos ver a o fundo cósmico de microondas (do inglês: Cosmic Microwave Background, abreviado CMB)!

 **Quark :**

Exato. O Universo era como uma sopa espessa, suave mas com pequenos grumos. Esses pequenos grumos são super importantes porque...

 **Aluno 3 :**

São os sítios com um bocadinho mais de calor e assim, e é aí que a gravidade começa a funcionar e a fazer a sua magia, puxando mais e mais e criando as primeiras estrelas, certo?

 **Quark :**

Precisamente! E essas primeiras estrelas juntaram-se para formar pequenas galáxias. Ao longo de milhares de milhões de anos, estas pequenas galáxias chocaram e combinaram-se para criar galáxias maiores, como a nossa Via Láctea.

 **Aluno 1 :**

Mas o que é que esta matéria escura faz este tempo todo?

 **Quark :**

Ah, esse é o ingrediente secreto! Os grumos que vemos no CMB são demasiado pequenos para terem tido força gravitacional suficiente para atrair matéria e formar estruturas grandes como galáxias, mas, se forem acompanhados de matéria escura, esses grumos iniciais terão tido atração gravitacional suficiente para criar o Universo que vemos hoje.

 **Aluno 2 :**

É como quando fazemos rebuçados, o açúcar precisa de alguma coisa onde se agarrar (o fio) para criar cristais.

 **Quark :**

Ótima analogia! Matéria escura é como cola invisível. Olhem para estes dois

Universos, um ao lado do outro. O que vêem no Universo que tem matéria escura? (Ver figura 4)

 **Aluno 2 :**

Vê-se que as coisas se aglomeram rapidamente!

 **Quark :**

Exatamente, num universo com matéria escura, aglomerados de matéria conseguem crescer e tornar-se galáxias. Agora, se olharmos para um universo com pouca matéria escura...

 **Aluno 4 :**

Parece que não acontece grande coisa. Os aglomerados são muito pequenos e não crescem.

 **Quark :**

É isso mesmo, outra vez! Sem matéria escura, o Universo seria muito aborrecido – nada de Via Láctea, nada de Sol, nada de nós. Matéria escura é o herói desconhecido que torna o nosso Universo interessante e a nossa existência possível. Vamos manter isso em mente à medida que nos aventuramos mais fundo no cosmos!

 **Aluno 3 :**

Que interessante! Então o fundo cósmico de microondas é uma das evidências que apoia a existência de matéria escura. Há outras?

 **Quark :**

Absolutamente! Há outras pistas que sugeriram a presença de matéria escura muito antes de conseguirmos ver o quadro geral. E sabem que mais? Temos a hipótese de aprender com alguém que foi fundamental nesta descoberta. Vamos preparar-nos para conhecer a lendária astrónoma Vera Rubin, que descobriu a dança cósmica que sugeriu a presença de matéria escura.



Figura 4: Esquerda: modelo de universo repleto de matéria escura. Direita: modelo de universo com falta de matéria escura. Crédito: Mao, Wechsler & Kaehler / Stanford & SLAC.



## Conhece um cientista

### O efeito da matéria escura



#### Quark :

Bem-vindos, alunos! Hoje, temos a honra de conhecer uma pessoa realmente especial na nossa viagem cósmica. Vamos dar as boas vindas à astrónoma Vera Rubin.



#### Vera Rubin :

Olá, jovens exploradores! É um prazer juntar-me à vossa viagem para entender o Universo.



#### Aluno 1 :

Sra. Rubin, ouvimos dizer que descobriu algo surpreendente sobre galáxias. Pode contar-nos mais sobre isso?



#### Vera Rubin :

Com certeza! Nos anos 60 e 70, passei muito tempo a estudar galáxias espirais, como a nossa Via Láctea. Estava particularmente interessada na forma como giram, porque nos informa sobre a sua massa.



#### Aluno 2 :

Como funciona isso? É como quando aprendemos que planetas mais perto do Sol se movem mais rápido?



#### Vera Rubin :

Vais na direção certa. Kepler e Newton ensinaram-nos que quanto mais longe está um planeta do Sol, mais lenta é a sua órbita. Eu esperava encontrar algo semelhante em galáxias – as partes mais exteriores movendo-se mais devagar que as interiores.

