

# BURACOS NEGROS

## E SUAS ATIVIDADES

um guia de referência rápida

Louise Martins  
Carlos Coimbra-Araújo  
Han Tran  
Pedro Russo  
Thomas Russel

# **BURACOS NEGROS**

Martins, Louise  
Buracos negros e suas atividades./Louise Martins, Carlos Coimbra-  
Araújo, Han Tran, Pedro Russo, Thomas Russel; -- Toledo: Jofel, 2019.  
39 p. : il.

ISBN: 978-65-900436-0-3

1. Cosmologia 2. Física 3. Buracos Negros I. Título

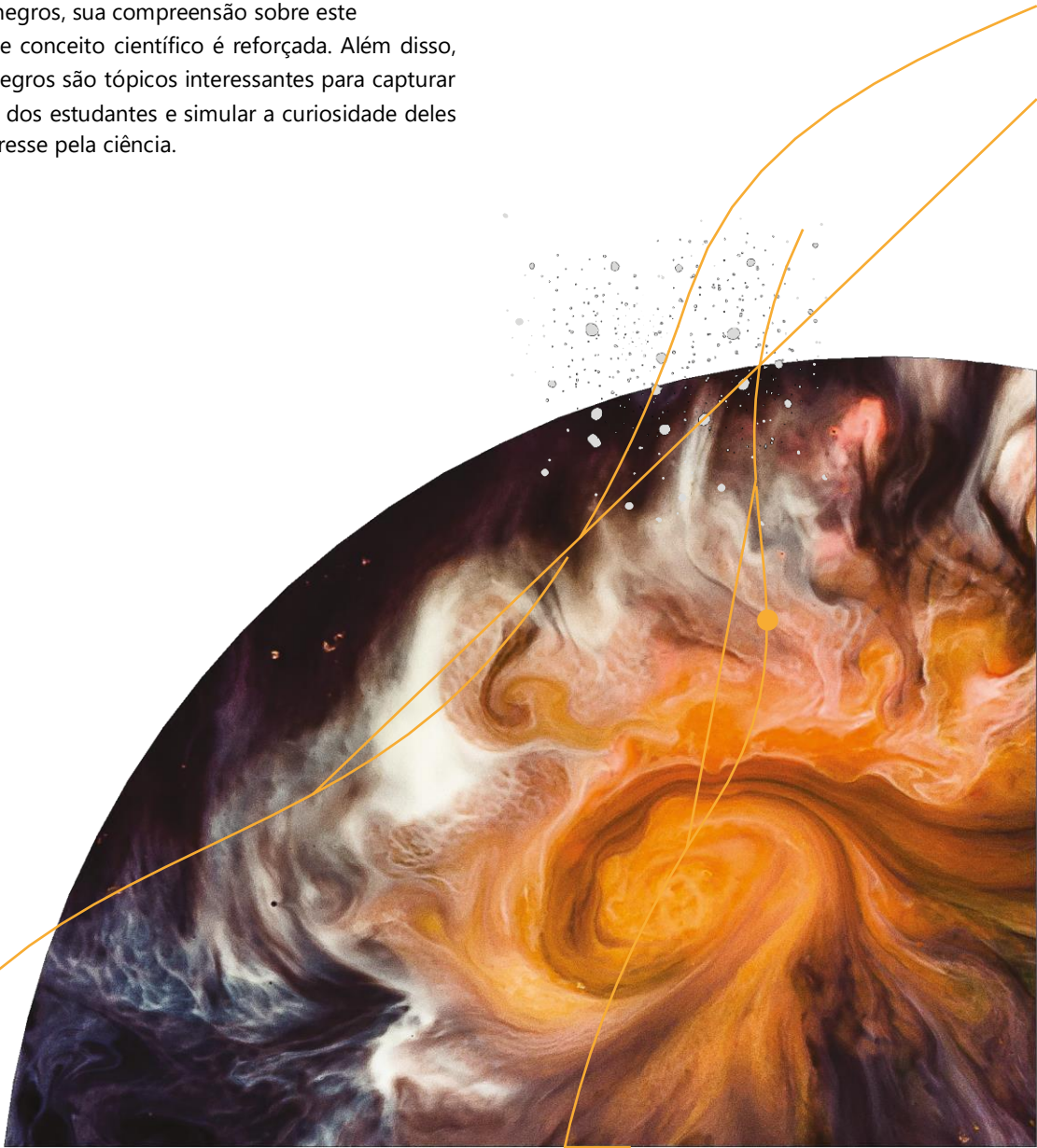
CDD -- 523.8875

# INTRODUÇÃO



Buracos negros são uns dos mais extraordinários objetos no Universo, eles são extremamente simples e incrivelmente exóticos. O buraco negro não tem uma superfície como os planetas ou estrelas possuem, em vez disso, é uma região do espaço onde a matéria entrou em colapso em si mesma de tal forma que a força da gravidade é tão forte que, uma vez capturada, nada -nem mesmo a luz- é capaz de escapar. Isso é notável quando você pensa o quão rápido a luz pode viajar (nada viaja mais rápido que a luz). Se nós pudéssemos nos mover na velocidade da luz nós poderíamos viajar ao redor da Terra 7,5 vezes em apenas um segundo. Alguns buracos negros são vistos como o resultado de uma estrela (muito grande) que está morrendo, várias centenas de vezes maiores que o nosso Sol. Após sua formação, o buraco negro pode continuar a crescer à medida que a gravidade atrai objetos aos seus arredores, como gás e poeira de outras estrelas e até mesmo de outros buracos negros. Buracos negros podem até ser supermassivos, com massa de mais de um milhão de Sóis. Estes buracos negros supermassivos existem no centro da maioria das galáxias. Um existe no centro da nossa própria galáxia, a Via Láctea.

Devido à sua enorme gravidade, buracos negros criam muitos efeitos interessantes. Alguns desses efeitos permitem cientistas observarem buracos negros indiretamente. Isto é importante porque a luz não pode escapar dos buracos negros, tornando-os invisíveis. Alguns desses efeitos também possuem implicações importantes para seus arredores, que pode influenciar como as estrelas se formam, galáxias evoluem, e até mesmo como a matéria é distribuída por todo o Universo. A extrema gravidade de um buraco negro também pode causar um fenômeno chamado "espaguetificação", que seria o infeliz destino de uma pessoa cair em um buraco negro. Porque a gravidade é o conceito principal para aprender sobre os buracos negros; à medida que os estudantes aprendem sobre os buracos negros, sua compreensão sobre este importante conceito científico é reforçada. Além disso, buracos negros são tópicos interessantes para capturar a atenção dos estudantes e simular a curiosidade deles e seu interesse pela ciência.



