



UNIVERSIDADE DE CAXIAS DO SUL

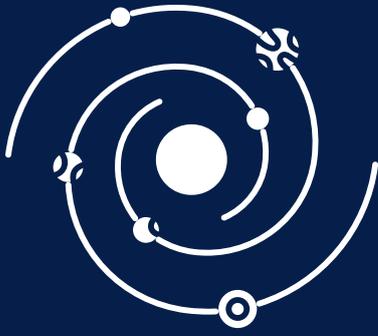
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO  
EM ENSINO DE CIÊNCIAS E  
MATEMÁTICA

**Produto educacional**

# **O enigma da matéria escura no Ensino Médio**

**Diego Corrêa Peres de Souza**  
**Francisco Catelli**





# Apresentação

Caro professor,

O presente produto educacional trata-se de uma sequência didática que conta com 5 encontros abordando a temática da matéria escura. Ele é oriundo de uma pesquisa realizada no curso de mestrado profissional do Programa de Pós Graduação de Ensino de Ciências e Matemática (PPGECiMa) da Universidade de Caxias do Sul (UCS).

Esta sequência didática procura trazer uma maneira de se trabalhar conceitos relativamente introdutórios da física como, por exemplo, a segunda lei de Newton em movimentos circulares. Porém relacionando-os com a problemática da matéria escura que é um conceito quase centenário, porém ainda sem um desfecho satisfatório no que diz respeito a sua natureza.

Desta forma buscou-se alinhar habilidades e competências trazidas pela BNCC (BRASIL, 2018) com aspectos relacionados à história da ciência que envolvem as investigações sobre como se desenvolveu o conceito da matéria escura.



# Introdução

Esta sequência didática está organizada de maneira semanal, onde cada semana contém tópicos a serem trabalhados. Foram planejadas 5 aulas de 100 min dispostas em cinco semanas para serem aplicadas a alunos do Ensino Médio, abordando conceitos relacionados a força centrípeta e a gravitação newtoniana. Para os estudos destes conceitos, serão abordados aspectos ligados às investigações históricas sobre a matéria escura.

Os primeiros indícios da existência da matéria escura surgiram com observações do astrônomo Fritz Zwicky na década de 1930. Ele mediu a massa do aglomerado de galáxias de Coma utilizando o teorema do Virial, o valor encontrado com esse método era maior do que a soma das massas visíveis por meio de emissões eletromagnéticas das galáxias do aglomerado. Portanto, haveria uma “matéria faltante” – a Matéria Escura – responsável por manter o aglomerado coeso (STEINER, 2006). Esse problema entre teoria e observação ficou inerte até a década de 1970.

Os estudos com respeito à Matéria Escura retomaram-se quando Vera Rubin (1928- 2016) mediu a velocidade de rotação de estrelas periféricas da galáxia de Andrômeda e constatou que os valores obtidos não estavam de acordo com o que era esperado teoricamente. Nesta análise, a qual partiu de uma análise da “curva de rotação de corpos (CRC)” foi verificado que existe uma diferença apreciável – da ordem de cinco vezes – entre a matéria visível e a massa para que as equações das teorias conhecidas se satisfaçam. Assim, essa “massa” que aparece somente nos cálculos ficou conhecida como “matéria escura” (LUIZ, 2017). Maiores informações conceituais sobre a matéria escura podem ser conferidas na dissertação que originou esse produto educacional, precisamente da página 19 até a 27 onde pode-se conferir detalhes dos conceitos físicos por trás deste problema.

A sequência a seguir pode ser usada em sua totalidade ou apenas utilizando-se de algumas das atividades propostas durante as semanas adaptando-os conforme a realidade de cada público.



# Semana 1

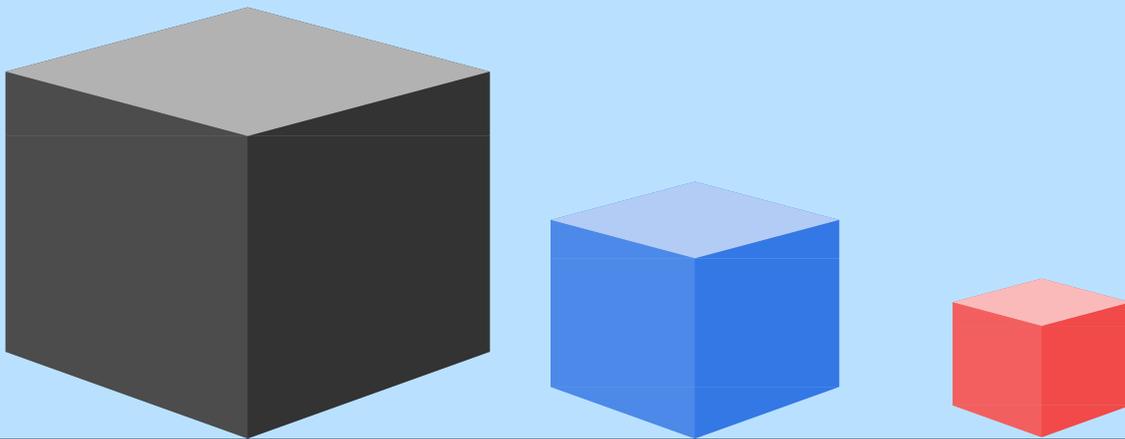
**Momento 1:** Aplicação do questionário 1 que envolve a identificação de conhecimentos prévios relacionados a conceitos básicos das leis de Newton, gravitação universal e concepções da ciência. Sugere-se um tempo para aplicação de 90 min. Com as respostas dadas a essas perguntas é possível traçar o perfil epistemológico da turma com relação aos conceitos de massa, força e natureza da ciência e com isso identificar obstáculos epistemológicos que podem ser superados ao longo da aplicação da sequência didática.

**Momento 2:** Organizar grupos de três integrantes, onde cada um ficará responsável por estudar um tema de pesquisa. O aluno 1: Gravitação Universal, Aluno 2: Órbitas celestes e Aluno 3: Força Centrípeta. Neste momento é aplicado o método jigsaw que cada aluno estuda um subtópico dentro de um tema maior e contribui com uma “peça” para formar, ao final, um único “quebra-cabeça” (TORRES; IRALA, 2005). Sugere-se cerca de 10 minutos para aplicação deste momento.

## Questionário - Concepções prévias

1 - Para saber que um objeto existe, precisamos vê-lo? Se há outras formas de saber que o objeto existe, você poderia indicar quais? Comente, se desejar.

2 - Somente observando a uma distância igual, sem tocar ou saber de quais materiais que os objetos abaixo são constituídos, sendo que todos são inteiramente maciços, em sua opinião, qual seria mais difícil de ser carregado? (identifique pela cor). Podes explicar a escolha feita?"



3 - Imagine um grande objeto astronômico (semelhante a um planeta) distante da Terra. Será que existiria algum tipo de interação entre ele e a Terra? Justifique

4 - Na natureza, podem ser observados diversos tipos de movimentos, dentre eles, o movimento da Lua em relação à Terra e o da Terra com relação ao Sol, que são semelhantes.

a) Descreva com suas palavras como são esses movimentos.

b) A Terra e a Lua estão "ligadas" uma à outra de alguma forma? E a Terra e o Sol, estão ligados? Se você respondeu que há uma ligação, qual seria ela? Comente, se desejar.

c) Cite exemplos de movimentos semelhantes que podem ser vistos no seu cotidiano.

d) O movimento do sistema Lua - Terra, e do sistema Terra - Sol possuem as mesmas causas? Comente, se desejar.

