

A LIGA DA MATÉRIA

OS SUPER HÁDRONS DESVENDAM
A FÍSICA DE PARTÍCULAS



CONSELHO EDITORIAL DA EDITORA LIVRARIA DA FÍSICA

AMÍLCAR PINTO MARTINS - UNIVERSIDADE ABERTA DE PORTUGAL

ARTHUR BELFORD POWELL - RUTGERS UNIVERSITY, NEWARK, USA

CARLOS ALDEMIR FARIAS DA SILVA - UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ

EMMÁNUEL LIZCANO FERNANDES - UNED, MADRI

IRAN ABREU MENDES - UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ

JOSÉ D'ASSUNÇÃO BARROS - UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO

LUIS RADFORD - UNIVERSIDADE LAURENTIENNE, CANADÁ

MANOEL DE CAMPOS ALMEIDA - PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ

MARIA APARECIDA VIGGIANI BICUDO - UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP/
RIO CLARO

MARIA DA CONCEIÇÃO XAVIER DE ALMEIDA - UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO
GRANDE DO NORTE

MARIA DO SOCORRO DE SOUSA - UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ

MARIA LUISA OLIVERAS - UNIVERSIDADE DE GRANADA, ESPANHA

MARIA MARLY DE OLIVEIRA - UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO

RAQUEL GONÇALVES-MAIA - UNIVERSIDADE DE LISBOA

TERESA VERGANI - UNIVERSIDADE ABERTA DE PORTUGAL

LIBIRATAN D'AMBROSIO - UNIVERSIDADE ANHANGUERA, SÃO PAULO

FLÁVIO BORGES

A LIGA DA MATÉRIA

OS SUPER HÁDRONS DESVENDAM
A FÍSICA DE PARTÍCULAS



2022

Copyright © 2022 Editora Livraria da Física
1ª Edição

Direção editorial: José Roberto Marinho

Edição revisada segundo o Novo Acordo Ortográfico da Língua Portuguesa

Dados Internacionais de Catalogação na publicação (CIP)
(Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)

Borges, Flávio

A liga da matéria: os super hádrons desvendam a física de partículas / Flávio Borges; ilustração
Fábio Henrique Chibilski. – 1. ed. – São Paulo: Livraria da Física, 2022.

ISBN 978-65-5563-225-5

1. Física - Estudo e ensino 2. Histórias em quadrinhos I. Chibilski, Fábio Henrique. II. Título.

22-115938

CDD-741.5

Índices para catálogo sistemático:

1. Histórias em quadrinhos 741.5

Aline Grazielle Benitez - Bibliotecária - CRB-1/3129

Todos os direitos reservados. Nenhuma parte desta obra poderá ser reproduzida
sejam quais forem os meios empregados sem a permissão da Editora.

Aos infratores aplicam-se as sanções previstas nos artigos 102, 104, 106 e 107
da Lei N° 9.610, de 19 de fevereiro de 1998



Editora Livraria da Física
www.livrariadafisica.com.br

PREFÁCIO

É COM IMENSO PRAZER QUE FUI CONVIDADO PARA ESCREVER ESTE PREFÁCIO.

ESTE LIVRO CONTA ATRAVÉS DOS TEXTOS DO PROF. FLÁVIO BORGES E DOS QUADROS DO ILUSTRADOR FÁBIO CHIBILSKI, AS AVENTURAS DA LIGA DA MATÉRIA, FORMADA PELOS SUPER HÁDRONS: O SUPER BÁRION E O SUPER MÉSON, QUE EM COMPANHIA DO SUPER LÉPTON E A SUA IRMÃ PÓSITRON, PARTICIPAM DE AVENTURAS NO UNIVERSO DA FÍSICA.

NO PRIMEIRO LIVRO DA SÉRIE, OS SUPER HÁDRONS DESVENDAM OS MISTÉRIOS DA FÍSICA QUÂNTICA, UM TEMA BEM PERTINENTE PARA O DESENVOLVIMENTO DA TECNOLOGIA CONTEMPORÂNEA, COMO OS COMPUTADORES QUÂNTICOS; NO SEGUNDO VOLUME, O ESQUADRÃO DE HERÓIS DESVENDA OS SEGREDOS DA RELATIVIDADE, TRATANDO DE TEMAS COMO A RELATIVIDADE GERAL, VISITANDO AS TEORIAS DESENVOLVIDAS POR EINSTEIN. TEORIAS ESTAS QUE SÃO COMPROVADAS A CADA NOVA DESCOBERTA RECENTE, COMO O EFEITO DAS LENTES GRAVITACIONAIS, COMPROVADAS DURANTE O ECLIPSE SOLAR OBSERVADO EM 1919 NA CIDADE DE SOBRAL, INTERIOR DO CEARÁ, BRASIL E AS ONDAS GRAVITACIONAIS, PREVISTAS POR EINSTEIN E DETECTADAS PELA PRIMEIRA VEZ EM 2015.