# SUMÁRIO



## 01

### FORMAÇÃO DE BURACOS NEGROS

- Morte de uma estrela e o nascimento de um buraco negro - | 06
- Modelo de balão coberto por folha de alumínio | 07
- Ciclo de vida de uma estrela - os cinco estágios | 07
- Colapso de uma estrela - Anãs brancas, estrelas de nêutrons, pulsares e buracos negros | 08
- Raridade dos buracos negros - produzindo estrelas | 09
- O colapso de uma estrela demonstrado com um balão congelado contraído | 10
- Explosão de supernova | 11
- Densidade, volume e tamanho - Fatores que determinam a formação de buracos negros | 12
- A morte de uma estrela e o nascimento de um buraco negro - Determinando o raio do horizonte de eventos de um buraco negro | 13

## 02

### GRAVIDADE, ESPAÇO-TEMPO E BURACOS NEGROS

- Com o que um buraco negro se parece? | 15
- Seria o buraco negro uma ameaça para a Terra? | 16
- Gravidade e o tecido do espaço-tempo | 17
- Modelo de um buraco negro | 18

## 03

### MODELOS DE UM BURACO NEGRO

- Um modelo de escala de um buraco negro no sistema binário Cygnus X-1 | 20
- Um modelo de escala mental do tamanho de um buraco negro e sua localização na galáxia Via Láctea | 21
- Modelo de papel da curvatura da luz de um buraco negro | 22

## 04

### ESPAGUETIFICAÇÃO

- Espaguetificação - O destino de tudo que cai dentro de um buraco negro | 24
- Espaguetificação de um astronauta | 25

## 05

### DETECÇÃO DE BURACOS NEGROS

- Detecção de buracos negros a partir do disco de acreção | 27
- Focando um buraco negro com base na órbita das estrelas | 28
- Órbita de estrelas ao redor de um buraco negro, ilustrado pela atração da orientação de uma bola solta para um ímã escondido | 29
- Gravação e interpretação de imagens distorcidas vistas pela deformação gravitacional | 30
- A gravidade de um buraco negro permite sua localização | 31
- Imagens da deformação gravitacional vista através da base de uma taça de vinho | 32

## 06

### ANÁLISE DE IMAGENS ASTRONÔMICAS PARA MEDIR O LIMITE DA MASSA DE BURACOS NEGROS

- Buracos negros: O implacável puxão gravitacional | 34
- Avaliando candidatos de buracos negros | 35
- Crédito de Imagem | 36



# 01

## FORMAÇÃO DE BURACOS NEGROS



# MORTE DE UMA ESTRELA E O NASCIMENTO DE UM BURACO NEGRO- MODELO DE BALÃO COBERTO POR FOLHA DE ALUMÍNIO



IDADE 6+



## OBJETIVOS DE APRENDIZADO

Entender como um buraco negro é formado através do colapso de uma estrela massiva.



## COMENTÁRIOS

- Boa introdução sobre o núcleo de uma estrela e como ela se colapsa para formar um buraco negro.
- Atividade claramente mostra como um buraco negro pode ser formado depois do colapso do núcleo, através da compressão da folha de alumínio em uma bola muito menor que a original.
- Boas explicações básicas sobre massa, volume e densidade.



## INSTRUÇÃO

<https://docs.ufpr.br/~carlos.coimbra/atividade1.html>



# CICLO DE VIDA DE UMA ESTRELA - OS CINCO ESTÁGIOS



IDADE 8+



## OBJETIVOS DE APRENDIZADO

Aprender sobre os estágios básicos na evolução de uma estrela.  
Aprender sobre os diferentes produtos finais para estrelas de baixa massa e alta massa.



## COMENTÁRIOS

Muitas vezes, o público pode não entender as ações cinestésicas que estão fazendo e não consegue visualizar o que está acontecendo com uma estrela. Portanto, para garantir a compreensão, é necessário que haja instruções e explicações muito claras para cada atividade cinestésica que representa cada estágio da vida de uma estrela.



## INSTRUÇÃO

<https://docs.ufpr.br/~carlos.coimbra/atividade2.html>



# COLAPSO DE UMA ESTRELA - ANÃS BRANCAS, ESTRELAS DE NÊUTRONS, PULSARES E BURACOS NEGROS



IDADE 8+



## OBJETIVOS DE APRENDIZADO

Entender como um colapso de estrelas de baixa massa e alta massa pode formar anãs brancas, estrelas de nêutrons e buracos negros.



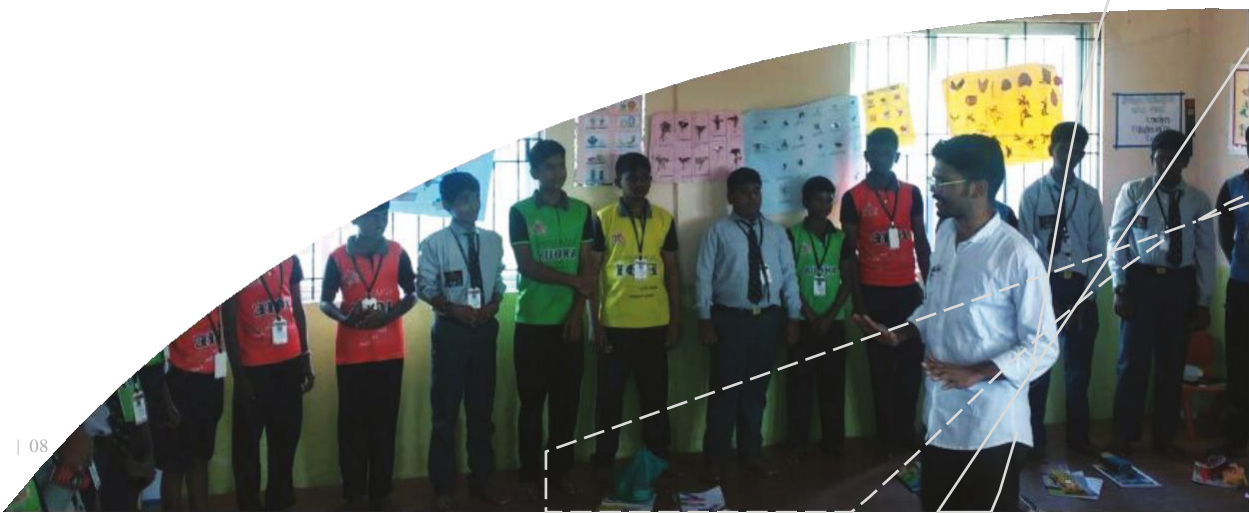
## COMENTÁRIOS

Muitas vezes, o público pode não entender as ações cinestésicas que estão fazendo e não consegue visualizar o que está acontecendo com uma estrela. Portanto, para garantir a compreensão, é necessário que haja instruções e explicações muito claras para cada atividade cinestésica que representa cada estágio da vida de uma estrela.



## INSTRUÇÃO

<https://docs.ufpr.br/~carlos.coimbra/atividade3.html>



# RARIDADE DOS BURACOS NEGROS - PRODUZINDO ESTRELAS



IDADE 10+



## OBJETIVOS DE APRENDIZAGEM

Esta atividade permite aos alunos recriar os ciclos de vida de diferentes tipos de estrelas, ilustrando a raridade de estrelas produtoras de buracos negros.