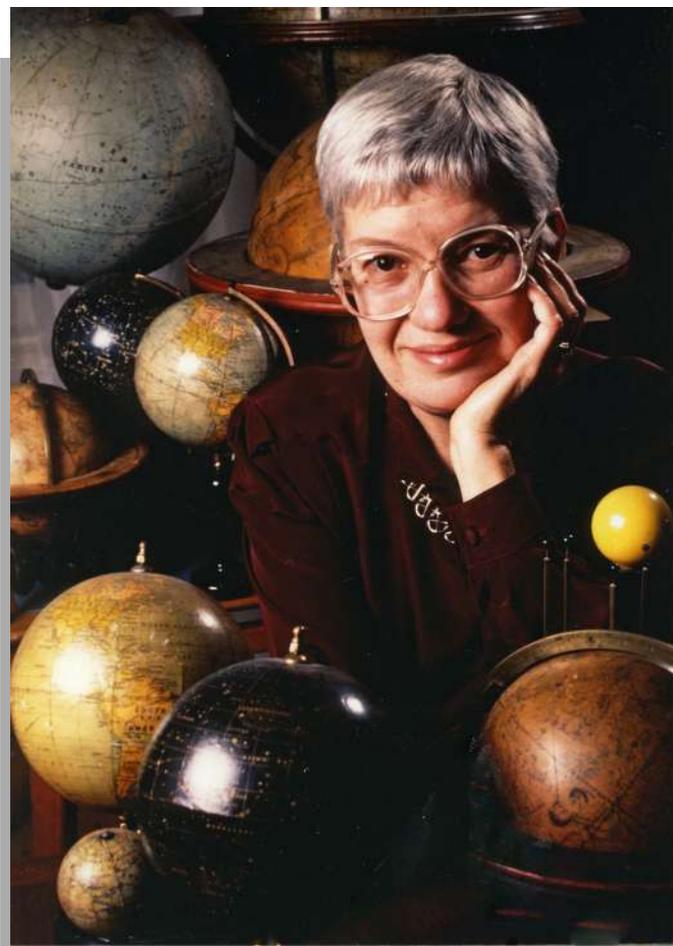


Figura 5: Vera C. Rubin. Imagem cortesia de Mark Godfrey (fotógrafo).

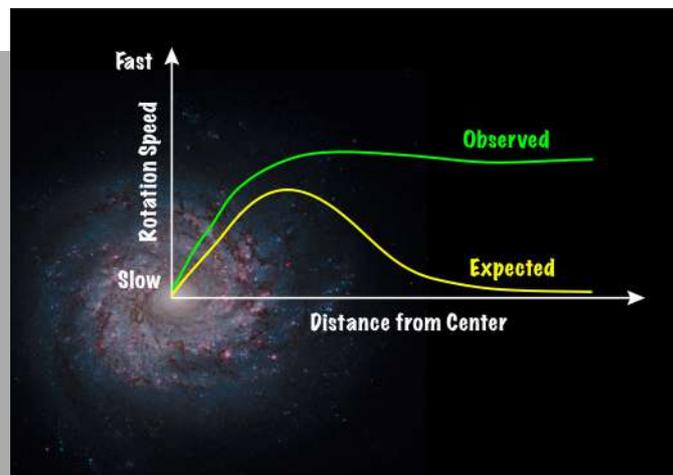


Figura 6: Curva de rotação de galáxia prevista e observada de uma galáxia em espiral. É necessária matéria escura para explicar a curva de velocidade de rotação plana, mesmo para estrelas localizadas a distâncias muito grandes do centro galáctico. Crédito: www.resonance.is

---

 **Aluno 3 :**

Mas não foi isso que encontrou, certo?



**Vera Rubin :**

Exatamente, foi precisamente o oposto. Vejam este gráfico da velocidade de rotação de partes da galáxia em relação às suas distâncias ao centro, esperaríamos que a velocidade de rotação descresse – quanto mais longe, mais lenta a rotação devia ser. Mas, em vez disso, o que observamos é que a velocidade de rotação aplanada.

 **Aluno 3 :**

O que significa isto?



**Vera Rubin :**

Significa que as nuvens de gás nas fronteiras da galáxia se moviam tão rapidamente, às vezes até mais rápido, que partes perto do centro da galáxia, o que implica que a força gravitacional é a mesma ao longo de toda a galáxia. Isto é intrigante porque parecia haver cada vez menos estrelas e menos massa nas partes exteriores.

 **Aluno 4 :**

Então como explica o que observou?