NO PRESENTE LIVRO, TEMOS UMA NOVA AVENTURA DOS SUPER HÁDRONS, QUE RETORNAM EM BUSCA DE DESVENDAR OS SEGREDOS DA FÍSICA DE PARTÍCULAS.

CONHECEREMOS O FUNCIONAMENTO DE ACELERADORES DE PARTÍCULAS, COMO O GRANDE COLISOR DE HÁDRONS (NO INGLÊS, LARGE HADRONS COLLIDER OU LHC), QUE FOI INAUGURADO EM 2008 E FICA LOCALIZADO NA CIDADE DE GENEVRA, NA FRONTEIRA ENTRE SUÍÇA E FRANÇA. SEU ANEL ACELERADOR FICA A MAIS DE 100 M ABAIXO DO NÍVEL DO SOLO E SE ESTENDE EM UMA CIRCUNFERÊNCIA DE APROXIMADAMENTE 27 KM DE EXTENSÃO E 7 M DE DIÂMETRO. SEU OBJETIVO É OBTER INFORMAÇÕES SOBRE O UNIVERSO EM SEU INÍCIO. PARA ISSO, O LHC ACELERA, A VELOCIDADES PRÓXIMAS À DA LUZ, DOIS CONJUNTOS DE PRÓTONS EM DIREÇÕES CONTRÁRIAS E OS FAZ COLIDIR, GERANDO UM GRANDE NÚMERO DE FRAGMENTOS OU SUBPARTÍCULAS, COMO OS QUARKS. O LHC CONTA COM VÁRIOS DETECTORES QUE ESTUDAM AS

SUBPARTÍCULAS GERADAS DURANTE AS COLISÕES. FOI DESTES EXPERIMENTOS, QUE EM 2012 FOI DESCOBERTO O BÓSON DE HIGGS, DENOMINADA ERRONEAMENTE PELA IMPRENSA NÃO ESPECIALIZADA COMO A "PARTÍCULA DE DEUS". O BÓSON DE HIGGS, PREVISTO POR PETER HIGGS EM 1964, É UMA PARTÍCULA MEDIADORA DE MASSA, OU SEJA, QUE ATRIBUI MASSA ÀS PARTÍCULAS SUBATÔMICAS. ESSA É MAIS UMA PARTÍCULA QUE SE ACRESCENTA AO GRUPO, CONHECIDO COMO MODELO PADRÃO DA FÍSICA DE PARTÍCULAS.

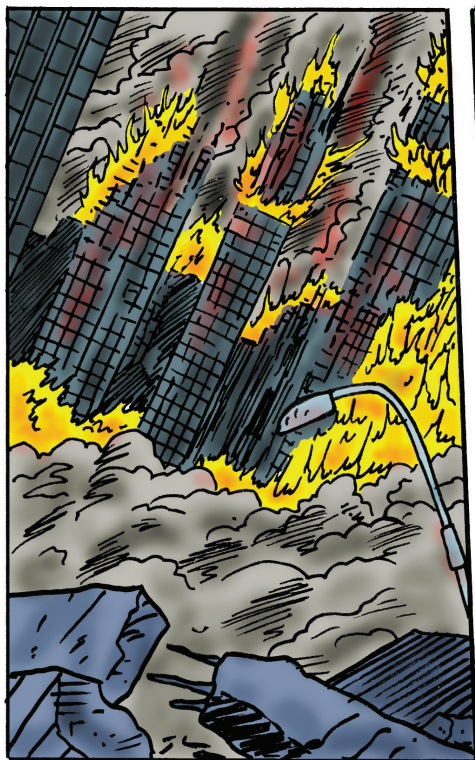
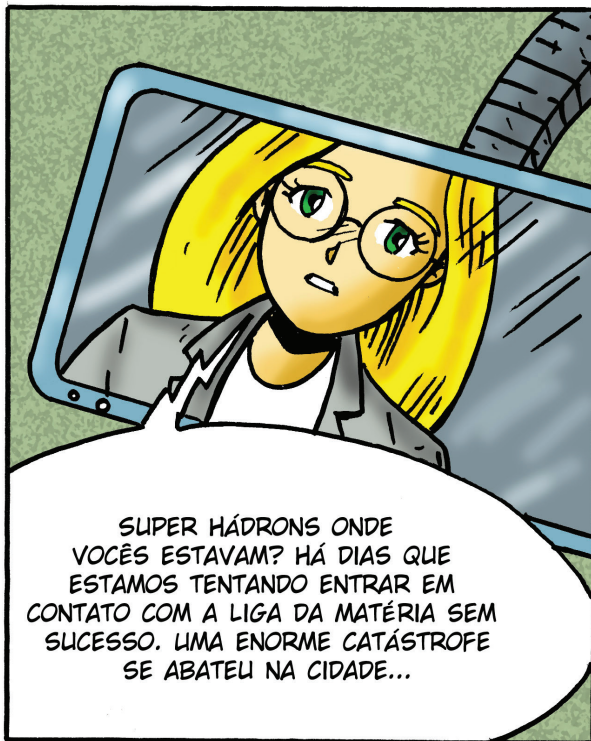
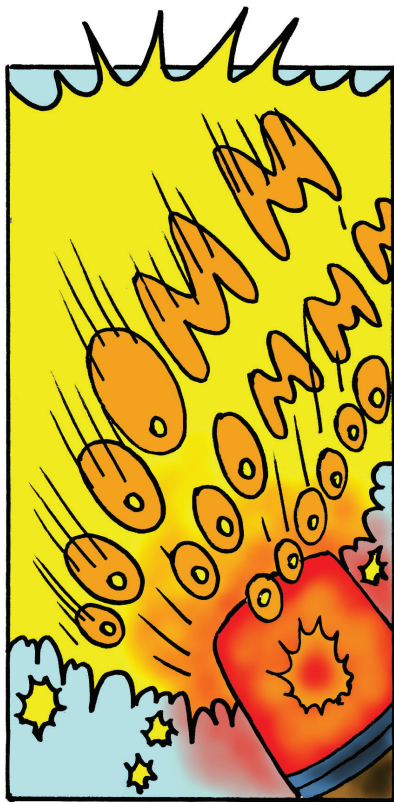
TAMBÉM HOUE MUITA DESINFORMAÇÃO NA ÉPOCA DO INÍCIO DOS EXPERIMENTOS DO LHC, ONDE SE PENSAVA QUE OS EXPERIMENTOS LEVARIAM À CRIAÇÃO DE MINÚSCULOS BURACOS NEGROS. COMO DIZ A FRASE: "AS COISAS NÃO DEVEM SER TEMIDAS E SIM, COMPREENDIDAS", ATRIBUÍDAS À MARIE CURIE, O LHC VEM CONTRIBUINDO PARA O AVANÇO DA CIÊNCIA.