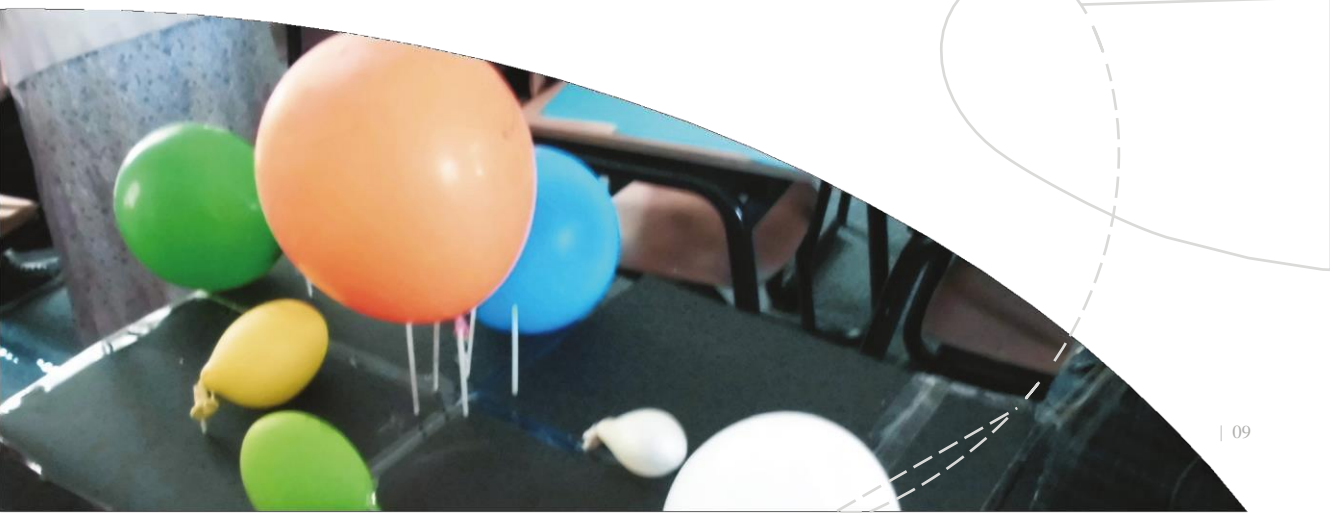
## COMENTÁRIOS

Atividade usa diferentes cores de balões para explicar claramente que as estrelas de diferentes massas (e calor) evoluirão de forma diferente ao longo do mesmo período de tempo.



## INSTRUÇÃO

<https://docs.ufpr.br/~carlos.coimbra/atividade4.html>



# O COLAPSO DE UMA ESTRELA DEMONSTRADO COM UM BALÃO CONGELADO CONTRAÍDO



IDADE 11+



## OBJETIVOS DE APRENDIZADO

Entender como um buraco negro pode ser formado.



## COMENTÁRIOS

- Visualize como a temperatura baixa do ar e a pressão resulta em um encolhimento, similar ao que acontece no colapso de uma estrela.
- Requer 30 min de tempo de espera e um freezer.



## INSTRUÇÃO

<https://docs.ufpr.br/~carlos.coimbra/atividade5.html>



# EXPLOÇÃO DE SUPERNOVA



IDADE 11+



## OBJETIVOS DE APRENDIZADO

Entender o ciclo de vida de uma estrela, a fusão nuclear dentro da estrela e o papel da massa da estrela para determinar seu destino no final de sua vida. Entender o que acontece durante o colapso do núcleo e como o Universo é preenchido de elementos químicos provindos das explosões de supernovas.



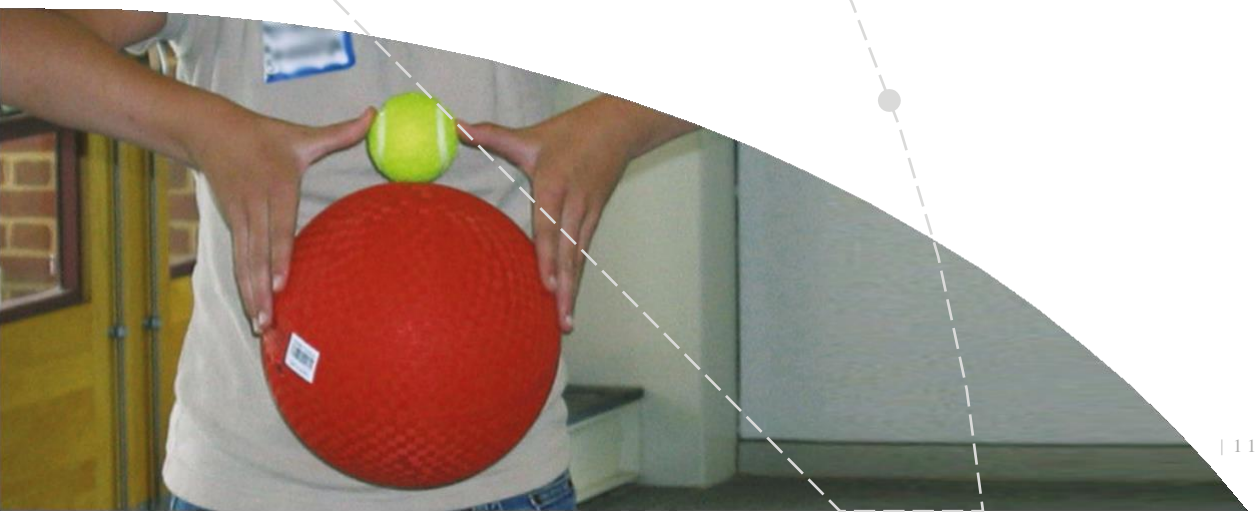
## COMENTÁRIOS

Esta é uma compilação de várias atividades detalhadas para explicar diferentes processos / fenômenos em uma explosão de supernova.



## INSTRUÇÃO

<https://docs.ufpr.br/~carlos.coimbra/atividade6.html>



# DENSIDADE, VOLUME E TAMANHO - FATORES QUE DETERMINAM A FORMAÇÃO DE BURACOS NEGROS



 IDADE 12+

## OBJETIVOS DE APRENDIZADO

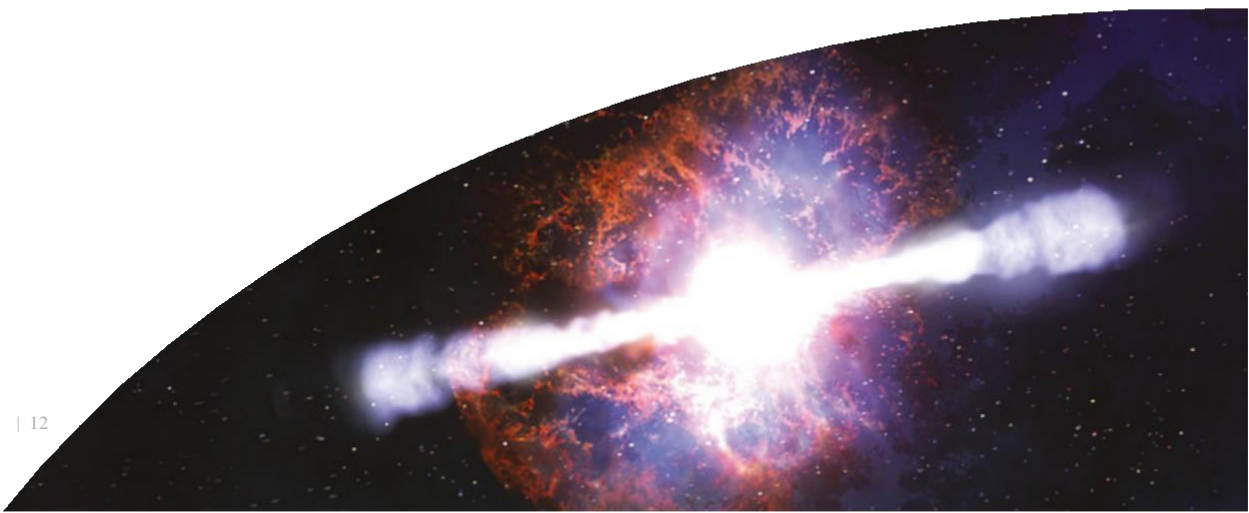
Os alunos conceituam o que acontece quando uma estrela entra em colapso em um buraco negro. Os alunos devem entender que a massa dentro de um buraco negro não é composta de matéria conhecida, como prótons, nêutrons e elétrons. Eles completarão exercícios envolvendo notação exponencial, circunferência, volume e densidade.