**5 - Analise a situação abaixo:**



- 1. Quando  $F1$  for maior que  $F2$ , então, a velocidade do bloco aponta para a direita.**
- 2. Quando  $F2$  for maior que  $F1$ , então, a velocidade do bloco aponta para a esquerda.**
- 3. Quando  $F2 = F1$ , então, com toda certeza, o bloco está parado.**

**As afirmações acima são verdadeiras ou falsas? Comente, se desejar.**

**6 - Em sua opinião existe alguma semelhança no movimento de um carro fazendo uma curva e a órbita de um planeta?**

**7 - Galáxias são conjuntos de estrelas, poeira e gás. Em sua opinião, existem semelhanças entre o movimento de estrelas em uma galáxia e planetas, como por exemplo, os do sistema solar? Se você respondeu afirmativamente, quais seriam essas semelhanças?**

**8 - Existem inúmeros sistemas que estão ligados de maneira gravitacional, como, por exemplo, o sistema Lua e Terra que, por sua vez, fazem parte do Sistema Solar, onde vários planetas e outros astros orbitam o Sol. Existem estruturas, ligadas gravitacionalmente, maiores que o Sistema Solar?**

## Perguntas relacionadas a perspectiva científica

9 - Você concorda com a frase "observação e experimentação são o ponto de partida das leis naturais" (Nussenzveig, 1985, p. 5)? Justifique

10 - Uma teoria científica só pode ser validada por meio da experimentação? Existem outros meios? Justifique

11 - Qual das frases a seguir seria a mais condizente com relação a sua visão sobre ciência?

a) A ciência age em benefício da sociedade, mas não é influenciada por esta.

b) Na construção científica é possível existir mais de uma teoria para explicar um mesmo fenômeno.

c) A ciência parte da observação e experimentação levando a um conhecimento comprovado caso exista verificação do mesmo fenômeno por mais de uma pessoa nas mesmas condições anteriores.

d) A ciência faz uso de um processo lógico de argumentos coerentes entre si sem a necessidade de um experimento observacional para se desenvolver.

12 - Você concorda com o trecho "Observações experimentais são extremamente confiáveis, e nunca apresentam falhas e por isso são a base da elaboração de qualquer teoria científica. Quando um experimento mostra o contrário do que era esperado teoricamente, a teoria a ele relacionada deve ser descartada". Justifique

13 - Nos dias atuais, a ciência foi capaz de explicar diversos fenômenos e criar tecnologias que podem auxiliar a vida cotidiana. Em sua opinião, a ciência já descobriu tudo que tinha para ser solucionado ou quase tudo? Ou ainda existem mistérios a serem descobertos com relação a Natureza que mesmo com toda tecnologia não foram devidamente explicados? Poderia citar alguns deles?

## Semana 2

**Momento 1:** Organizar grupos de alunos que pesquisaram o mesmo tema para debaterem sobre questões relacionadas a sua pesquisa, espera-se que 20 minutos seja suficiente.

**Adotando essa medida, será possível preencher possíveis lacunas relacionadas ao tema de pesquisa, tanto na dinâmica entre o grupo como em intervenções do professor.**

**Momento 2:** Reorganizar a turma nos formados na aula anterior para que assim com o conhecimento estudado pelos três integrantes (Força Centrípeta, Força Gravitacional e órbitas celestes) eles deverão responder e justificar o questionamento: “Qual planeta do sistema solar possui uma maior velocidade de rotação?”. Sugere-se um tempo de 50 minutos para respostas destas perguntas.

Para auxiliar na resolução deste problema, foram organizadas sete questões disponibilizadas na página 10.

**Neste momento, os alunos deverão chegar na igualdade entre força centrípeta e força gravitacional em uma órbita planetária circular e com isso chegar na relação entre velocidade de órbita de um corpo e seu raio orbital.**

**Momento 3:** Promover debate entre os grupos e o professor com relação às respostas chegadas. Espera-se que leve cerca de 20 minutos para esse momento.

**Após as conclusões de cada um dos grupos, o professor deve abrir espaço para que todos mostrem seus resultados e deixe um tempo para que cada grupo defenda seu ponto de vista, caso haja pontos de divergência. Depois, é necessário evidenciar a equação e mostrar os gráficos observacionais de quando essa equação (demonstração e gráficos disponíveis no apêndice A) é aplicada para o Sistema Solar ou o Sistema lunar de Júpiter.**

**Momento 4:** Apresentar as questões: a) Qual foi o conceito mais importante que aprendeu durante a aula? b) Existe pergunta(s) que gostaria de fazer relacionado aos estudos realizados ? Se sim, qual (ais) ? . Método baseado no minute paper. Sugere-se um tempo de 10 minutos para esse momento para que as respostas sejam dadas ainda em aula.

## Perguntas a serem aplicadas no momento 2 da Semana 2

1 - Diferencie velocidade tangencial de velocidade angular.

2 - Qual a força que atua entre dois corpos celestes, como por exemplo, o Sol e a Terra, em uma órbita? Qual a direção dela?

3 - Podemos aproximar uma órbita celeste que é elíptica para um círculo? Para isso acontecer, o que deve ser feito?

4 - Qual a força resultante em movimento circular? Qual a direção dela?

5 - Analisando um sistema de órbitas, com relação a equação da força centrípeta, o m da equação se refere ao corpo em órbita ou ao "corpo central"?

Corpo central é o principal corpo de um sistema gravitacional composto por vários objetos. Esse corpo, contribui com a maior parte da massa daquele sistema e vai, normalmente, estar localizado próximo ao seu centro de massa.

6 - Em um sistema de órbitas, qual a relação entre força centrípeta e a força gravitacional? Encontre uma maneira de relacioná-las matematicamente utilizando a segunda lei de Newton.

7 - Isole a grandeza velocidade tangencial na equação encontrada no item anterior e com isso responda: Qual o planeta do sistema solar possui maior velocidade tangencial em sua órbita?

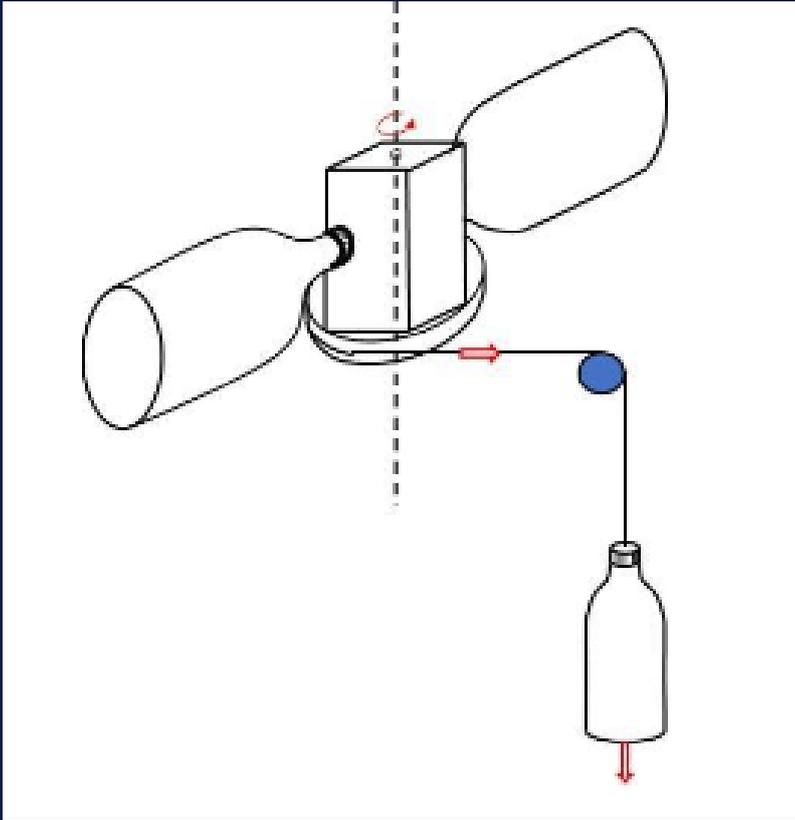
## Semana 3

**Momento 1:** Apresentar um experimento com garrafas PET como simulador de como a presença de massa pode contribuir na velocidade de rotação de diferentes objetos em uma trajetória semelhante ao das órbitas celestes. Um diagrama da montagem do aparato experimental pode ser conferido na página 13. Sugere-se um tempo de 20 minutos para essa apresentação.