**Vera Rubin :**

Bom, se considerássemos apenas matéria visível – estrelas, gás e poeira – as minhas observações não fariam sentido. No entanto, se houvesse alguma matéria não vista, isso poderia explicar a gravidade forte que estava a puxar as nuvens de gás.



**Quark :**

E é aí que a matéria escura entra, certo?



**Vera Rubin :**

Precisamente. A ideia é que as galáxias estão rodeadas de um halo de matéria escura, invisível para nós, mas com força gravítica suficiente para afetar a rotação de galáxias. De facto, as minhas observações sugerem que é capaz de haver cinco vezes mais matéria escura do que matéria visível em galáxias.

 **Aluno 1 :**

Por que lhe chamamos de ‘matéria escura’?



### Vera Rubin :

Na verdade, o termo 'matéria escura' foi cunhado por outro astrónomo, Fritz Zwicky, nos anos 30 (ver figura 7). Ele estudava o aglomerado Coma, um aglomerado gigante de galáxias, e reparou em algo peculiar.



### Aluno 2 :

No que reparou?



### Vera Rubin :

Zwicky examinou as velocidades de galáxias individuais dentro do aglomerado Coma (ver figura 8) e descobriu que eram tão altas que excediam a velocidade de escape do aglomerado. Isto significava que o aglomerado devia ser instável e desfazer-se, quando claramente não era o caso.



### Aluno 4 :

Então, ele pensou que havia lá matéria invisível?



### Vera Rubin :

Precisamente. Concluiu que tinha de haver uma quantidade grande de matéria não vista dentro do aglomerado, mantendo-o unido via gravidade. A matéria invisível é o que apelidou de 'dunkle Materie', que em alemão significa 'matéria escura'. No entanto, os dados de Zwicky continham incertezas grandes e outros físicos mantiveram-se céticos.



### Quark :

Estamos gratos pelas suas explicações, Sra. Rubin. Agora, alunos, vamos passar da teoria à prática. É altura de voltar ao Laboratório de Ação, onde vamos fazer experiências para explorar os efeitos gravíticos da matéria escura. Preparem-se para ver alguma desta matéria invisível em ação!

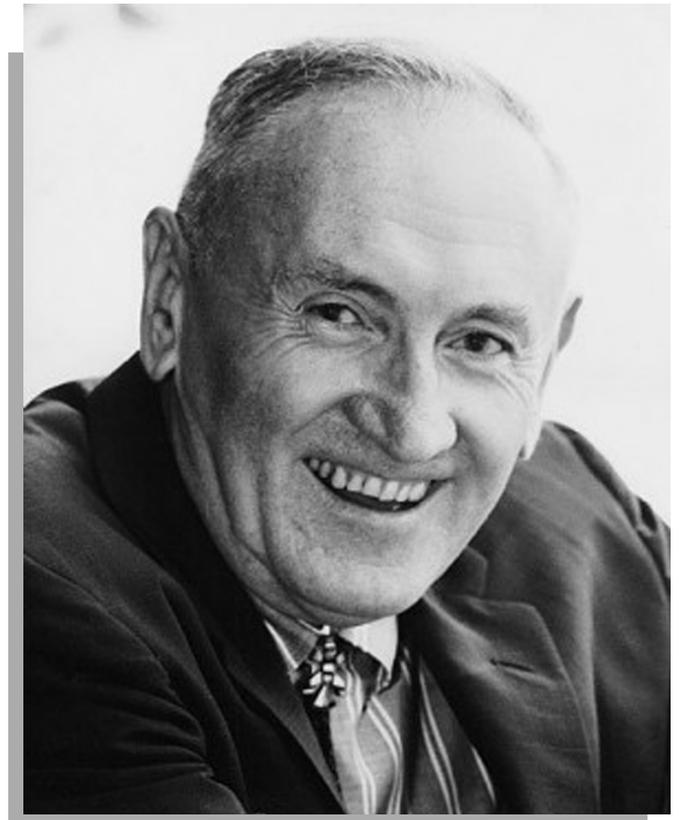


Figura 7: Fritz Zwicky. Crédito: totallyhistory.