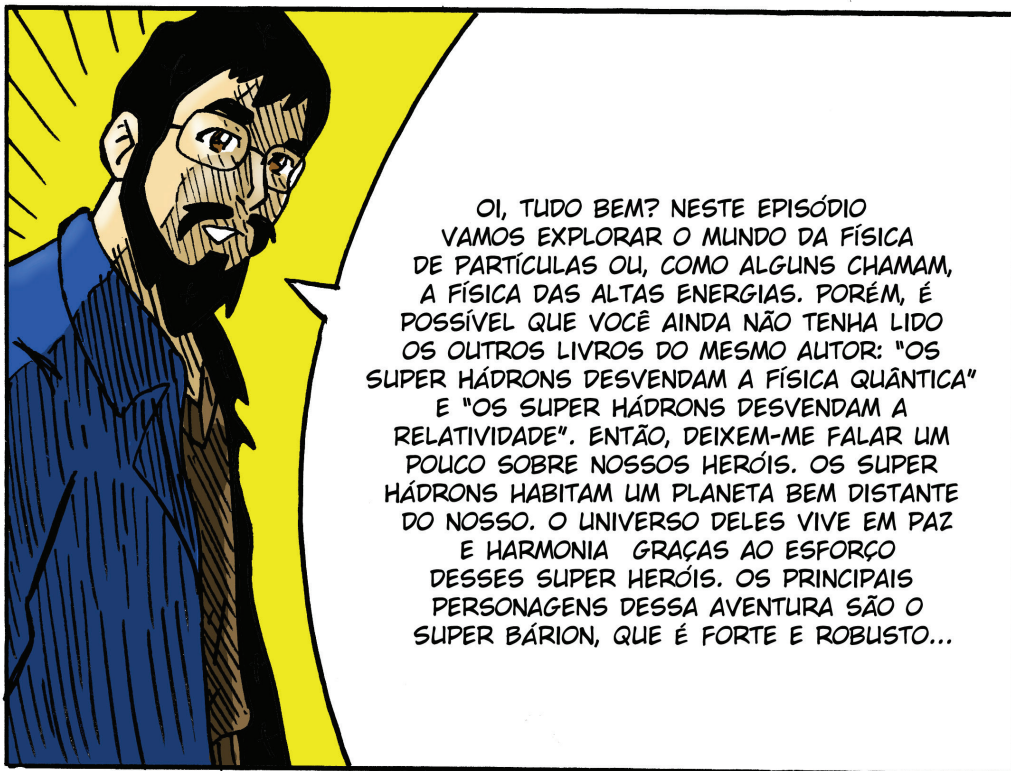
CONTRIBUINDO TAMBÉM PARA O DESPERTAR CIENTÍFICO DOS JOVENS E PARA A DIVULGAÇÃO DE INFORMAÇÕES CIENTÍFICAS DE QUALIDADE, TEMOS ESTE LIVRO QUE ESTÁ DIANTE DO LEITOR. NELE OS AUTORES TRATAM POR MEIO DA NARRATIVA E DOS QUADRINHOS, DO MODELO PADRÃO DA FÍSICA DE PARTÍCULAS, QUE DESCREVE AS FORÇAS FUNDAMENTAIS DA NATUREZA (FORÇA FORTE, FORÇA FRACA, ELETROMAGNETISMO E GRAVIDADE) E AS PARTÍCULAS ELEMENTARES DO UNIVERSO. CONSIDERANDO AS PARTÍCULAS DETECTADAS ATÉ AGORA EM ACELERADORES DE PARTÍCULAS, COMO O LHC, TEMOS QUARKS, LÉPTONS, BÓSONS, ETC. ESTAS PARTÍCULAS COMPÕEM A MATÉRIA DITA "NORMAL", PRESENTE NO NOSSO DIA A DIA, FORMADAS POR ÁTOMOS, O QUE CORRESPONDE A 5% DO UNIVERSO CONHECIDO. ESTUDOS ESTÃO SENDO REALIZADOS PARA DESCOBRIR MAIS SOBRE OS OUTROS 95% RESTANTE DO UNIVERSO, QUE É COMPOSTO PELA MATÉRIA ESCURA (27%) E PELA ENERGIA ESCURA (68%). MAS ESTE É ASSUNTO PARA UMA PRÓXIMA AVENTURA DOS SUPER HÁDRONS.