## COMENTÁRIOS

- Conceituar que quando algo fica menor, a massa não muda, portanto, a densidade aumenta.
- Boa atividade para alunos investigar tamanho, massa, densidade e como eles se relacionam com os buracos negros.
- Fornece um bom entendimento de como a massa de um buraco negro determina o raio do horizonte de eventos, onde os objetos são puxados sem conseguirem escapar.

## INSTRUÇÃO

<https://docs.ufpr.br/~carlos.coimbra/atividade7.html>



# A MORTE DE UMA ESTRELA E O NASCIMENTO DE UM BURACO NEGRO - DETERMINANDO O RAIOS DO HORIZONTE DE EVENTOS DE UM BURACO NEGRO



IDADE 15+



## OBJETIVOS DE APRENDIZADO

Alunos aprendem como um buraco negro é formado pela compreensão da implicação do aumento da densidade com a diminuição do tamanho. A partir dessa atividade, eles devem entender as principais características de um buraco negro e entender melhor a densidade, a massa e o volume.



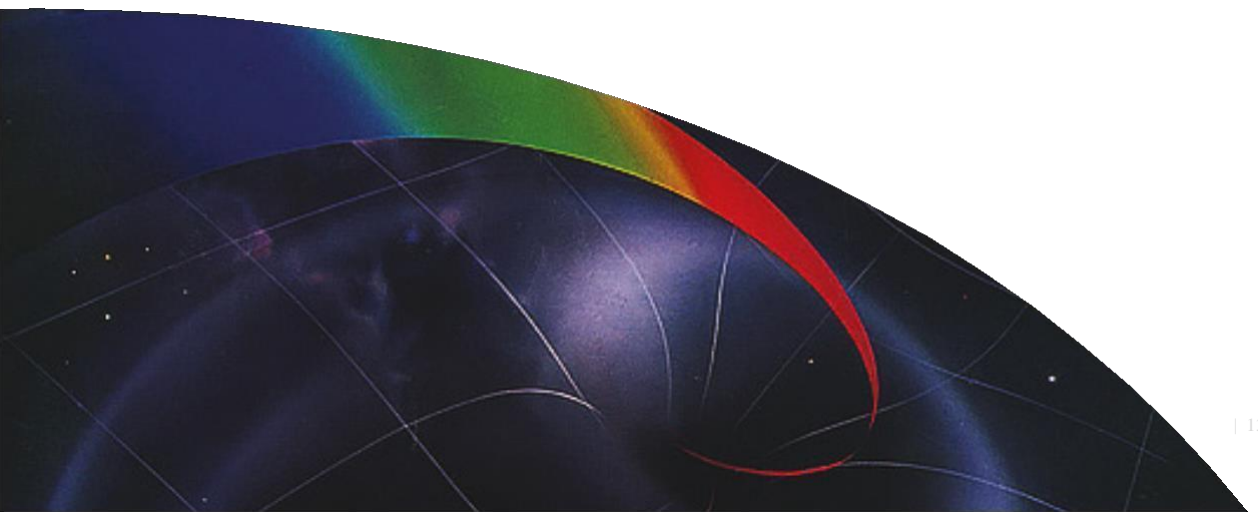
## COMENTÁRIOS

- A atividade relaciona buracos negros a conceitos com os quais os alunos estão mais familiarizados, como volume, densidade e tamanho.
- Atividade interessante, usando buracos negros como um tópico em aulas de matemática e física.



## INSTRUÇÃO

<https://docs.ufpr.br/~carlos.coimbra/atividade8.html>







# 02

## GRAVIDADE, ESPAÇO-TEMPO E BURACOS NEGROS

# COM O QUE UM BURACO NEGRO SE PARECE?



IDADE 6+



## OBJETIVOS DE APRENDIZADO

Construir um modelo comestível mostrando como o exterior de um buraco negro pode se parecer no espaço.



## COMENTÁRIOS

- Construir um modelo comestível é uma atividade divertida e saborosa para crianças pequenas.
- Tenha certeza de que as crianças entendam que o buraco negro em si é invisível no espaço. O que é observado através do telescópio, isto é, o que este modelo recria, é a região fora do buraco negro.



## INSTRUÇÃO

<https://docs.ufpr.br/~carlos.coimbra/atividade9.html>



# SERIA O BURACO NEGRO UMA AMEAÇA PARA A TERRA?



IDADE 6+



## OBJETIVOS DE APRENDIZADO

A atividade fornece respostas e ilustrações à pergunta:  
o que acontece com o espaço e o tempo perto de um buraco negro? O que aconteceria se o Sol se tornasse um buraco negro?



## COMENTÁRIOS

- A atividade é bem ordenada e capaz de explicar bem os conceitos do espaço-tempo e gravidade.
- Boa seção de discussão antes de iniciar a atividade.



## INSTRUÇÃO

<https://docs.ufpr.br/~carlos.coimbra/atividade10.html>



# GRAVIDADE E O TECIDO DO ESPAÇO-TEMPO



 IDADE 7+

## OBJETIVOS DE APRENDIZADO

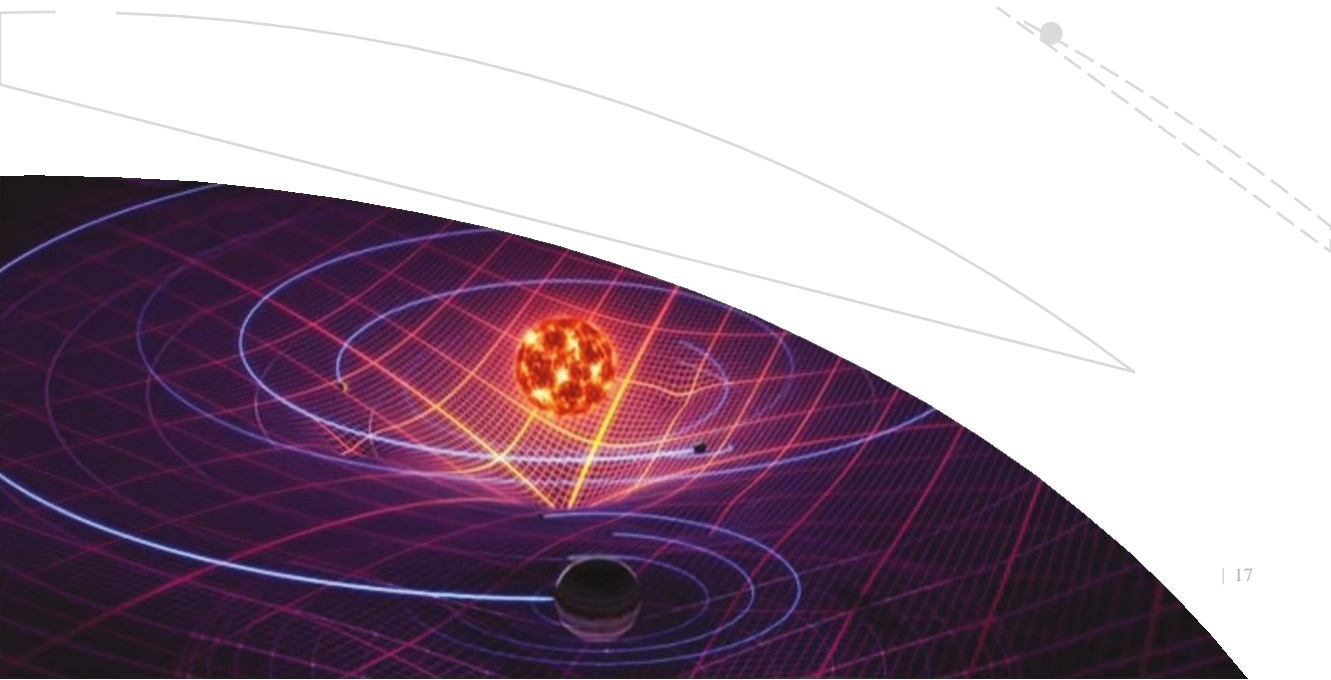
Entender o que a gravidade é e como ela funciona. Aprender sobre buracos negros usando o conhecimento de gravidade.