**Momento 2:** Reunir os mesmos grupos da semana anterior e apresentar a eles gráficos de velocidades de órbita com o raio médio e sua aplicação teórica e observacional aplicados a estrelas em diferentes galáxias (Gráficos disponíveis no anexo 1). Sugere-se um tempo de 10 minutos para esse momento.

**Momento 3:** Mediante análise destes gráficos e os comparando e comparando-os com os apresentados na semana anterior, solicitar a resolução de um questionário com questões abertas de forma individual pelos alunos. Esse questionário estará disponível a seguir.

## Experimento com as garrafas



Modelo demonstrativo de como a massa pode afetar a velocidade de rotação de um sistema.

O presente diagrama evidencia o funcionamento do experimento que funciona como uma simulação de como a presença de massa em um sistema causa um ganho de velocidade na rotação dos objetos. O experimento pode ser realizado de várias maneiras, mas sugere-se ele seja realizado primeiramente com metade da capacidade de volume das garrafas suspensas pelo fio e depois com capacidade total. Quando as garrafas do sistema rotatório ficam com metade de seu volume com água, uma certa quantidade de água - pequena - pode ser colocada na garrafa suspensa, o que proporciona que a rotação aconteça.

Quando a massa das garrafas do sistema rotatório tem todo o seu volume completado com água, sua massa, como é evidente, dobra. Então, por coerência com a mecânica newtoniana, nestas condições elas simulariam um sistema (um par de astros) que, por ter a massa dobrada, experimentaria uma força gravitacional quatro vezes maior (a distância entre as massas é suposta constante). Por isso, a garrafa suspensa, que representa a força gravitacional entre os dois astros (garrafas) foi multiplicada por quatro. Desta maneira é possível observar que as garrafas, quando com mais água dentro de si, e portanto, com mais massa no sistema, adquirem uma maior velocidade de rotação, a qual possível medir que: o tempo para a rolagem de todo o fio é menor em comparação com o experimento na primeira situação.

A física por trás do experimento é um tanto diferente com relação a um sistema de uma galáxia, mas a ideia é que seja apenas um aparelho de simulação. Para os alunos não verem que as garrafas no segundo momento estão com mais água, recomenda-se que elas estejam pintadas de tinta preta e já previamente preenchidas por água, tendo uma garrafa específica para cada situação. Com isso, é esperado que os alunos consigam relacionar que assim como a presença de uma massa maior do que era esperado nesse sistema causa uma maior velocidade de giro, acontece o mesmo com estrelas em uma galáxia no caso da suposição de existência da matéria escura.

## Perguntas a serem aplicadas no momento 3 da Semana 3

1 - Qual foi o motivo das garrafas na segunda situação terem uma velocidade de rotação maior em relação à primeira demonstração?

2 - Era possível saber que havia maior quantidade de massa de água nas garrafas antes da realização do experimento? Justifique.

3 - A velocidade tangencial de translação das estrelas dispostas nos gráficos mostrados são maiores ou menores que o esperado?

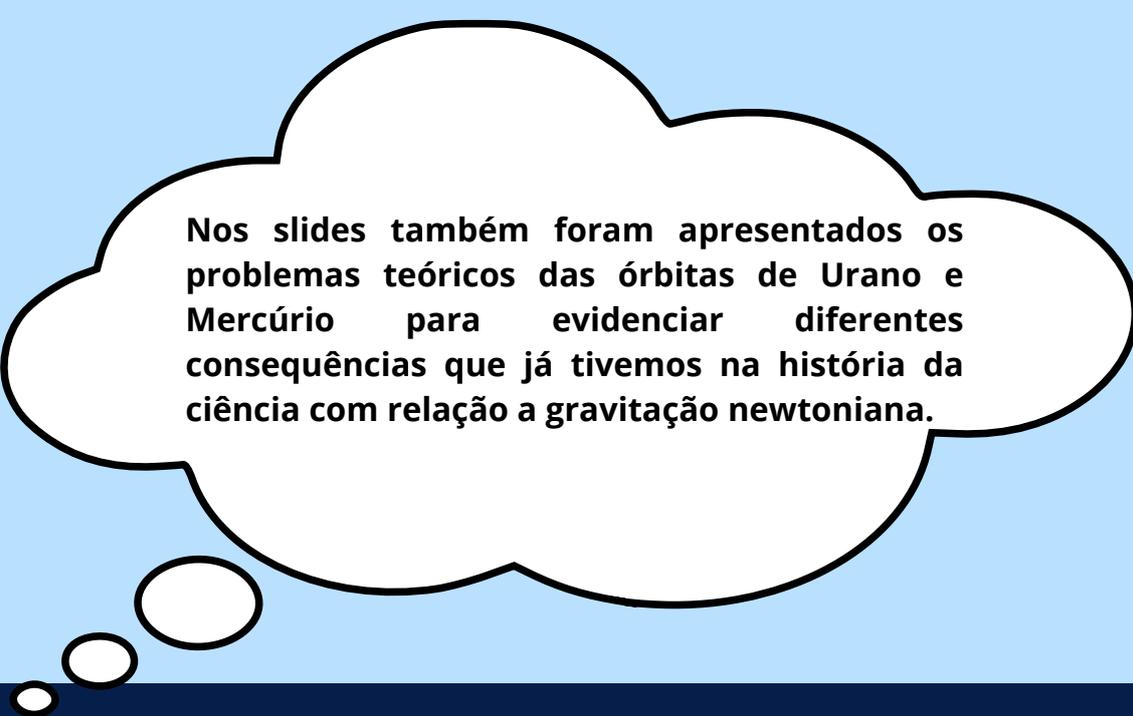
4 - As diferenças com relação a velocidade de translação das estrelas nas galáxias podem possuir a mesma justificativa encontrada para as diferentes velocidades encontradas nas duas situações em que o experimento com as garrafas foi submetido?

Essas questões servirão para averiguar como os alunos interpretam uma contradição entre dados teóricos e observacionais na natureza e se de alguma maneira conseguem pensar em uma solução coerente para a problemática.

## Semana 4

**Momento 1:** Retomar às discussões anteriores e mostrar como a suposição da existência de uma matéria que não emite luz (matéria escura) pode solucionar os problemas encontrados nas análises feitas nos gráficos apresentados e comparar com as respostas dadas às perguntas dos alunos na semana anterior. Tempo estimado em 100 minutos de apresentação.