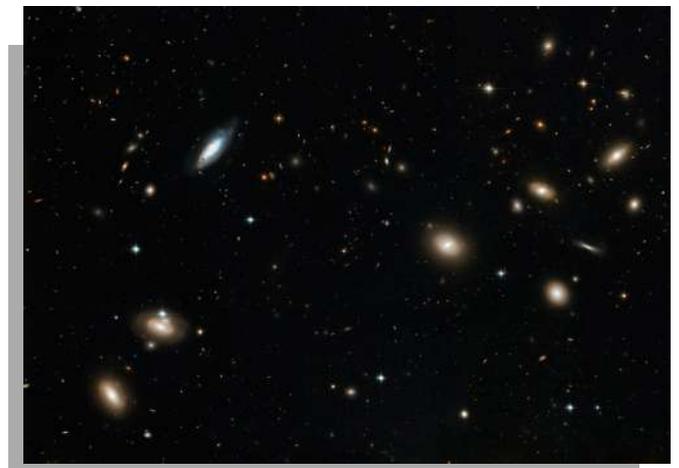


Figura 8: Aglomerado Coma, estendendo-se varios milhões de anos-luz. O aglomerado esférico completo tem mais de 20 milhões de anos-luz de diâmetro e contém milhares de galáxias. Crédito de imagem: NASA, ESA e Hubble Heritage Team (STScI/AURA).

**Imagem estendida.**



# Laboratório de Ação

## Demo: Lentes gravitacionais



### Objetivo :

Compreender e observar os efeitos de lentes gravitacionais como evidência de matéria escura.



**Tempo de preparação :** 5 minutos



**Tempo de atividade :** 10 minutos



### Materiais Necessários :

- Lente ou base de um copo de vinho (Figura 9).
- Imagem do Hubble Ultra Deep Field impressa (Figura 10)
- Papel milimétrico



### Observação :

- Fazer um ponto grande no papel milimétrico. Pedir aos estudantes que ponham o copo de vinho por cima e observar como distorce tanto a grelha do papel milimétrico como o ponto.
- Se o ponto estiver centrado por debaixo do copo, devem ver um anel. Se não estiver centrado, devem ver arcos.
- Colocar a lente ou base do copo de pé na impressão da imagem. Observar as distorções das imagens por baixo do



Figura 9: base de um copo de vinho em papel milimétrico.

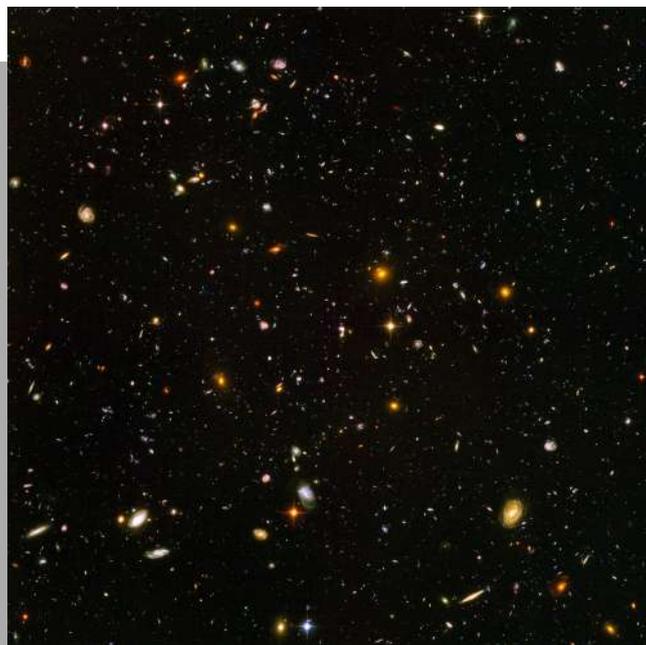


Figura 10: Impressão da imagem do Hubble Ultra Deep.



**Professor :**

Hoje, temos uma experiência fascinante para entender como a matéria escura influencia a luz. Aqui temos uma lente e uma impressão da imagem do Hubble Ultra Deep Field. O que acontece quando colocamos a lente sobre a imagem?

**Aluno 1 :**

A imagem parece distorcida, um pouco esticada e curvada.

**Professor :**

Exatamente! Isto é semelhante a lentes gravitacionais no espaço. Imaginem luz a viajar através do Universo desde uma galáxia distante. Se não há nada novo no caminho, a luz vem direita a nós. Mas se houver um aglomerado de galáxias – e matéria escura – pelo caminho?

**Aluno 2 :**

Quer dizer que a matéria escura curvaria a luz?

**Professor :**

Sim! A teoria de relatividade geral de Einstein, como aprenderam antes, diz-nos que objetos massivos curvam o tecido do espaço-tempo, e isto inclui a luz. Portanto, quando luz de uma galáxia distante passa perto de um objeto massivo, como um aglomerado de galáxias, curva.