## COMENTÁRIOS

Uma série de pequenas atividades explicando a gravidade de maneiras diferentes, relacionando fenômenos astronômicos, incluindo buracos negros.

## INSTRUÇÃO

<https://docs.ufpr.br/~carlos.coimbra/atividade11.html>



# MODELO DE UM BURACO NEGRO



IDADE 8+

## OBJETIVOS DE APRENDIZADO

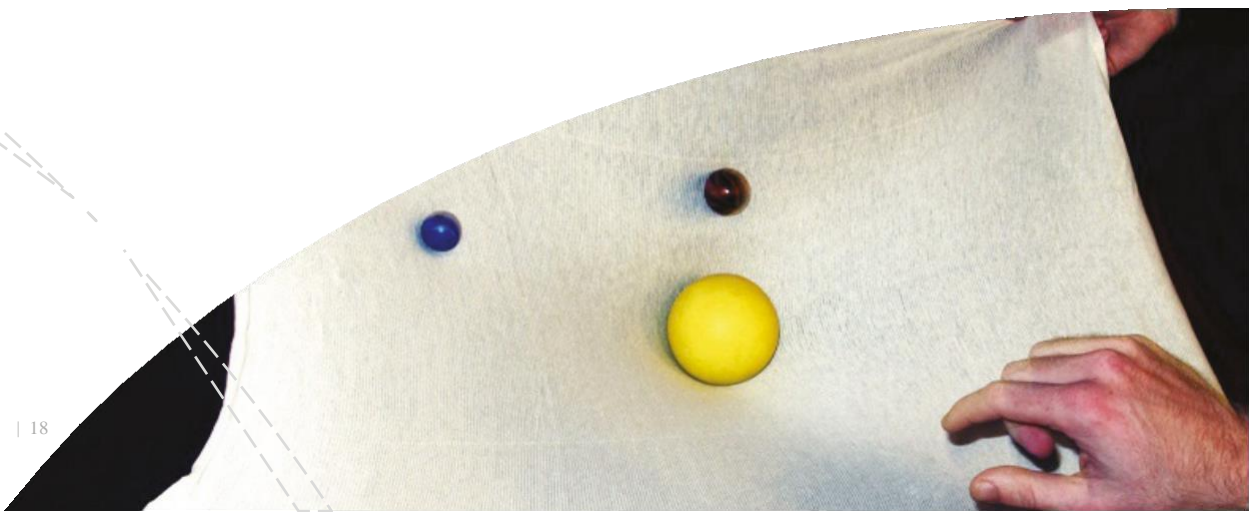
Apresentar aos alunos os importantes conceitos astronômicos de espaço-tempo, gravidade e buracos negros usando uma atividade prática interativa.

## COMENTÁRIOS

- Boa ilustração de como objetos massivos semelhantes a buracos negros deformam o espaço fazendo com que outros objetos caiam e não escapem.
- A informação de fundo inclui o conceito de espaço-tempo, mas não explica claramente o que significa dizer “a gravidade distorce o espaço-tempo”. Esse conceito pode ser confuso para o público mais jovem, então o espaço-tempo pode ser chamado de espaço.

## INSTRUÇÃO

<https://docs.ufpr.br/~carlos.coimbra/atividade12.html>





# 03

## MODELOS DE UM BURACO NEGRO

# UM MODELO DE ESCALA DE UM BURACO NEGRO NO SISTEMA BINÁRIO CYGNUS X-1



 IDADE 11+

## OBJETIVOS DE APRENDIZADO

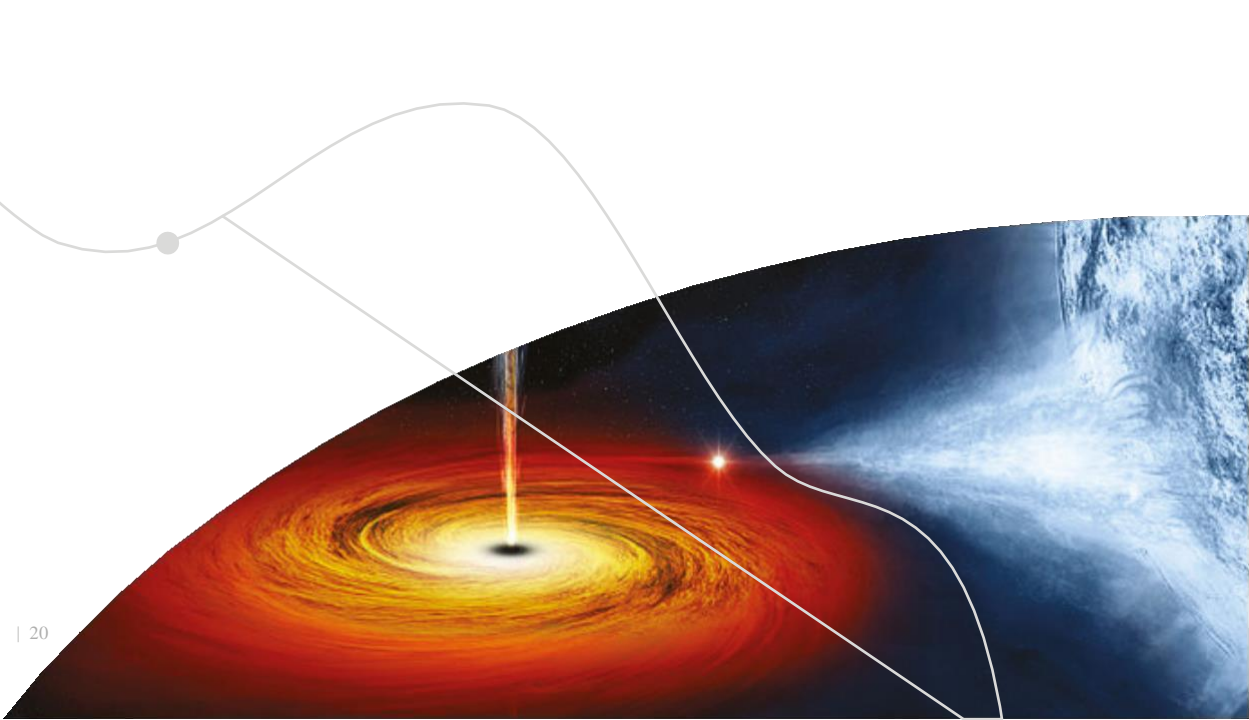
Apreciar o tamanho relativo das estrelas normais e dos buracos negros.

## COMENTÁRIOS

Esta atividade visualiza o tamanho do horizonte de eventos de buraco negro com comparações com alguns objetos comuns.