**Neste momento as discussões podem ser pautadas pela apresentação de slides disponibilizadas na página a seguir. Neles estão demonstrações, links para vídeos e imagens onde o professor poderá se enteirar e preparar boas discussões com os alunos com relação a temática da matéria escura.**



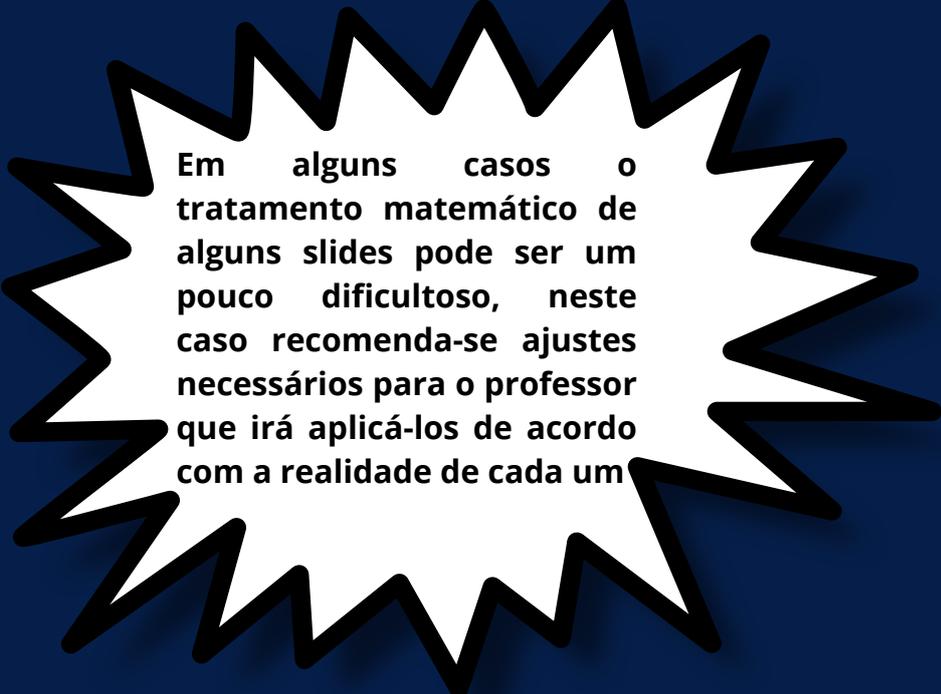
Nos slides também foram apresentados os problemas teóricos das órbitas de Urano e Mercúrio para evidenciar diferentes consequências que já tivemos na história da ciência com relação a gravitação newtoniana.

## **Apresentação de slides sobre matéria escura**

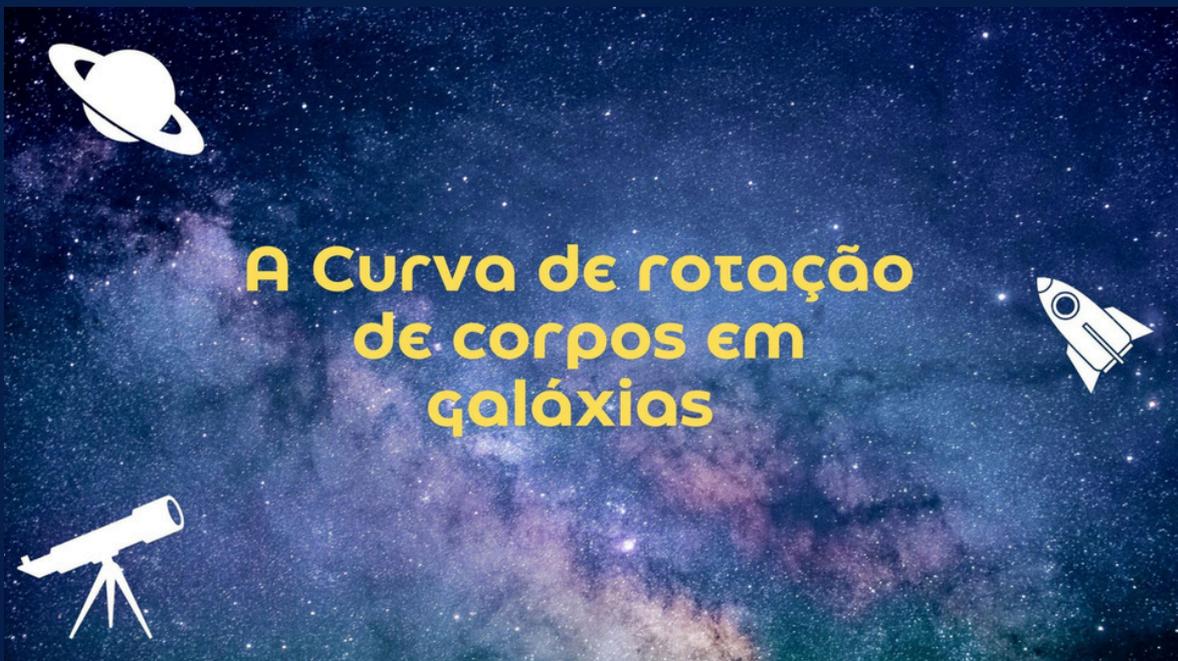
Segue o link de acesso para os slides no canvas:

[https://www.canva.com/design/DAFz\\_XYpYas/eVSRanaMXC47\\_cir9NToEA/edit?utm\\_content=DAFz\\_XYpYas&utm\\_campaign=designshare&utm\\_medium=link2&utm\\_source=sharebutton](https://www.canva.com/design/DAFz_XYpYas/eVSRanaMXC47_cir9NToEA/edit?utm_content=DAFz_XYpYas&utm_campaign=designshare&utm_medium=link2&utm_source=sharebutton).

Caso não seja possível o acesso, nas páginas a seguir foram colocados os quadros dos slides para facilitar acesso a eles por parte do leitor.



Em alguns casos o tratamento matemático de alguns slides pode ser um pouco dificultoso, neste caso recomenda-se ajustes necessários para o professor que irá aplicá-los de acordo com a realidade de cada um

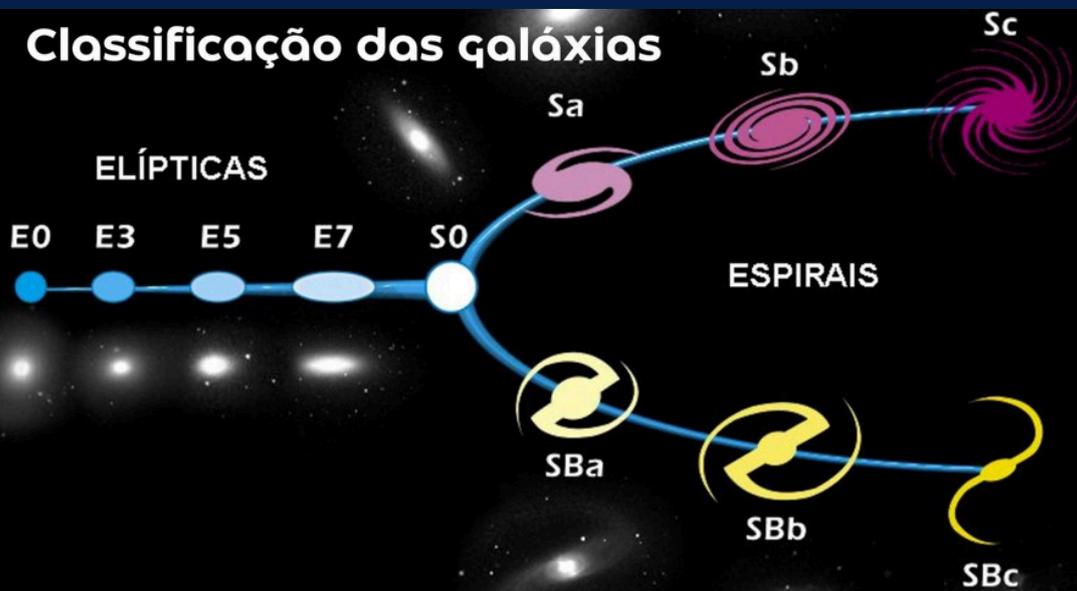


## O que são galáxias?

- Galáxias são sistemas ou conjuntos compostos por estrelas, gases e poeira que possuem um centro gravitacional comum
- Elas são definidas de acordo com a sua forma, podendo ser espirais, elípticas ou irregulares.
- Entre as principais galáxias, temos a Via Láctea, na qual vivemos, Andrômeda, Galáxia do Triângulo e Nuvem de Magalhães."
- Acreditava-se que praticamente toda a da massa de uma galáxia advém de Estrelas. (A massa do Sistema Solar é 99,9% a massa do Sol, portanto, é razoável supor que o mesmo ocorre em todos outros sistemas estelares).