FIQUE AGORA COM OS SUPER HÁDRONS DESVENDAM A FÍSICA DE PARTÍCULAS.

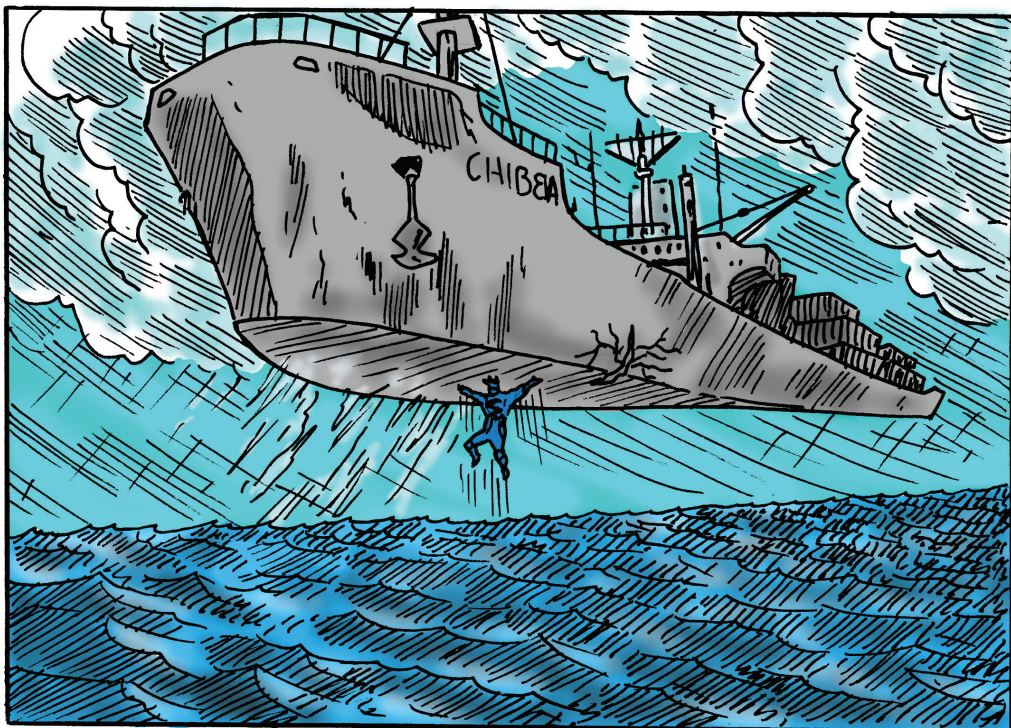
PROF DR. EDER CARLOS FERREIRA DE SOUZA







OI, TUDO BEM? NESTE EPISÓDIO VAMOS EXPLORAR O MUNDO DA FÍSICA DE PARTÍCULAS OU, COMO ALGUNS CHAMAM, A FÍSICA DAS ALTAS ENERGIAS. PORÉM, É POSSÍVEL QUE VOCÊ AINDA NÃO TENHA LIDO OS OUTROS LIVROS DO MESMO AUTOR: "OS SUPER HÁDRONS DESVENDAM A FÍSICA QUÂNTICA" E "OS SUPER HÁDRONS DESVENDAM A RELATIVIDADE". ENTÃO, DEIXEM-ME FALAR UM POUCO SOBRE NOSSOS HERÓIS. OS SUPER HÁDRONS HABITAM UM PLANETA BEM DISTANTE DO NOSSO. O UNIVERSO DELES VIVE EM PAZ E HARMONIA GRAÇAS AO ESFORÇO DESSES SUPER HERÓIS. OS PRINCIPAIS PERSONAGENS DESSA AVENTURA SÃO O SUPER BÁRION, QUE É FORTE E ROBUSTO...