## INSTRUÇÃO

<https://docs.ufpr.br/~carlos.coimbra/atividade13.html>



# UM MODELO DE ESCALA MENTAL DO TAMANHO DE UM BURACO NEGRO E SUA LOCALIZAÇÃO NA GALÁXIA VIA LÁCTEA



 IDADE 11+

## OBJETIVOS DE APRENDIZADO

O modelo relaciona o tamanho e a escala de objetos astronômicos a objetos na terra ( por exemplo, uma bolacha, um estádio de futebol) para criar um contexto para entender o conceito de tamanho, escala e a localização dos buracos negros na galáxia Via Láctea.

## COMENTÁRIOS

Tenha certeza que o público saiba diferenciar galáxia, sistema solar e o Universo antes de construir o modelo em escala.

## INSTRUÇÃO

<https://docs.ufpr.br/~carlos.coimbra/atividade14.html>





# MODELO DE PAPEL DA CURVATURA DA LUZ DE UM BURACO NEGRO



IDADE 12+



## OBJETIVOS DE APRENDIZADO

Fazer um modelo de papel de buraco negro e demonstrar como a luz é dobrada por um buraco negro.



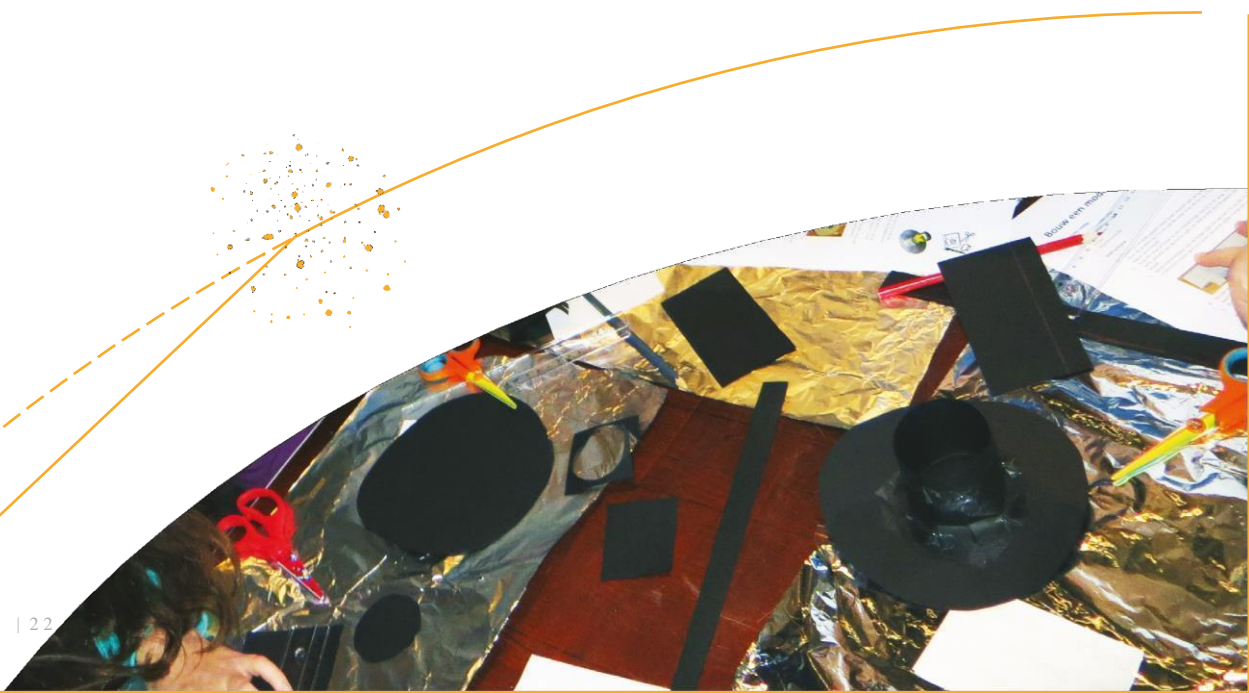
## COMENTÁRIOS

Uma ilustração poderosa de como linhas retas (como a luz) são dobradas nas proximidades de um buraco negro.



## INSTRUÇÃO

<https://docs.ufpr.br/~carlos.coimbra/atividade15.html>





04

ESPAGUETI  
FICAÇÃO

# ESPAGUETIFICAÇÃO – O DESTINO DE TUDO QUE CAI DENTRO DE UM BURACO NEGRO



IDADE 6+



## OBJETIVOS DE APRENDIZADO

Entender o efeito da gravidade extrema de um buraco negro de tal modo que um objeto pode ser esticado, ou seja, espaguetificado quando ele cai em um buraco negro.



## COMENTÁRIOS

Bom método de ilustrar o efeito da gravidade em causar o esticamento (espaguetificação) de um objeto.



## INSTRUÇÃO

<https://docs.ufpr.br/~carlos.coimbra/atividade16.html>



# ESPAGUETIFICAÇÃO DE UM ASTRONAUTA



IDADE 6+



## OBJETIVOS DE APRENDIZADO

Visualizar como um objeto é esticado durante a espaguetificação quando ele cai em um buraco negro.



## COMENTÁRIOS

Atividades simples a partir de uma animação em um bloco de folhas ( flip-book) para visualizar a espaguetificação.



## INSTRUÇÃO

<https://docs.ufpr.br/~carlos.coimbra/atividade17.html>





**05**

**DETECÇÃO DE  
BURACOS  
NEGROS**

# DETECÇÃO DE BURACOS NEGROS APARTIR DO DISCO DE ACREÇÃO



 IDADE 6+



## OBJETIVOS DE APRENDIZADO

Entender que um buraco negro pode formar um disco de acreção que emite luz, permitindo que seja detectado.



## COMENTÁRIOS

A atividade requer um espaço para que seja realizada com segurança no escuro.



## INSTRUÇÃO

<https://docs.ufpr.br/~carlos.coimbra/atividade18.html>



# FOCANDO UM BURACO NEGRO COM BASE NA ÓRBITA DAS ESTRELAS



 IDADE 6+



## OBJETIVOS DE APRENDIZADO

Ilustrar como localizar um buraco negro a partir da órbita de estrelas próximas. Estas podem parecer orbitar em torno do nada, mas na verdade há um buraco negro oculto que faz com que as estrelas mantenham essa órbita.