**Aluno 3 :**

Então, vemos a galáxia num sítio diferente de onde realmente está?

**Professor :**

Precisamente. Se a galáxia, o aglomerado e nós estivermos perfeitamente alinhados, vemos o que se chama um anel de Einstein – um círculo perfeito de luz, semelhante ao que viram quando o ponto está centrado debaixo do copo. Mas quando vocês moveram a base do copo para o lado, o anel separou-se em arcos.

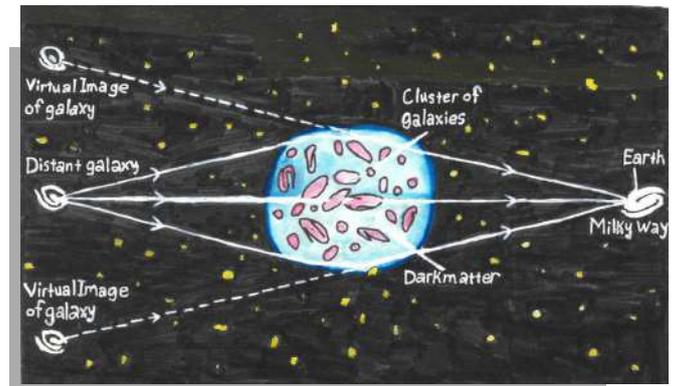


Figura 11: Lente gravitacional de uma galáxia distante devido a um aglomerado galáctico perto. Arte por Mikayla Kauinana.



Figura 12: Efeito de lente gravitacional. Crédito: NASA. Ver o gif através deste [link](#).

 **Aluno 4 :**

E estes arcos dizem-nos onde está a matéria escura?

 **Professor :**

Correto. Analisando os arcos, podemos mapear a matéria escura no aglomerado, embora não a possamos ver diretamente. É isto que astrónomos fazem com galáxias e aglomerados reais no espaço. Usam distorções para “ver” a matéria escura.

 **Aluno 1 :**

É como ser um detetive cósmico, encontrando pistas na luz!

 **Professor :**

Pois é! Astrónomos estudaram algo incrível chamado Aglomerado Bala. Está a cerca de 3,5 mil milhões de anos-luz de nós e consiste de dois aglomerados de galáxias em colisão. Quando galáxias colidem, tendem a passar uma pela outra como fantasmas. Mas em aglomerados, entre as galáxias, há vastas quantidades de gás. O gás de um aglomerado já choca com o do outro e fica incrivelmente quente. Tão quente, aliás, que emite raios-X.

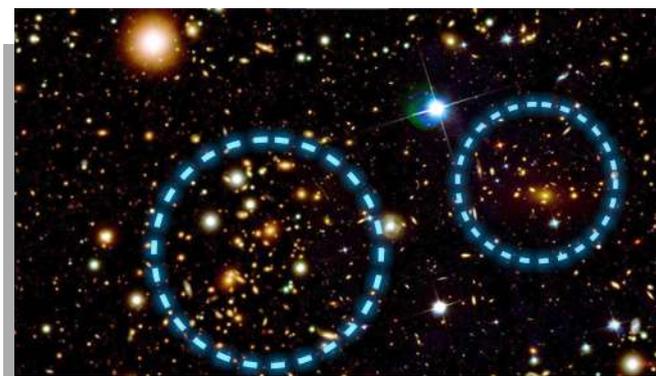


Figura 13: o aglomerado bala, um sítio onde dois aglomerados de galáxias colidiram. Crédito de imagem: Veritasium.

 **Aluno 4 :**

Então, se emitem raios-X, significa que podemos realmente vê-los?

 **Professor :**

Exatamente, e usaram-se observatórios como o Chandra, que deteta raios-X, para ver o gás quente. No Aglomerado Bala encontraram gás precisamente onde se esperava – entre as galáxias em colisão.

 **Aluno 3 :**

O que nos diz isso sobre a matéria escura?

 **Professor :**

Usando o efeito de lentes gravitacionais, astrónomos conseguem encontrar precisamente onde a massa está realmente. Verifica-se afinal que não é no meio, com o gás, mas sim espalhado pelos lados.

 **Aluno 2 :**

Então, a matéria escura não é desacelerada como o gás porque não interage com ele, certo?