## Classificação das galáxias



# Existem estruturas maiores que galáxias em nosso Universo?

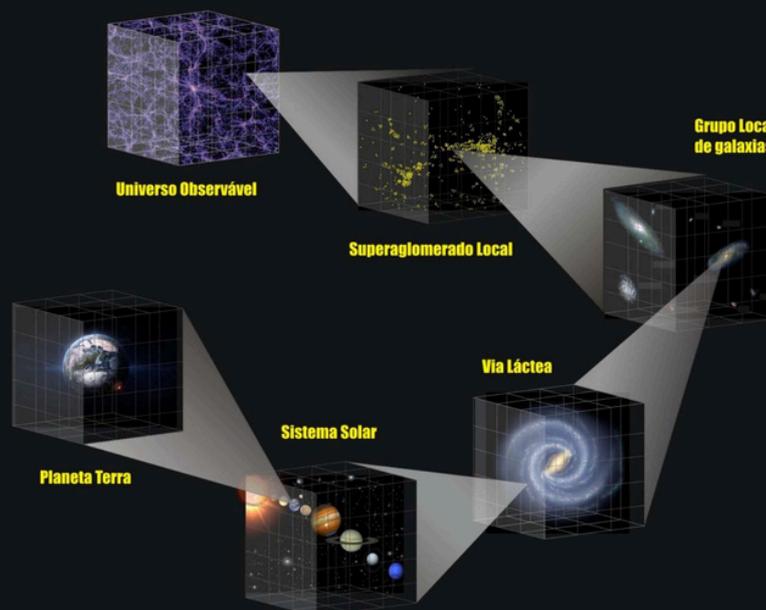


## AGLOMERADOS DE GALÁXIAS

É uma estrutura onde dezenas, centenas ou até milhares de galáxias estão agrupadas pela gravidade.



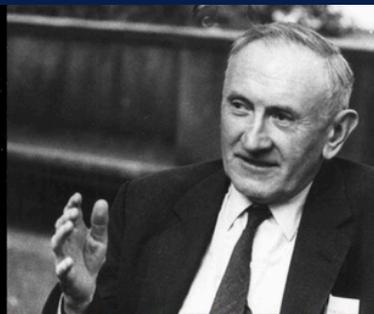
## Endereço Cósmico



## Aglomerado de Coma e Fritz Zwicky, em 1930

- É possível estimar a massa de galáxias por meio da luminosidade de suas estrelas
- Zwicky usou outro método, o Teorema do Virial e encontrou resultados conflitantes para o aglomerado de Coma

Luminosidade de Estrelas =  $M_e$   
Teorema Virial = ordem de  $5M_e$



fritz zwicky (1889 - 1974)



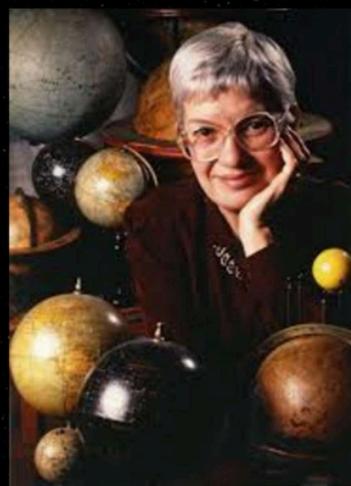
## Seria possível aplicar a curva de Rotação de corpos em aglomerados ou galáxias?



O problema ficou inerte até que Vera Rubin na década de 60/70 estudar a curva de rotação de corpos na galáxia de Andrômeda



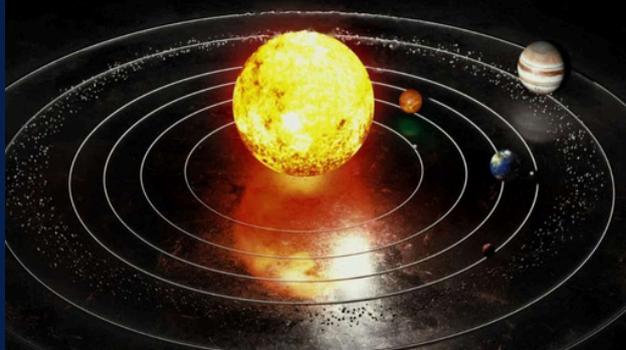
Representação de andrômeda



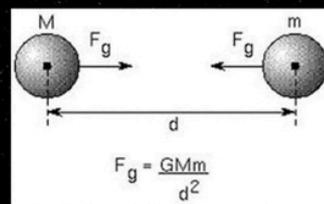
Vera Rubin (1928-2016)

## RELEMBRANDO a CRC...

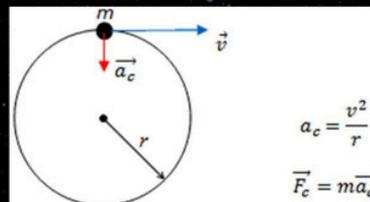
MOVIMENTO DE ÓRBITA



FORÇAS ENVOLVIDAS EM UMA ÓRBITA



Força Gravitacional



$$\vec{F}_c = m\vec{a}_c$$

Força Centrípeta

# Aplicando a segunda lei de Newton

$$F_g = m \cdot a$$
$$F_g = m \cdot a_c$$
$$\frac{GMm}{r^2} = \frac{m \cdot v^2}{r}$$

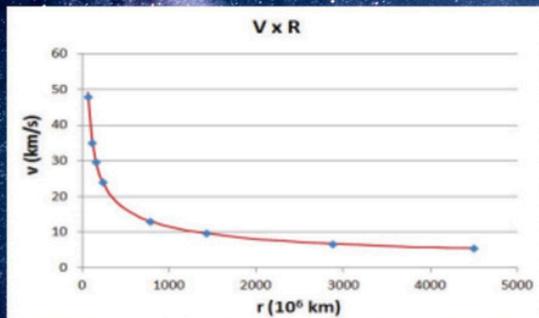
$$\frac{v^2}{r} = \frac{G \cdot m \cdot M \cdot r}{r^2 \cdot m}$$

$$v = \sqrt{\frac{G \cdot M}{r}}$$

Velocidade tangencial de órbitas  
(Curva de Rotação de Corpos)

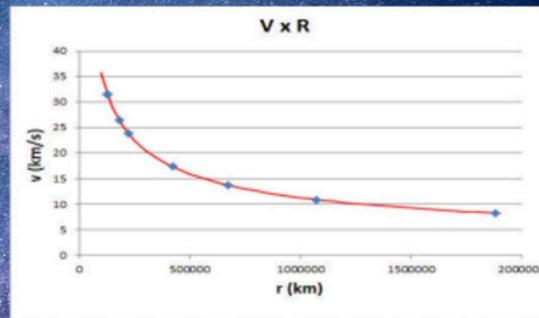
## Curvas de rotação de corpos para o Sistema Solar e para as luas de Júpiter

CRC aplicada nos planetas do Sistema Solar



Fonte: XIMENES (2016)

CRC aplicada as sete primeiras luas de Júpiter



Fonte: XIMENES (2016)

## E para uma galáxia, a CRC ainda funciona?

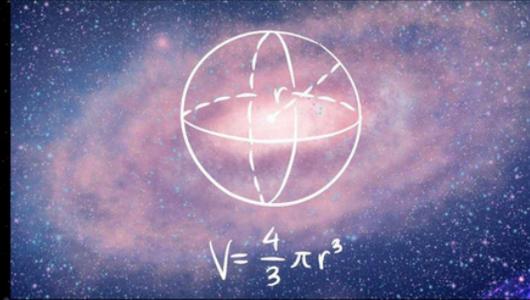


### Antes, algumas considerações...

- Os resultados com relação ao Sistema Solar só são possíveis pois a maior quantidade de massa está presente no próprio Sol (O mesmo vale para o sistema das luas de Júpiter)
- Aglomerados possuem quantidade de massa considerável fora do centro gravitacional comum.
- O mesmo ocorre em galáxias, entretanto, é possível fazermos algumas aproximações.

