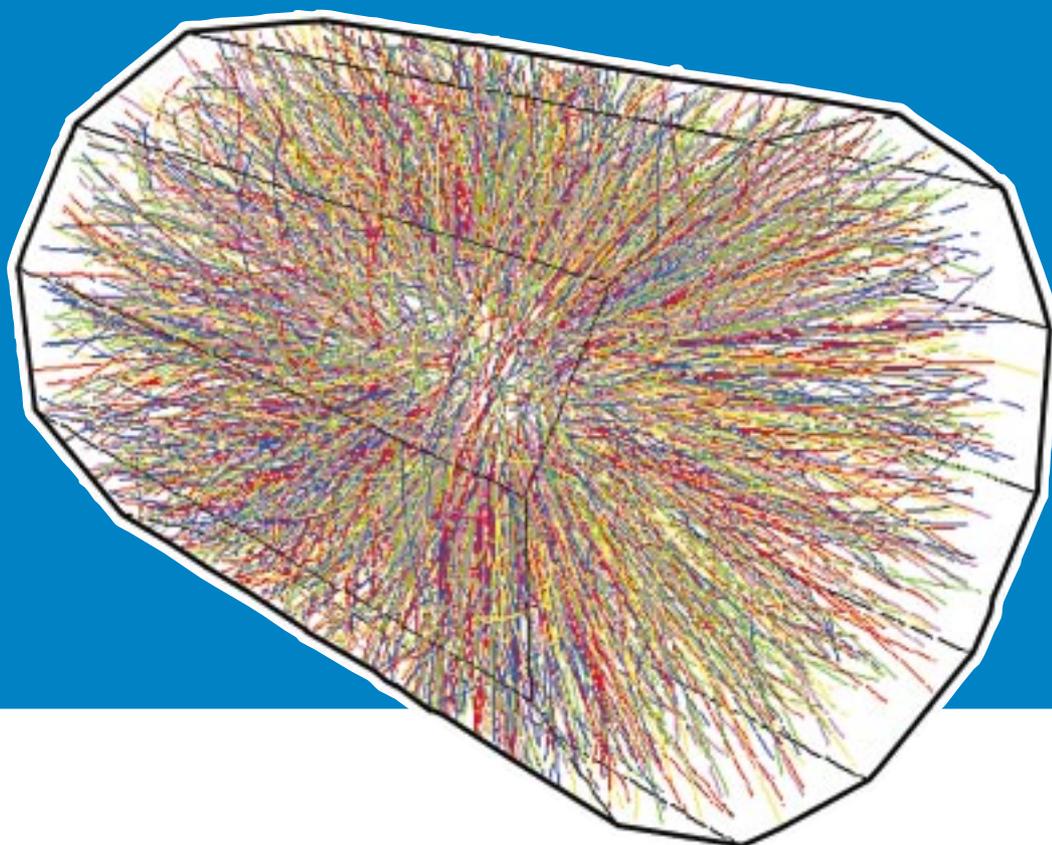


# Íons pesados relativísticos



**Com o auxílio de uma poderosa ferramenta matemática e dos gigantescos aceleradores de partículas, os físicos estão desbravando o universo do núcleo atômico, revelando seu comportamento em condições extremas de temperatura e pressão, para entender mais sobre a matéria que forma das galáxias aos seres vivos.**

**O processo básico** para se entender o comportamento e as propriedades da matéria nuclear é fazer com que pequenas porções desta matéria, os íons pesados, entrem em processo de colisão. Esses experimentos são feitos em aceleradores de partículas – na atualidade, um dos principais para o caso de íons pesados é o Brookhaven National Laboratory (Estados Unidos).

Essas máquinas gigantescas funcionam como ‘pistas de corrida’ para partículas e núcleos, que, antes de se chocarem, são acelerados a velocidades próximas à da luz (300 mil km/s). Sendo assim, o tratamento teórico dessas colisões não pode prescindir do conhecimento da relatividade restrita (ou especial), publicada em 1905 pelo físico de origem alemã Albert Einstein (1879-1955). Essa teoria possibilita calcular as variações (por exemplo, aumento de massa e dilatação do tempo) por que passa qualquer corpo maciço quando sua velocidade se aproxima dos 300 mil km/s. E isso vale também para corpúsculos como átomos, núcleos e partículas subatômicas. Daí, portanto, damos a denominação ‘relativísticos’ a esses fenômenos.