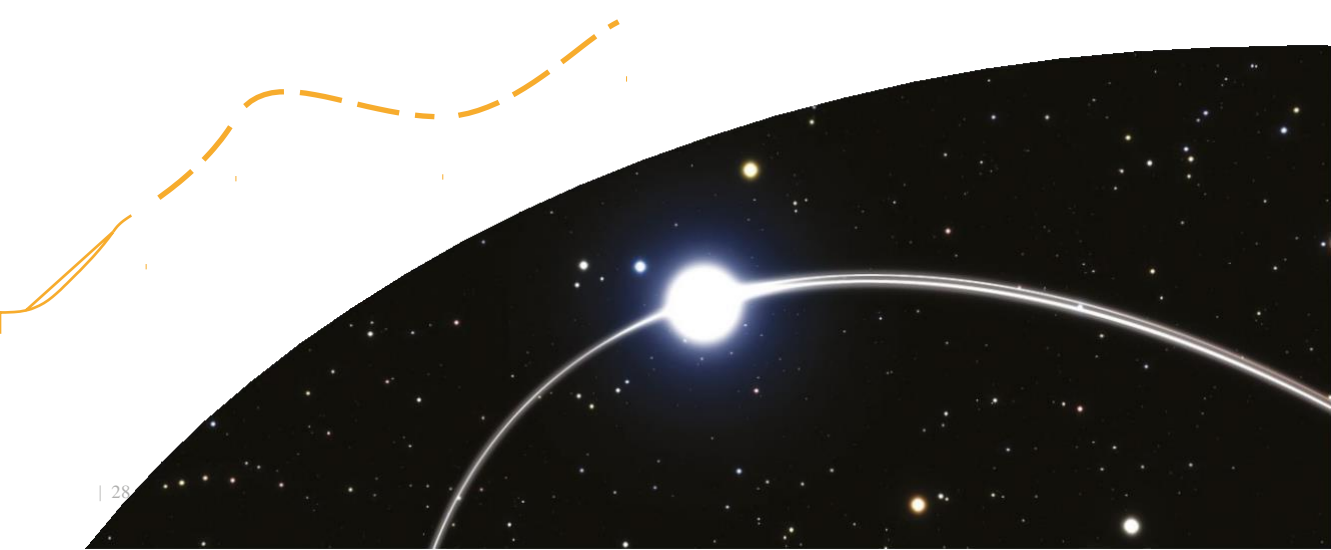
## COMENTÁRIOS

A atividade requer um espaço livre para que ocorra no escuro com segurança. Alternativamente, a camisa de cor branca ou brilhante pode ser usada para representar as estrelas em vez do bastão luminoso se o quarto escuro não estiver disponível.



## INSTRUÇÃO

<https://docs.ufpr.br/~carlos.coimbra/atividade19.html>



# ÓRBITA DE ESTRELAS AO REDOR DE UM BURACO NEGRO, ILUSTRADO PELA ATRAÇÃO DE UMA BOLA SOLTA PARA UM ÍMÃ ESCONDIDO



IDADE 6+



## OBJETIVOS DE APRENDIZADO

Usando ímãs e esferas de metal para entender o efeito dos buracos negros nas estrelas próximas.



## COMENTÁRIOS

Atividade simples e direta para mostrar como as estrelas orbitam são capturadas ou desviadas por um buraco negro.



## INSTRUÇÃO

<https://docs.ufpr.br/~carlos.coimbra/atividade20.html>





# GRAVAÇÃO E INTERPRETAÇÃO DE IMAGENS DISTORCIDAS VISTAS PELA DEFORMAÇÃO GRAVITACIONAL



IDADE 8+



## OBJETIVOS DE APRENDIZADO

Entender como as imagens aparecem depois de serem gravitacionalmente distorcidas ( como visto através de um vidro curvo) e como os astrônomos usam as imagens distorcidas para reconstruir a imagem original.



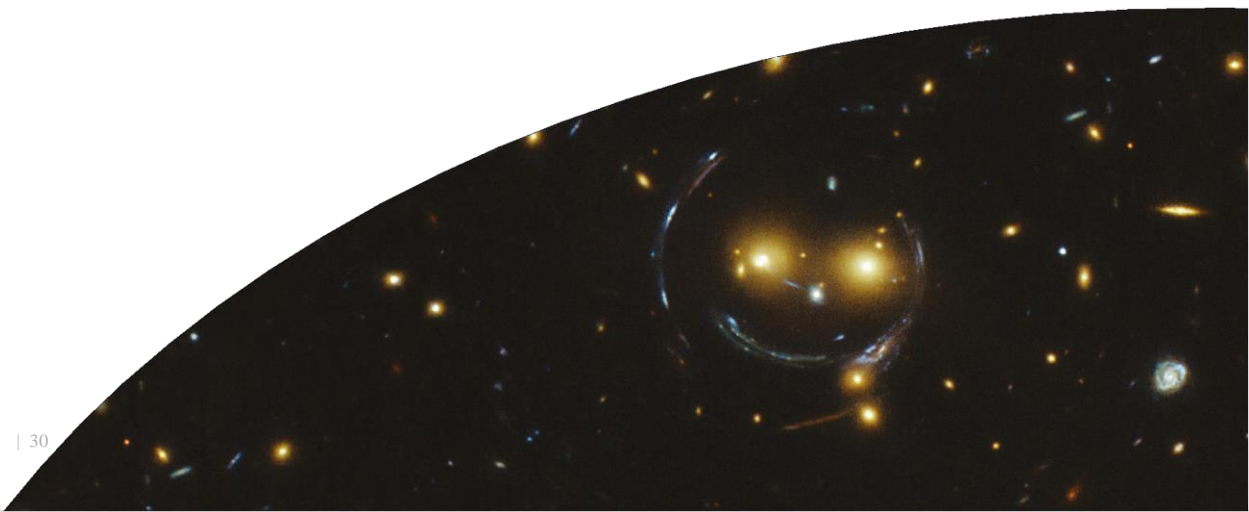
## COMENTÁRIOS

Essa atividade permite que os alunos percebam por si mesmos o fenômeno das lentes gravitacionais.



## INSTRUÇÃO

<https://docs.ufpr.br/~carlos.coimbra/atividade21.html>



# A GRAVIDADE DE UM BURACO NEGRO PERMITE SUA LOCALIZAÇÃO



IDADE 11+



## OBJETIVOS DE APRENDIZADO

Entender que a gravidade de um buraco negro pode permitir que ele seja detectado.



## COMENTÁRIOS

- O princípio por trás das lentes gravitacionais é ilustrado; quando a luz passa perto de um buraco negro, ela é desviada.
- Desenvolver habilidades de observação e pensamento analíticos.



## INSTRUÇÃO

<https://docs.ufpr.br/~carlos.coimbra/atividade22.html>



# IMAGENS DA DEFORMAÇÃO GRAVITACIONAL VISTA ATRAVÉS DA BASE DE UMA TAÇA DE VINHO



IDADE 11+



## OBJETIVOS DE APRENDIZADO

Familiarizar-se com a forma como a luz e as imagens são distorcidas através de lentes gravitacionais por um buraco negro.



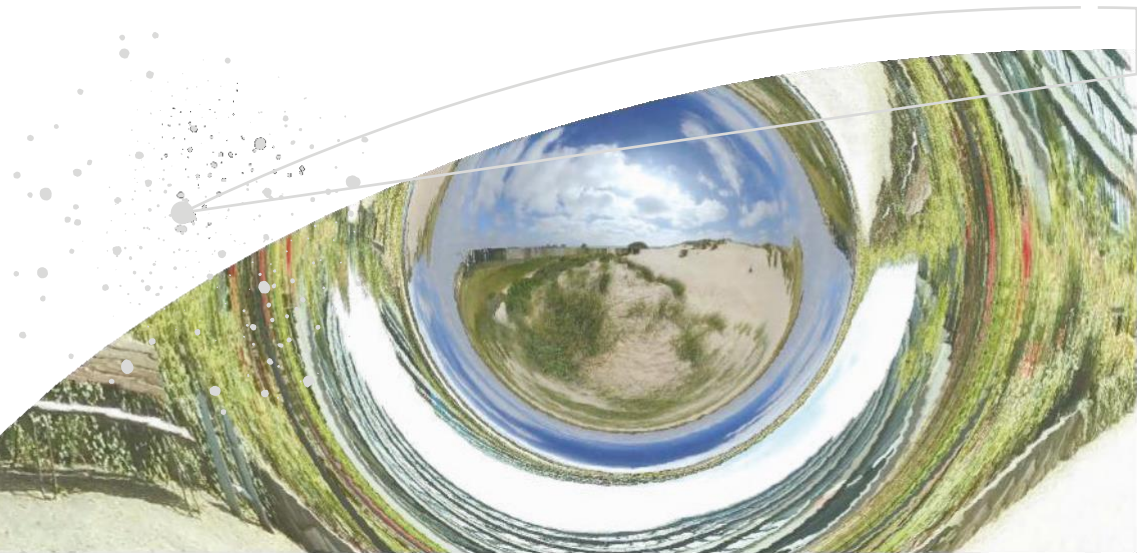
## COMENTÁRIOS

Esta atividade requer que a base de um copo de vinho seja cortada. No entanto, uma atividade similar pode ser realizada observando-se pela base sem separá-la do vidro.