E O SUPER MÉSON, QUE TEM O PODER DE APARECER E DESAPARECER E, AINDA DE BÔNUS, POSSUI UM JATO DE COLA SUPER FORTE.



AH! NÃO VAMOS NOS ESQUECER DO SUPER LÉPTON, QUE, EMBORA NÃO FAÇA PARTE DOS HÁDRONS, É MUITO VELOZ E PRODUZ DESCARGAS ELÉTRICAS.



E A PÓSITRON, QUE É A IRMÃ GÊMEA DO SUPER LÉPTON, É A GAROTA MAIS INTELIGENTE QUE CONHECEMOS, PORÉM PERTENCE AO MUNDO DAS ANTIMATÉRIAS.



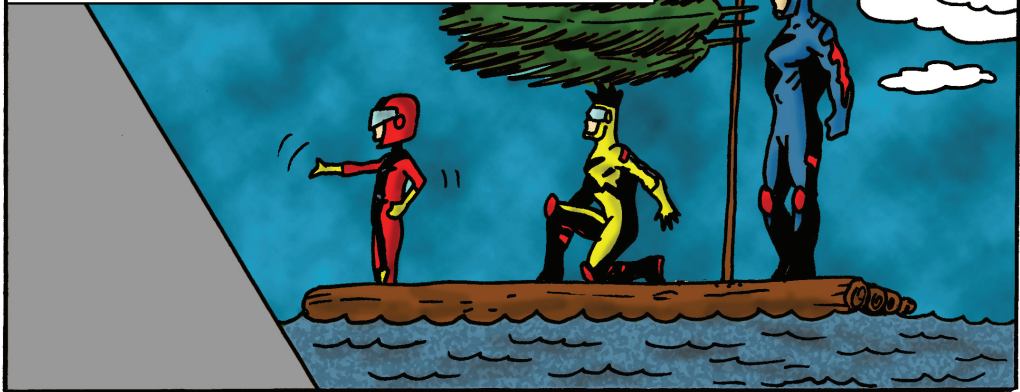
COISAS ESTRANHAS TÊM ACONTECIDO NO MUNDO PACATO DOS SUPER HÁDRONS ultimamente. PRIMEIRO, UM GRANDE BURACO, ENTRE DUAS DIMENSÕES PARALELAS, APARECEU DO NADA. DEPOIS, A PÓSITRON ACABA SUMINDO AO DECIDIR INVESTIGAR O DESAPARECIMENTO DE SEU IRMÃO.



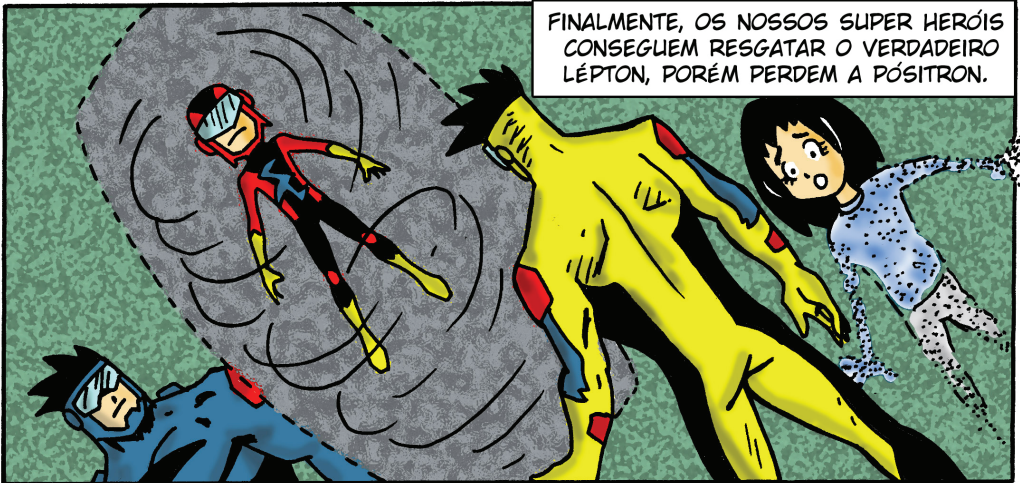
DEPOIS, UM SUPOSTO LÉPTON LEVA OS SUPER HÁDRONS PARA A "BORDA DO MUNDO", NUMA AVENTURA CHEIA DE DESAFIOS...