 **Professor :**

Correto! A matéria escura não interage com o gás ou consigo própria, portanto continua a mover-se, o que significa que há mais gravidade onde há menos coisas visíveis. E isso implica que a maior parte da massa, a coisa que faz de lente, é matéria escura.

 **Aluno 1 :**

Isso é incrível! Então conseguimos ‘ver’ matéria escura por como a gravidade afeta a luz à sua volta?

 **Professor :**

Precisamente! É como se fosse a sombra da matéria escura no espaço, invisível mas detetável através da sua força gravitacional sobre a luz. Esta observação do aglomerado bala é uma das melhores provas que temos para a existência de matéria escura.

 **Aluno 4 :**

Embora tenhamos visto os efeitos de matéria escura por efeitos de lente gravitacional, eu ainda estou a pensar, de que é feita?

 **Professor :**

Teorias sobre a natureza da matéria escura vão desde o microscópico ao massivo. Pode ser feita de pequenas partículas, mais pequenas do que conhecemos, ou pode ser feita de objetos grandes com massa de cem sóis.

 **Aluno 2 :**

Como é que os cientistas procuram por algo tão elusivo?

 **Professor :**

Tornam-se criativos. Um método envolve detetores profundos subterrâneos em minas, onde se espera apanhar uma partícula de matéria escura a deixar traços ao colidir com um material denso. Estas partículas chamam-se Partículas Massivas de Interação Fraca (do inglês: Weakly Interacting Massive Particles, abreviado WIMPs).

 **Aluno 3 :**

E olhando para o espaço?

 **Professor :**

Boa observação. Astrónomos também procuram nos céus por sinais de partículas de matéria escura colidindo e libertando luz de alta energia, que telescópios

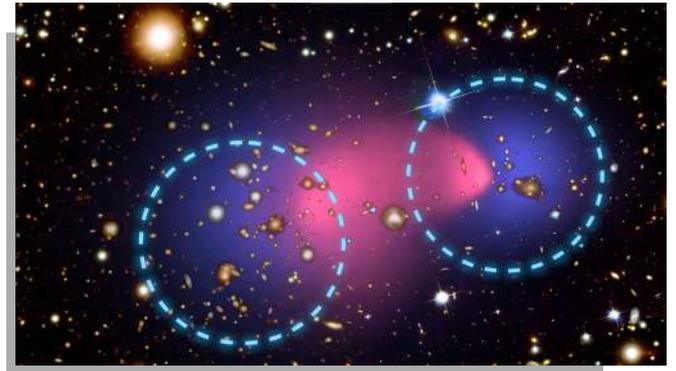


Figura 14: Quando os aglomerados colidiram, todo este gás ficou preso no meio, mas a matéria escura passou ilesa, criando a maior parte da lente gravitacional. Crédito de imagem: Veritasium.

especiais de raios-gamma conseguem detetar. Outro candidato a matéria escura são objetos com halo compacto e grande massa (do inglês: Massive Astrophysical Compact Halo Object, abreviado MACHO), como buracos negros e estrelas de nêutrons que emitem pouca ou nenhuma radiação.