## Suposições para aplicar a CRC em uma galáxia

- Considera-se uma esfera que englobe massa suficiente para que seja possível "ignorar" a massa de estrelas fora dela.
- A densidade desta esfera seria distribuída de forma homogênea



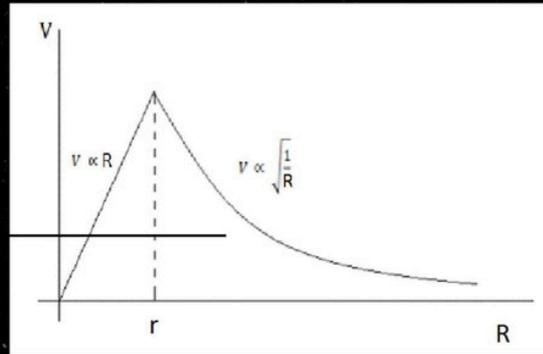
## Partindo das considerações anteriores

$$d(R) = d$$

(...)

$$M(R) = \frac{M \cdot R^3}{r^3}$$

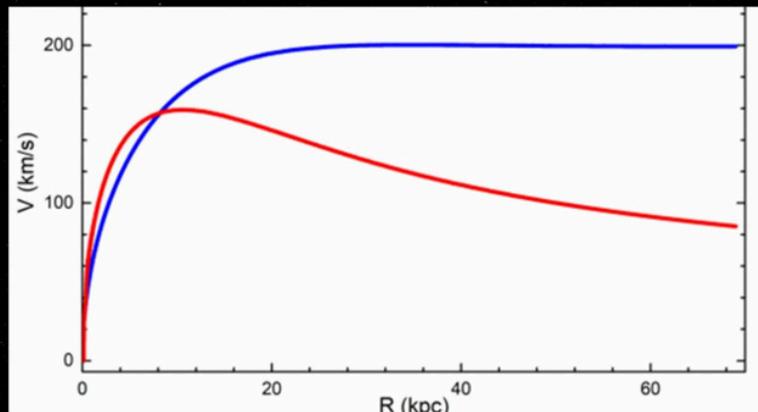
$$v = \sqrt{\frac{GM}{r^3}} \cdot R$$



Fonte: XIMENES (2016)

Para  $R \gg r$ , o comportamento retorna ao esperado para órbitas Keplerianas

## Teoria vs Observação

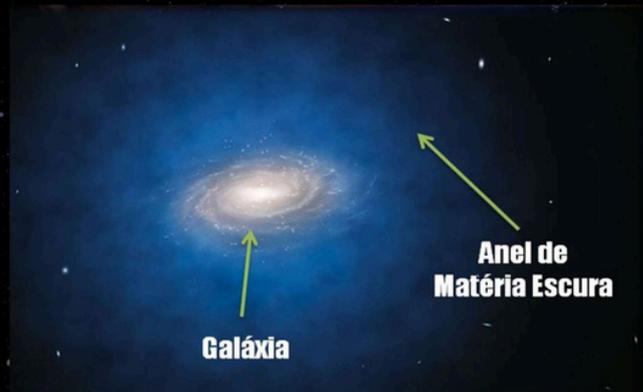


Fonte: BARROCA (2018)



Qual a explicação?

# Modelo de uma galáxia com a Matéria Escura



## Algumas Notícias e vídeos sobre a Matéria escura



<https://www.youtube.com/watch?v=7rMT871U26Y>



**Astrônomos criam mapa inédito da matéria escura no Universo**  
O registro é o mais detalhado que se tem notícia e confirma a teoria de Einstein de como as estruturas massivas crescem e dobram à luz

<https://revistagalileu.globo.com/ciencia/espaco/noticia/2023/05/astro-nomos-criam-mapa-inedito-de-materia-escura-no-universo.html>



<https://www.youtube.com/watch?v=JLjimhFQpkU>

## Divergências no passado

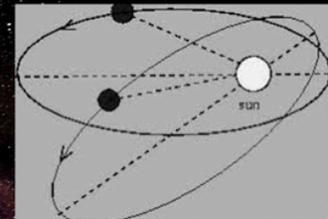
- Descoberta de Urano por William Herschel
- Perturbações na Órbita de Urano e Mercúrio ( Século XIX)



william herschel (1738 - 1822)



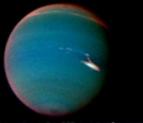
Representação das perturbações das órbitas de Urano



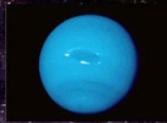
Precessão do periélio de mercúrio

<https://www.youtube.com/watch?v=HMvOlyINYOU&t=236so>

Urano



Netuno

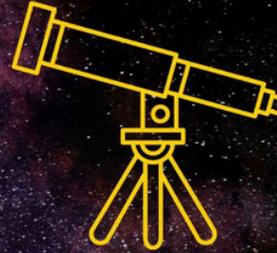


Johann Gottfried Galle(1812 - 1910)



Urbain Le Verrier (1811 - 1877)

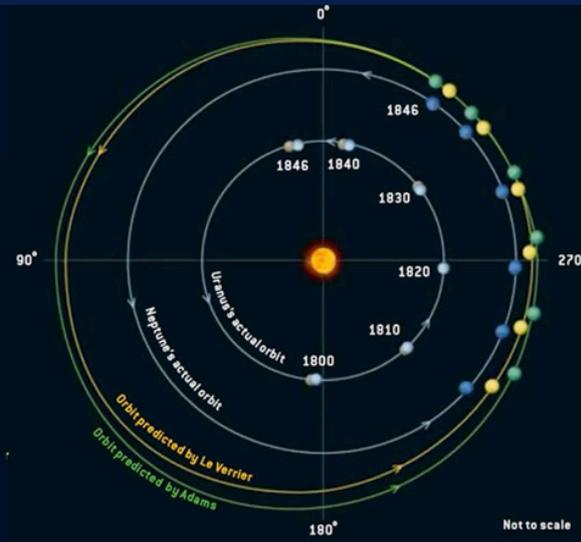
- Netuno, a "Matéria Escura" de Urano, "visto", primeiro, por meio de cálculos
- Existência confirmada em 1845 pelas pesquisas de Johann Gottfried Galle, no Observatório de Berlim.