ATÉ CONSEGUIREM ABRIR UMA FENDA ENTRE OS DOIS MUNDOS PARALELOS (O DE MATÉRIA E O DE ANTIMATÉRIA).



FINALMENTE, OS NOSSOS SUPER HERÓIS CONSEGUEM RESGATAR O VERDADEIRO LÉPTON, PORÉM PERDEM A PÓSITRON.

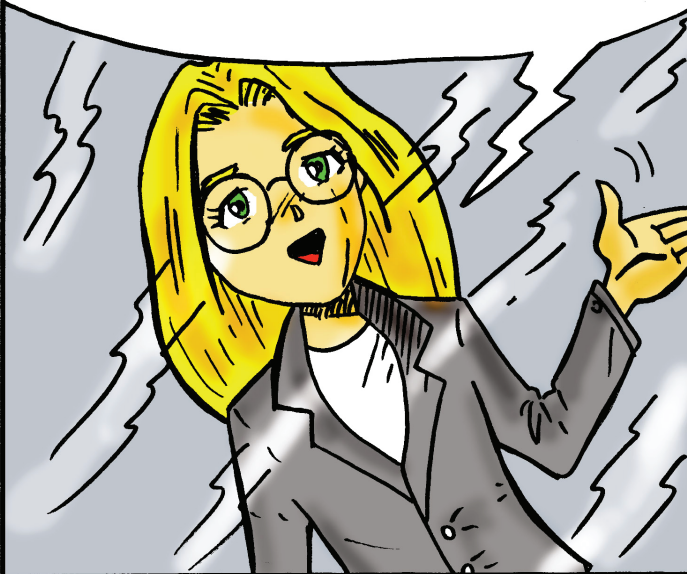


PARECE QUE O TEMPO EM QUE ELAS FICARAM FORA E DEIXARAM O BURACO ENTRE OS MUNDOS ABERTO FOI SUFICIENTE PARA PROVOCAR UM ENORME CAOS. VAMOS VER COMO ELAS RESOLVEM ESSA SITUAÇÃO?





SEJA QUEM FOR, TEM DE SER IMPEDIDO. SE TENTOU UMA VEZ, CERTAMENTE IRÁ TENTAR OUTRAS. PELO GRAU DE DESTRUIÇÃO PROVOCADO, UMA NOVA FENDA, SE FOSSE ABERTA, PODERIA SER O FIM DE NOSSO MUNDO.



SIM, VAMOS TRABALHAR COM URGÊNCIA NO CASO.





IMAGINO QUE VOCÊS QUEIRAM SABER POR QUE NOSSOS HERÓIS SÃO CHAMADOS DE SUPER HÁDRONS. VOCÊS TAMBÉM DEVEM ESTAR SE PERGUNTANDO, DESDE NOSSA PRIMEIRA AVENTURA, QUAL É A ORIGEM DOS NOMES BÁRION, MÉSON E LÉPTON. VAMOS TENTAR ELUCIDAR ESSES MISTÉRIOS, PORÉM, PARA CONTAR ISSO PARA VOCÊS, EU TENHO PRIMEIRAMENTE QUE VOLTAR AO INÍCIO DO SÉCULO XX, QUANDO AINDA NÃO SE SABIA MUITA COISA SOBRE A NATUREZA DOS ÁTOMOS...



MUITA GENTE CONTRIBUIU COM O ENTENDIMENTO DO QUE ERAM ESSAS COISINHAS MINÚSCULAS QUE COMPLETAM A MATÉRIA. DOIS CIENTISTAS SE DESTACARAM NO ENTENDIMENTO DA ESTRUTURA ATÔMICA. O PRIMEIRO DELES FOI JOSEPH JOHN THOMSON, FÍSICO BRITÂNICO E GANHADOR DO PRÊMIO NOBEL. ELE IDENTIFICOU PARTÍCULAS CARREGADAS NEGATIVAMENTE QUE FORAM CHAMADAS DE ELÉTRONS. EM 1897 (APÓS UMA SÉRIE DE EXPERIMENTOS, REALIZADOS POR OUTROS FÍSICOS) FOI VERIFICADO QUE ESSAS MINÚSCULAS PARTÍCULAS POSSUÍAM CARGA DE $-1,602 \times 10^{-19} \text{ C}$ E MASSA DE $9,109 \times 10^{-31} \text{ kg}$. O SEGUNDO CIENTISTA FOI ERNEST RUTHERFORD (FÍSICO DA NOVA ZELÂNDIA, MAS QUE TRABALHAVA NA INGLATERRA) QUE REALIZOU, COM SEUS ORIENTANDOS, UM EXPERIMENTO ARDILOSO QUE O FEZ DESCOBRIR A EXISTÊNCIA DE UMA REGIÃO MUITO MAIS Densa, NO INTERIOR DO ÁTOMO, COM CARGA PREDOMINANTEMENTE POSITIVA, A QUAL CHAMOU DE NÚCLEO ATÔMICO EM 1911.