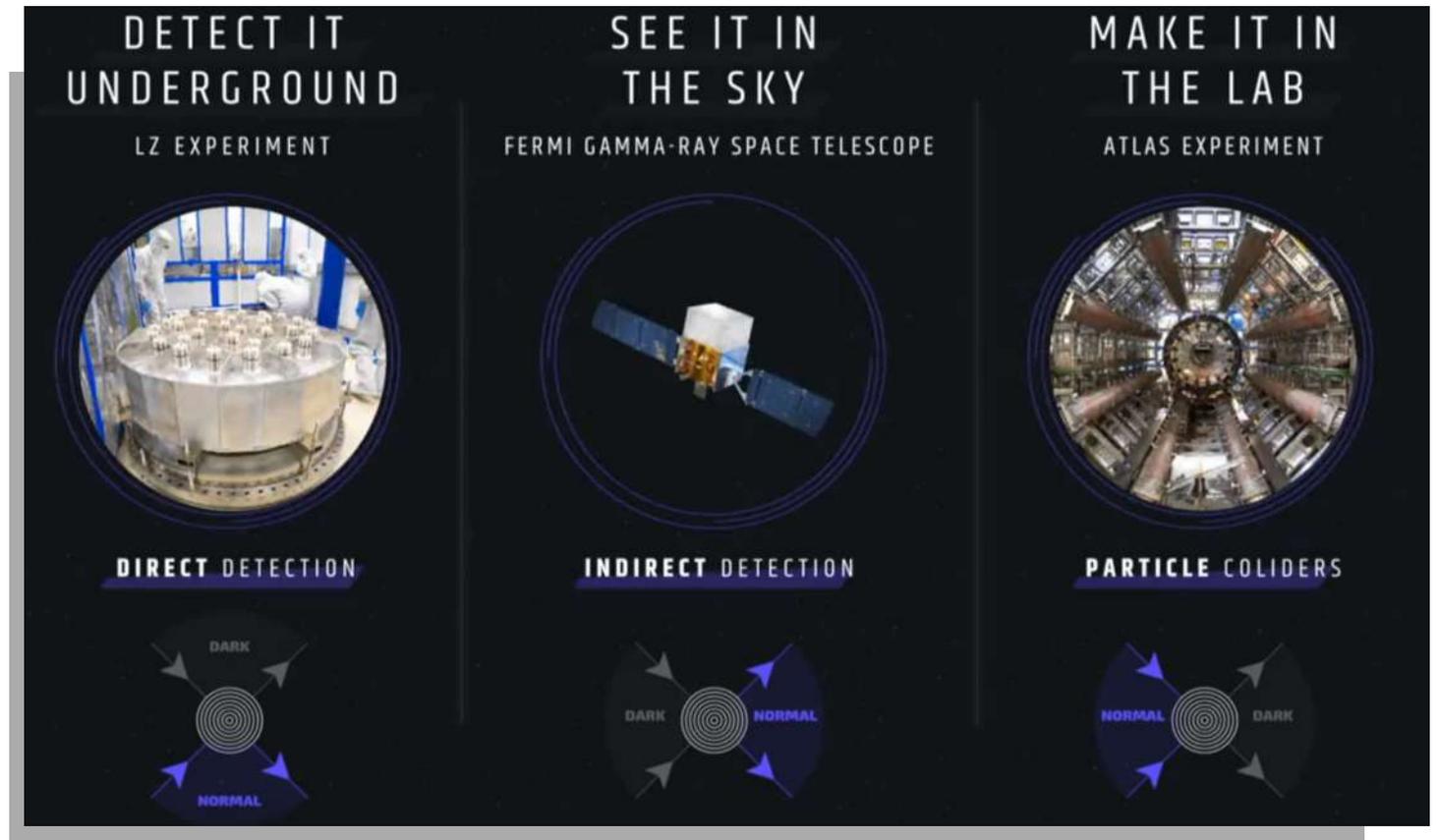


Figura 15: A busca por matéria escura. Crédito a Risa Wechsler.

#### **Aluno 4 :**

Poderíamos fazer matéria escura aqui na Terra?

#### **Professor :**

Isso é outra fronteira. Usando acelerador de partículas como o grande colisor de hádrons, cientistas tentam criar matéria escura chocando partículas umas com as outras e observando as consequências.

#### **Aluno 1 :**

E já a encontraram?

#### **Professor :**

Não exatamente. Até agora, estas experiências disseram-nos muito sobre o que a matéria escura não é. Mas o mistério de o que é continua por resolver. A busca por matéria escura é mais do que uma caça a mais um componente cósmico; é uma jornada que pode redefinir o nosso entendimento da física e o nosso lugar no Universo. É uma demanda entusiasmante e ilimitada que continua a cativar tanto cientistas como observadores de estrelas. Para os que estão ansiosos por mergulhar mais fundo nesta vasta extensão, a secção Biblioteca Cósmica oferece um tesouro de conhecimento, à espera de ser explorado.



# Biblioteca Cósmica



## Videos :

- [Shedding light on dark matter](#)
- [The Absurd Search For Dark Matter](#)
- [What Is Dark Matter? An Astrophysicist Explains](#)
- [Dark Matter: Crash Course Astronomy](#)
- [A Beginner's Guide to Dark Matter](#)
- [Dark matter: The matter we can't see - James Gillies](#)
- [Is Dark Matter Made of Particles?](#)
- [The search for dark matter -- and what we've found so far](#)
- [Neil deGrasse Tyson: What is Dark Matter?](#)
- [The Dark Side Of The Universe – Brian Green](#)



## Interativo & Infográficos :

- [Gravitational Lensing by a Point Mass](#)
- [How Do We See Dark Matter?](#)
- [Dark matter infographic](#)
- [PhD comic about dark matter](#)
- [Jelly Bean Universe \(Dark Matter\)](#)