A figura 1 resume algumas etapas da colisão entre dois núcleos atômicos, processo que pode exigir uma descrição muito complexa para o seu entendimento. Nesse ponto, chamamos a atenção para o fato de os constituintes do núcleo atômico, os prótons e os nêutrons, serem compostos por partículas menores: os quarks e os glúons.

**DESCRIÇÃO LABORIOSA.** É a natureza da interação entre os glúons que possibilita, após a colisão, um novo rearranjo de quarks, bem como dos próprios glúons, para formar novas partículas, que aqui denominaremos hádrons – em uma definição mais técnica, hádrons são um grupo de partículas que

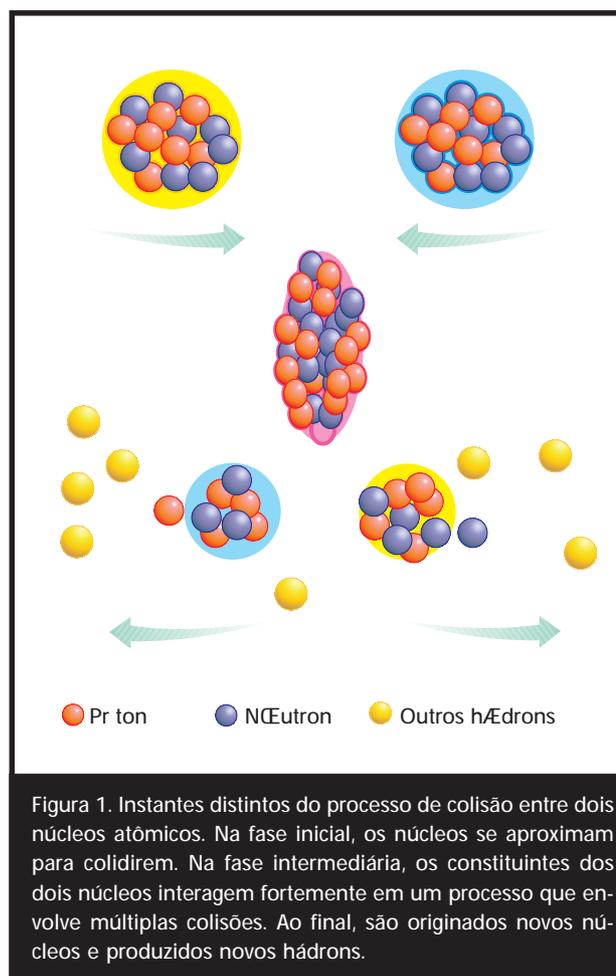


Figura 1. Instantes distintos do processo de colisão entre dois núcleos atômicos. Na fase inicial, os núcleos se aproximam para colidirem. Na fase intermediária, os constituintes dos dois núcleos interagem fortemente em um processo que envolve múltiplas colisões. Ao final, são originados novos núcleos e produzidos novos hádrons.

interagem entre si através da chamada força forte, responsável pela coesão do núcleo atômico.

Enfatizando: tudo isso pode nos levar a uma descrição laboriosa para a compreensão detalhada do fenômeno das colisões nucleares relativísticas. Assim, simular teoricamente esses choques é também tarefa complexa, pois nelas são por vezes criadas milhares de partículas, o que exige ferramentas matemáticas poderosas e um longo tempo de computação.

**CASCATA DE MINIRREAÇÕES.** Entretanto, para simplificar os cálculos, podemos ignorar os detalhes do processo de produção de partículas nas colisões entre hádrons – ou interações hádron-hádron, no jargão da

&gt;&gt;&gt;

## TÉCNICA USA SORTEIO PARA SIMULAR COLISÕES NUCLEARES

No CBPF, o Grupo de Física Nuclear e Astrofísica tem desenvolvido a simulação dos processos de colisão usando a técnica de cálculo conhecida como método de Monte Carlo, que se baseia no sorteio de eventos.

O método de Monte Carlo permite que, a partir do conhecimento dos mecanismos básicos de interação entre prótons e nêutrons (constituintes

do núcleo atômico), possamos descrever a colisão de hádrons com núcleos atômicos, bem como as colisões entre núcleos.

Atualmente, colaboram com o Grupo de Física Nuclear e Astrofísica pesquisadores do Instituto de Radioproteção e Dosimetria, do Conselho Nacional de Energia Nuclear, e do Instituto de Física da universidade de São Paulo.

área – sem prejudicar a compreensão do fenômeno.