NO INÍCIO DA DÉCADA DE 1920, O MUNDO DA FÍSICA DE PARTÍCULAS COMEÇOU A MUDAR, QUANDO O FÍSICO TEÓRICO BRITÂNICO PAUL ADRIEN MAURICE DIRAC DESENVOLVEU UMA VERSÃO DA MECÂNICA QUÂNTICA QUE INCORPORAVA A TEORIA DA RELATIVIDADE. A ENERGIA TOTAL DE UM ELÉTRON LIVRE ERA REPRESENTADA PELA EQUAÇÃO:

$$E^2 = p^2c^2 + m_0^2c^4$$



ONDE c É A VELOCIDADE DA LUZ NO VÁCUO, m_0 É A MASSA DO ELÉTRON EM REPOUSO E p O MOMENTO LINEAR. TEMOS, ENTÃO, QUE A ENERGIA TOTAL DO ELÉTRON LIVRE É SUA ENERGIA POTENCIAL EM REPOUSO MAIS SUA ENERGIA CINÉTICA. A QUESTÃO É QUE A FORMULAÇÃO ACIMA ACEITA DUAS RESPOSTAS POSSÍVEIS: UMA PARA ENERGIAS NEGATIVAS E OUTRA PARA ENERGIAS POSITIVAS. DIRAC POSTULOU, COM ISSO, A EXISTÊNCIA DE UMA ANTIPARTÍCULA DO ELÉTRON, OU SEJA, UM ELÉTRON COM CARGA POSITIVA, QUE FOI CHAMADA DE PÓSITRON. TEMPOS DEPOIS FOI DESCOBERTO, COMO VEREMOS, QUE TODA PARTÍCULA ELEMENTAR DE MATÉRIA POSSUI UMA ANTIPARTÍCULA FORMADA DE ANTIMATÉRIA.

TEMOS QUE TENTAR ACHAR A PÓSITRON, SOMENTE ELA PODERÁ NOS AJUDAR NESSE MISTÉRIO.



PEQUENINO, VOCÊ FALOU QUE É POSSÍVEL TRAZER A PÓSITRON DE VOLTA NUM TAL DE COLISOR DE PARTÍCULAS. O QUE SERIA ISSO?



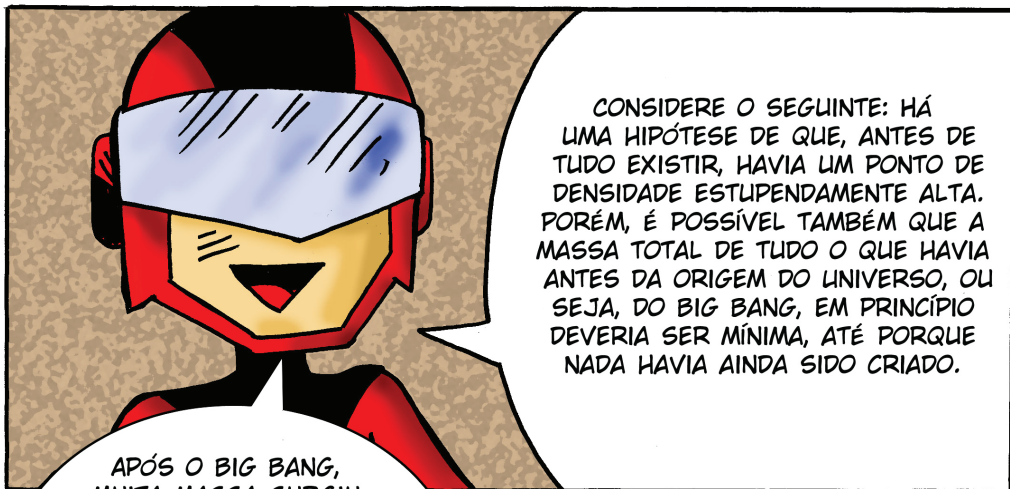
UM COLISOR DE PARTÍCULA É UMA MÁQUINA CAPAZ DE ACELERAR PARTÍCULAS ELEMENTARES COMO PRÓTONS, POR EXEMPLO, E AS FAZ COLIDIR COM OUTRAS PARTÍCULAS, A FIM DE INVESTIGAR COMO ESSAS PARTÍCULAS SÃO CONSTITUÍDAS. É MUITO COMUM PRODUIR ANTIMATÉRIA NESSAS COLISÕES.



ESSE PAPO DE ANTIMATÉRIA É MESMO CONFLUO. ATÉ ESSA HISTÓRIA COMEÇAR, NA EXPLOÇÃO DO GALPÃO, EU NUNCA SOUBE DA EXISTÊNCIA DESSA TAL ANTIMATÉRIA#.