## INSTRUÇÃO

<https://docs.ufpr.br/~carlos.coimbra/atividade23.html>





# 06

**ANÁLISE DE  
IMAGENS  
ASTRONÔMICAS  
PARA MEDIR O  
LIMITE DA MASSA  
DE BURACOS  
NEGROS**

# BURACOS NEGROS: O IMPLACÁVEL PUXÃO GRAVITACIONAL



IDADE 10+



## OBJETIVOS DE APRENDIZADO

Apresentar um recurso multimídia interativo online com atividades de localização de buracos negros na Via Láctea e de determinação da massa do buraco negro em órbitas de estrelas, etc.



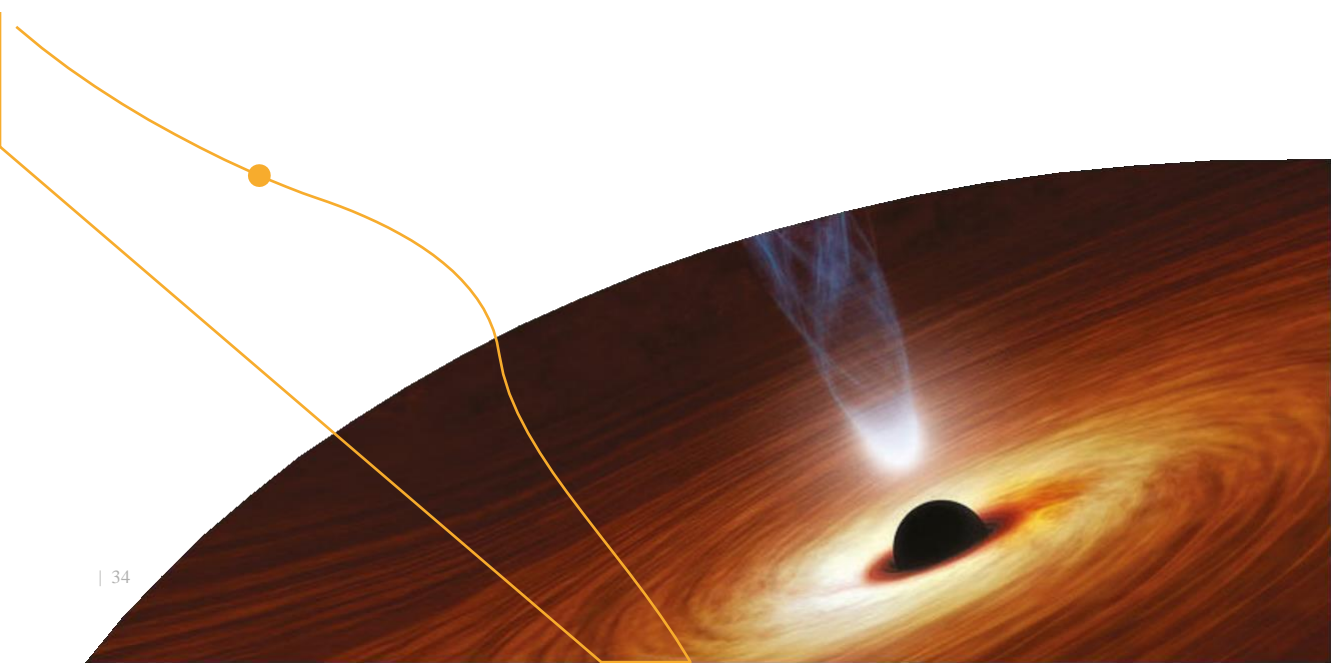
## COMENTÁRIOS

Uma conexão de internet rápida é necessária.



## INSTRUÇÃO

<https://docs.ufpr.br/~carlos.coimbra/atividade24.html>



# AVALIANDO CANDIDATOS A BURACOS NEGROS



IDADE 15+



## OBJETIVOS DE APRENDIZADO

Os estudantes exploram massas estelares candidatas a buracos negros da mesma forma como os cientistas e conduzem seu próprio projeto de pesquisa observando com telescópios robóticos de qualidade.



## COMENTÁRIOS

Atividade avançada que permite aos estudantes interpretar como um pesquisador.



## INSTRUÇÃO

<https://docs.ufpr.br/~carlos.coimbra/atividade25.html>



# CRÉDITO DE IMAGEM

## P. PHOTO

---

- 00 ESO/M. Kornmesse r, eso.org
- 01 NASA, unsplash.co m
- 02 Joel Filipe, unsplash.co m
- 03 NASA, unsplash.co m
- 05 Bryan Goff, unsplash.co m
- 06 Yuelanliu, pixabay.co m
- 07 UNawe, flickr.co m
- 08 UNawe, flickr.co m
- 09 UNawe, flickr.co m
- 10 Pxhere.co m
- 11 NASA, imagine.gsfc.nasa.gov
- 12 NASA/GSFC/Dana Berry, wikimedia.org
- 13 Helmut Karl Wimmer, wikimedia.org
- 14 Jeremy Thomas, unsplash.co m
- 15 Garyperlman, wikimedia.org
- 16 Martin, flickr.co m
- 17 Roma, fenixclub.co m
- 18 AstroEdu, astroedu.iau.org
- 19 Jason Blackeye, unsplash.co m
- 20 NASA/CXC/M.Weiss, wikimedia.org
- 21 Thomson200, wikimedia.org
- 22 UNawe, flickr.co m
- 23 NASA, unsplash.co m
- 24 Airman 1st Class Donald Hudson, yokota.af.mil
- 25 UNawe, flickr.co m
- 26 Bryan Goff, unsplash.co m

## P. PHOTO

---

- 27 UNawe, flickr.co m
- 28 European Southern Observatory
- 29 UNawe, flickr.co m
- 30 NASA Jet Propulsion Laboratory
- 31 UNawe, flickr.co m
- 32 Corvin Zahn, spacetime.ravel.org
- 33 Max McKinnon, unsplash.co m
- 34 NASA/JPL-Caltech, wikimedia.org
- 35 UNawe, flickr.co m
- 36 Benjamin Davies, unsplash.co m

## EDITORES

Louise Martins e Carlos Coimbra-Araújo, Universidade Federal do Paraná  
Han Tran e Pedro Russo, Leiden University  
Thomas Russell, University of Amsterdam

## DESIGNER

Aneta Margraf-Druć

[www.iau.org/astroedu](http://www.iau.org/astroedu)

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

This guide is licensed under Creative Commons  
— Attribution 3.0 — CC BY 3.0.



Netherlands Organisation  
for Scientific Research



UNIVERSITY  
OF AMSTERDAM



ASTROEDU  
Peer-reviewed Astronomy Education Activities