Consideramos esses efeitos através da inclusão dos valores experimentais – e, na falta destes, dos valores teóricos – das chamadas seções de choque de produção de hádrons – a seção de choque exprime a probabilidade de um grupo de partículas (no caso, hádrons) ser produzido durante uma colisão e seus valores dependem da energia envolvida na colisão.

Dai para frente, parece simples, mas não é. Na verdade, dezenas de processos diferentes estão envolvidos, com a possibilidade de múltiplas colisões: uma verdadeira cascata de minirreações que vão compor o quadro final. (ver 'Código foi desenvolvido pelo grupo').

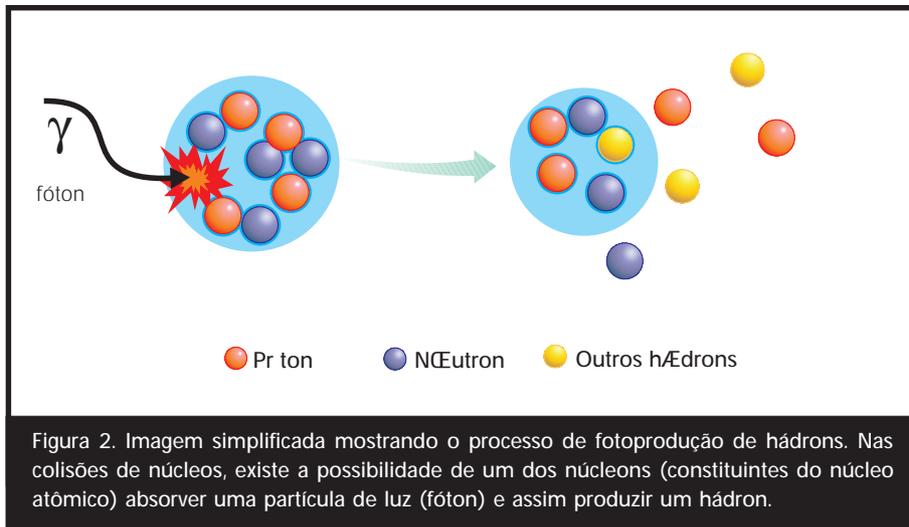
**ABSORVENDO FÓTONS.** No meio nuclear, existe a possibilidade de um dos núcleons (constituintes nucleares) absorver uma radiação eletromagnética e com isso produzir um hádron, em um processo denominado fotoprodução de hádrons.

Para simular esse processo, o ponto de partida é o conhecimento de uma outra seção de choque (experimental ou teórica), isto é, daquela que dá a probabilidade de um partí-

cula do núcleo atômico absorver um fóton e gerar um hádron durante uma colisão.

O restante da evolução do processo de colisão é, então, desenvolvido da mesma forma que a considerada para a colisão núcleo-núcleo, e as quantidades físicas analisadas são semelhantes. A figura 2 apresenta uma imagem simplificada de como esse processo é considerado em nossos cálculos.

As simulações têm sido uma ferramenta hábil de cálculo para o estudo de fenômenos complexos que ocorrem em colisões nucleares relativísticas. Essas simulações têm também ajudado os físicos experimentais a entender e analisar os dados obtidos nos aceleradores de partículas. ■



## CÓDIGO FOI DESENVOLVIDO PELO GRUPO

O programa usado atualmente pelo CBPF foi desenvolvido pelo Grupo de Física Nuclear e Astrofísica. Ele contém cerca de 10 mil linhas de código Fortran (linguagem de programação usada em cálculos científicos).

Esse código realiza um cálculo (cascata intranuclear) adequado ao estudo das colisões relativísticas entre núcleos atômicos. Oferece também a possibilidade de explorar diferentes hipóteses na descrição do processo de interação hádron-hádron através das seções de choque, bem como na definição das forças que garantem a aglutinação dos hádrons em um núcleo.

Resultam desses cálculos a análise da multiplicidade e do espectro de energia das partículas produzidas, dos efeitos do meio nuclear no espalhamento das partículas, e da distribuição dos núcleos residuais.

Seguindo as mesmas idéias contidas no programa desenvolvido por nosso grupo para tratar das colisões núcleo-núcleo, chegamos a um outro código para tratar da fotoprodução de hádrons.



Sentados (esq. para dir.): Emil de Lima Medeiros e Sérgio Barbosa Duarte; em pé (esq. para dir.): Alejandro Di Marco e Edgar Corrêa de Oliveira.