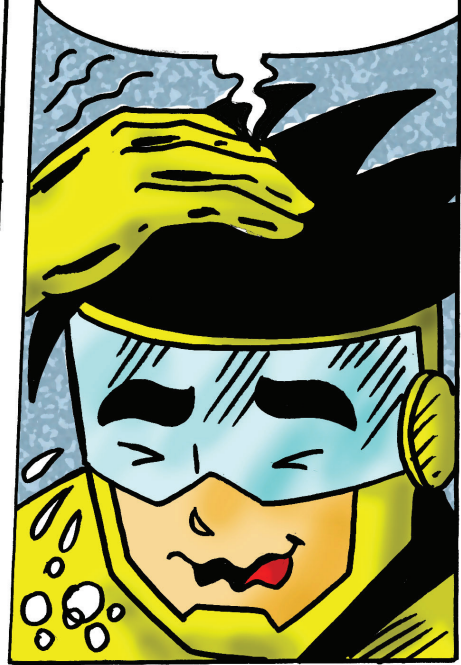
VER "OS SUPER HÁDRONS DESVENDAM A RELATIVIDADE".



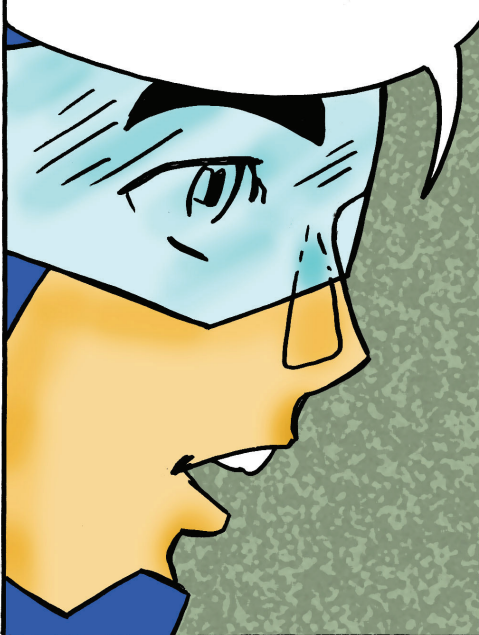
DENTRO DESSA ABORDAGEM, MATÉRIA E ANTIMATÉRIA JUNTAS SE ANIQUILAM, É COMO SOMAR 1 E -1; O RESULTADO FINAL É ZERO.



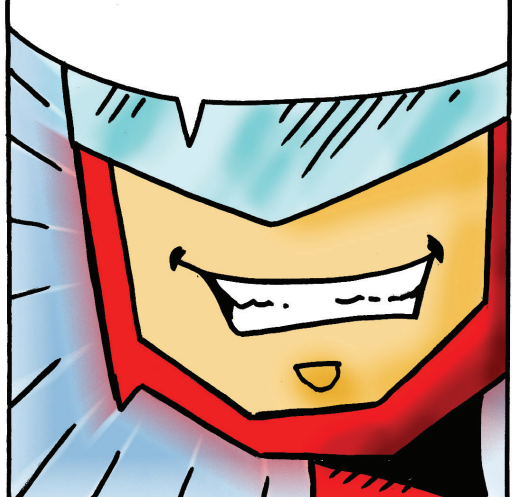
NOSSA, FIQUEI CONFUSO!

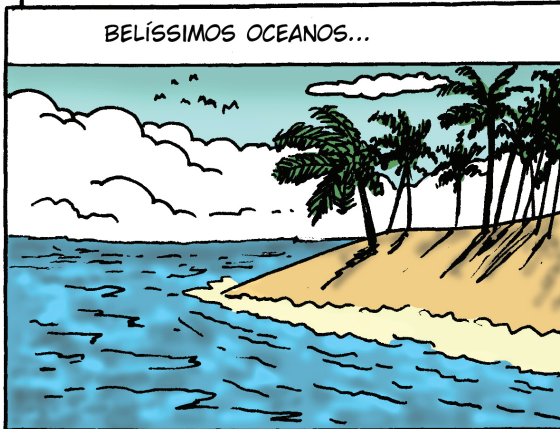


E ESSE TAL DE COLISOR, ONDE É QUE ENCONTRAMOS UM?



AQUI EM NOSSO PLANETA NÃO EXISTE, MAS EU OLVI FALAR QUE TEM UM PLANETA DISTANTE, ORBITANDO UMA ESTRELA CHAMADA SOL, ONDE REALIZAM MUITAS EXPERIÊNCIAS COM SUPERCOLISORES. PODEMOS IR ATÉ LÁ, O QUE VOCÊS ACHAM?





MONTANHAS COM PICOS GELADOS E ÁGUAS LÍMPIDAS...