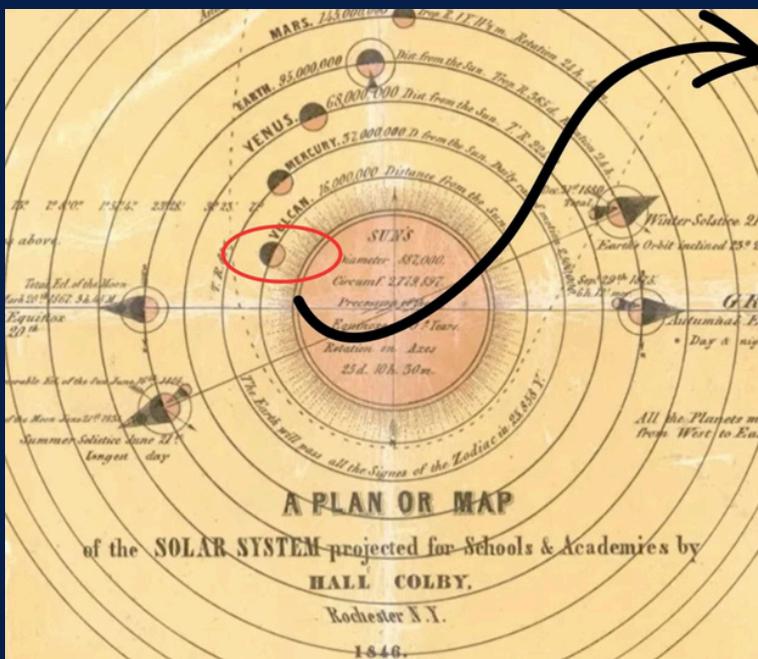
## Previsões das órbitas de Netuno

- Uranus's predicted position (if Neptune did not exist)
- Uranus's observed position
- Neptune's actual position
- Neptune's position predicted by Le Verrier
- Neptune's position predicted by Adams

O mesmo deve ocorrer com Mercúrio...

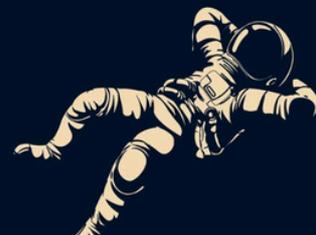


Fonte: SACANI 2023



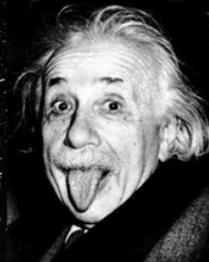
Vulcano foi colocado em mapas astrais

VAMOS ENCONTAR ESSE PLANETA!



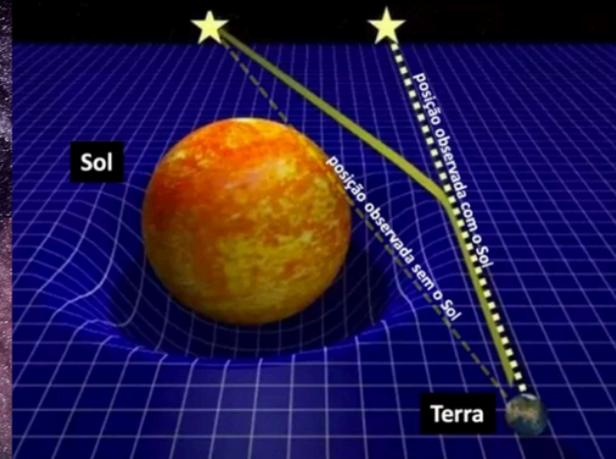
## Vulcano o planeta que Einstein expulsou do Sistema Solar

Com a relatividade Geral (Teoria de Einstein para Gravidade) não era necessário a existência de um planeta mais próximo do Sol que Mercúrio



Albert Einstein  
(1879 - 1955)

### Desvio da Luz por conta de objetos massivos



## Considerações Finais

- Problemas entre teoria e observação foram comuns ao longo da história da ciência.
- Matéria Escura é apenas um dos atuais problemas.
- Será uma nova partícula?
- Será astros super massivos que não emitem luz?
- Será uma nova abordagem teórica?
- Seja como for, quando solucionarmos este problema de quase um século da Matéria Escura, será um grande marco na história da ciência.



## Referências

BARROCAS, Guilherme Ribeiro Gonçalves. Curvas de rotação de galáxias LSB em aproximação quase-newtoniana da Teoria da Relatividade Geral. 2018. Dissertação de Mestrado.

XIMENES, Samuel Jorge Carvalho. A Matéria Escura. dissertação de mestrado. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2016.

SACANI, SpaceToday. VULCANO - O PLANETA QUE EINSTEIN APAGOU DO NOSSO SISTEMA SOLAR. YouTube, 5 de ago. de 2023. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=3E-QPWhgymY>

## Perguntas a serem aplicadas após apresentação dos slides

1 - As leis de Newton relacionadas à gravitação já enfrentaram discrepâncias entre observação e previsões teóricas durante a história da ciência? Cite alguma.

2 - Qual foi a solução para os problemas entre previsão e observação com relação à órbita de Urano?

3 - Para você, existe alguma relação entre matéria escura e o problema com a órbita de Urano?

4 - Com relação à órbita de Mercúrio, a suposição da existência de um planeta mais próximo ao Sol do que ele (Vulcano) se mostrou correta? Justifique

5 - A teoria gravitacional newtoniana foi capaz de explicar o problema da órbita de Mercúrio? Justifique

6 - Trace um paralelo entre os problemas observacionais entre as órbitas de Urano e Mercúrio com o problema da matéria escura. Em sua opinião, a resolução dessa problemática terá um final mais semelhante com o final de qual dos planetas?

# Semana 5

**Momento 1:** Apresentar aos alunos a pergunta:

Para que a ciência avance de maneira eficaz, o que é mais importante: a formulação de teorias, a coleta e análise de dados observacionais, ou a interação entre esses e outros fatores como a imaginação, criatividade e racionalidade? Considere como cada um desses elementos contribui para o progresso científico e como eles se inter-relacionam. Um tempo de aproximadamente 100 minutos deve ser suficiente para aplicação da atividade.

**Sugestão de resposta: solicite um texto dissertativo de no mínimo 20 linhas. Lembre os alunos dos estudos realizados durante as semanas anteriores desde a matéria escura como outros problemas estudados com relação a teoria da gravitação de Newton.**

**Como avaliação sugere-se que seja comparado as repostas dadas ao primeiro questionário das concepções prévias e todas as respostas dos outros questionários e do texto produzido na última semana. Com isso avalie a evolução gradual dos conceitos relacionados a massa, força e conpção científica a partir da aplicação desta sequência didática.**

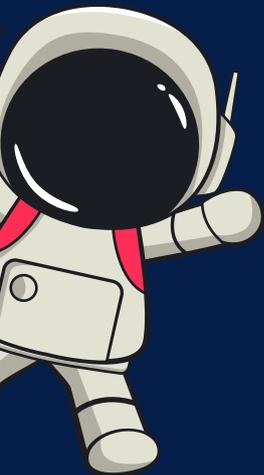
# Mensagens finais

Espero que esta sequência didática tenha auxiliado no preparo de aulas envolvendo essa temática tão misteriosa que é a matéria escura. A busca pelo conhecimento é interminável, e cada nova descoberta nos aproximamos um pouco mais de compreender alguns dos segredos do universo.

Que a experiência do envolvimento com ela incentive o professor e seus alunos a continuar explorando, questionando e aprendendo. Lembrem-se de que a ciência é uma aventura coletiva, onde cada pequena descoberta contribui para um entendimento maior. Nas referências estão contidos artigos que embasam e dão um aprofundamento maior nas questões que envolvem a matéria escura. Qualquer dúvida conta-me.

Email: [peres.souza@aluno.ifsp.edu.br](mailto:peres.souza@aluno.ifsp.edu.br)

Celular: (54) 997137390



## Referências bibliográficas

ALVARENGA, Flávio Gimenes; NETO, José Izaías Moreira Scherrer; COELHO, Geide Rosa. PROCESSO DE VALIDAÇÃO DE UMA SEQUÊNCIA DE ENSINO INVESTIGATIVA PARA O ENSINO DE FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA: DA GRAVITAÇÃO AOS BURACOS NEGROS. *Experiências em Ensino de Ciências*, v. 17, n. 2, p. 66-90, 2022.