## Websites & Artigos :

- [Dark Matter: Exploring the Origin of the Universe](#)
- [Science Made Simple: What Is Dark Matter?](#)
- [Dark Matter: NASA](#)
- [What is dark matter?: Space.com](#)
- [Dark matter - CERN](#)
- [Annenberg Learner's Physics for the 21st Century: Dark Matter](#)
- [How Gravity Warps Light](#)



## Documentários :

- [Mysteries of Dark Matter | Space Documentary](#)
- [THE DARK SIDE - Black Holes And Invisible Matter | SPACETIME - SCIENCE SHOW](#)

---

Where Did Dark Matter And Dark Energy Come From?

BBC - Horizon - 2006 - Most of our universe is missing (Dark matter)

Dark side of the Universe – Discovery Channel



### Quiz :

The Age of the Universe

Hubble- Lemaître law

Hubble's Law & Hubble's Constant



---

# Glossário

**Matéria bariônica:** Matéria ordinária que compõe estrelas, planetas e todos os objetos visíveis no Universo, constituindo cerca de 5% da massa e energia total do Universo.

**Big Bang:** A teoria que descreve o início do Universo como um ponto singular, extremamente quente e denso, que entretanto expandiu para formar o cosmos como o conhecemos.

**Aglomerado Bala:** Um par de aglomerados de galáxias cuja colisão e resultantes efeitos gravitacionais proporcionam evidências importantes da existência de matéria escura.

**Aglomerado Coma:** Um grande aglomerado de galáxias estudado por Fritz Zwicky, que levou à hipótese inicial de matéria escura devido às altas velocidades das suas galáxias.

**Fundo cósmico de microondas (CMB pela sua sigla em inglês):** Radiação remanescente das etapas iniciais do Universo, que fornece provas da sua origem e composição.

**Energia escura:** Misteriosa forma de energia que compõe cerca de 70% do Universo e é responsável pela sua expansão acelerada.

**Matéria escura:** Forma de matéria que não emite nem absorve luz, compondo cerca de 25% do Universo, e que exerce efeitos gravíticos sob matéria visível.

**Anel de Einstein:** Fenómeno de lente gravitacional que produz um anel circular a partir de um objeto distante, causado pelo encurvamento de luz devido à gravidade de um objeto massivo.

**Curva de rotação galáctica:** Gráfico das velocidades orbitais de estrelas numa galáxia como função das suas distâncias radiais desde o centro da galáxia, que levou à descoberta de matéria escura devido a curvas de rotação inesperadamente planas.

**Efeito de lente gravitacional:** Encurvamento de luz de objetos distantes pela gravidade de objetos massivos como aglomerados de galáxias, usado para detetar e mapear matéria escura.

**Leis de Kepler:** Leis que descrevem órbitas de planetas à volta do sol, influenciando o estudo de rotações de galáxias e a descoberta de matéria escura.

**MACHO (Objeto astrofísico de halo compacto e massivo, em inglês: Massive Astrophysical Compact Halo Object):** Uma proposta para a forma de matéria escura, consistindo de objetos como buracos negros ou estrelas de neutrões que emitem pouca ou nenhuma radiação.

**Mecânica quântica:** Teoria fundamental da física que descreve o comportamento de matéria e energia a escalas atômicas e subatômicas.

**Quarks:** Partículas fundamentais constituintes de prótons e neutrões, jogando um papel na formação primitiva do Universo.

**Espaço-tempo:** O continuum de quatro dimensões do espaço e tempo, em que todos os objetos no Universo existem, como descrito na teoria de relatividade de Einstein.

**Linhas espectrais:** Comprimentos de onda de radiação eletromagnética específicos emitidos ou absorvidos por um átomo ou molécula, usados em observações astrofísicas.

**WIMP (Partícula massiva de interação fraca, em inglês: Weakly Interacting Massive Particle):** Partícula hipotética que é candidata a matéria escura e que apenas interage através de gravidade e força nuclear forte.

This article/publication is based upon work from COST Action CA21136 – “Addressing observational tensions in cosmology with systematics and fundamental physics (CosmoVerse)”, supported by COST (European Cooperation in Science and Technology)

COST (European Cooperation in Science and Technology) is a funding agency for research and innovation networks. Our Actions help connect research initiatives across Europe and enable scientists to grow their ideas by sharing them with their peers. This boosts their research, career and innovation.

[www.cost.eu](http://www.cost.eu)