BACHELARD, Gaston. *A filosofia do não*. São Paulo: Os pensadores, 1978

BACHELARD, Gaston. *A formação do espírito científico: contribuição para uma psicanálise do conhecimento*. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996.

BARROCAS, Guilherme Ribeiro Gonçalves. *Curvas de rotação de galáxias LSB em aproximação quase-newtoniana da Teoria da Relatividade Geral*. 2018. Dissertação de Mestrado.

CIRILLO, Cintia Aparecida. *MATÉRIA ESCURA: PROPOSTA DE UMA UNIDADE DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVA PARA A INTRODUÇÃO DE FÍSICA CONTEMPORÂNEA NO ENSINO MÉDIO*. 2021. Universidade Federal do ABC.

RUBIN, Vera Cooper; FORD JR., W. Kent. Rotation of the Andromeda nebula from a spectroscopic survey of emission regions. *The Astrophysical Journal*, v. 159, p. 379- 403, 1970. Disponível em: <http://articles.adsabs.harvard.edu/pdf/1970ApJ...159..379R>. Acesso em: 21 jan. 2021.

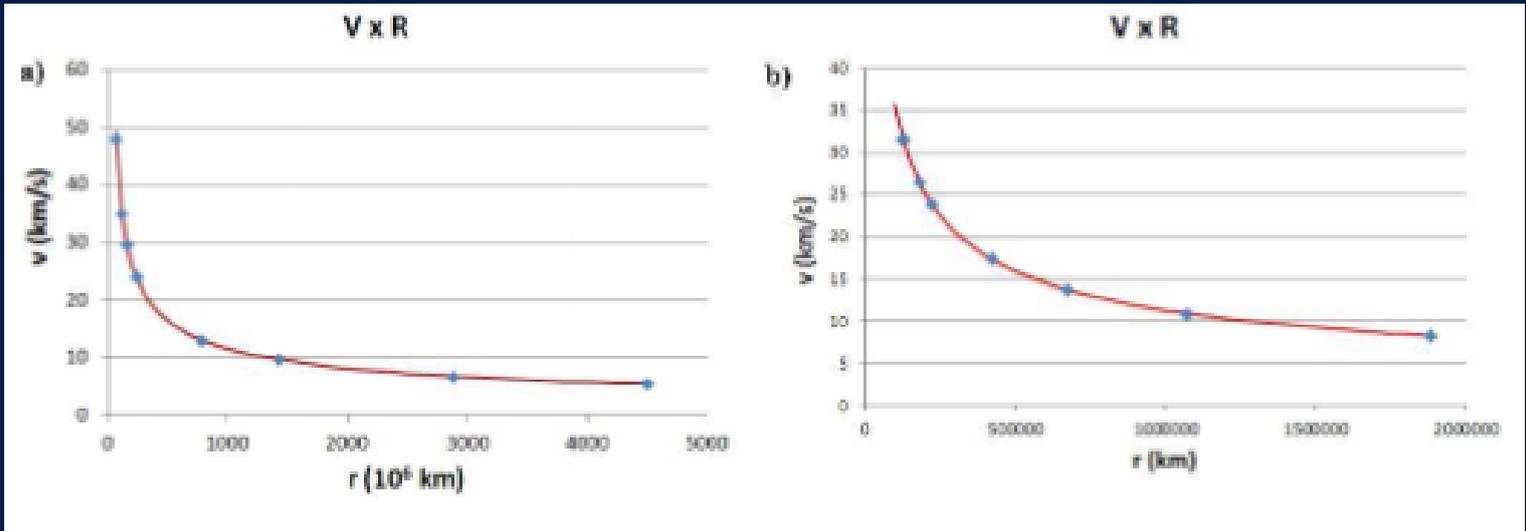
RUBIN, Vera Cooper. Seeing dark matter in the Andromeda galaxy. *Physics Today*, v. 59, n. 12, p. 8-9, 2006. Disponível em: <http://www.ifsc.usp.br/~hoyos/courses/2016/FCM0102/Vera-Rubin-Dark-Matter.pf>. Acesso em: 27 jan. 2021.

XIMENES, Samuel Jorge Carvalho. *A Matéria Escura*. Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2016.

# Anexo A - gráficos

## Gráficos para serem apresentados na semana 2

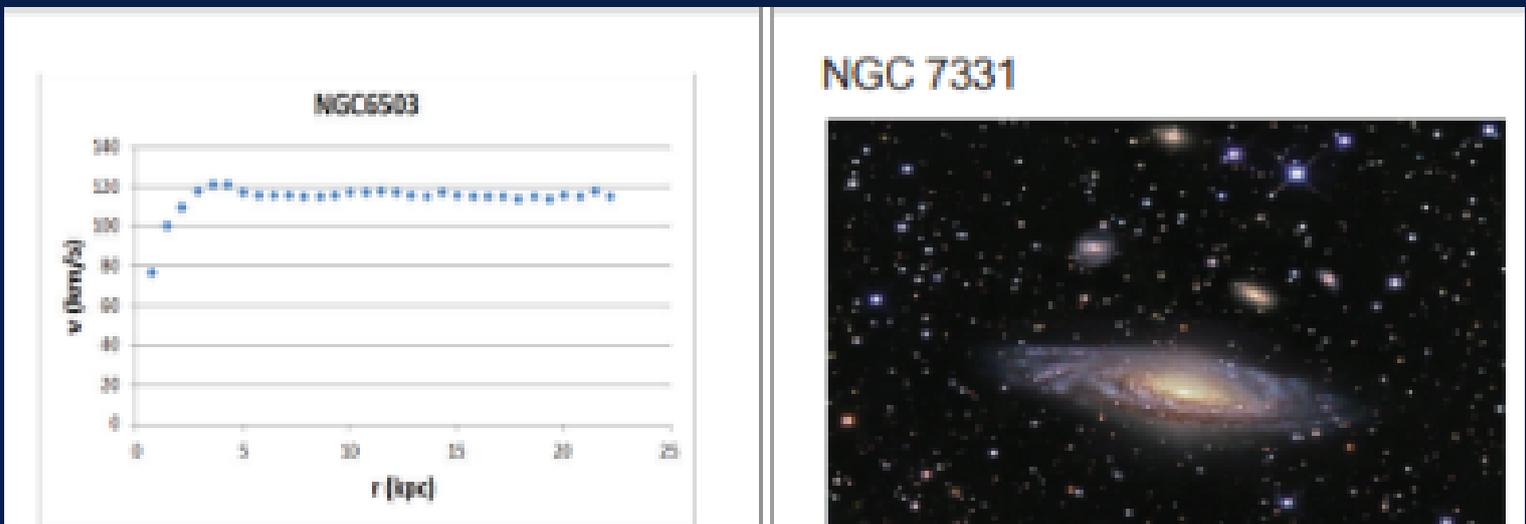
Gráfico a), CRC aplicada em observações dos planetas do sistema solar. Gráfico b), CRC aplicada em observações das sete primeiras luas de Júpiter. Linhas em vermelho, dados teóricos. Pontos em azul, pontos experimentais.



fonte: XIMENES (2016)

## Gráfico para ser apresentado na semana 3

Gráfico de velocidade (km/s) por raio (kpc) com relação as estrelas da galáxia NGC6503. Pontos azuis representam as velocidades médias de translação das estrelas desta galáxia.



fonte: XIMENES (2016)