

Relatório Final de Instrumentação para
Ensino
Segundo semestre de 2004

Título: Método de tratamento de imagens

Aluno: Alain-Jacques L. de Burlet

Orientador: Edison Hiroyuki Shibuya

1 Introdução

1.1 Motivação Didática

O público alvo para o conteúdo deste projeto são alunos a partir do ensino médio. Os tópicos abordados incluem o método de obtenção dos dados e o método de criação de imagens. A apresentação feita para alunos de ensino médio no Programa Escola da Família na E. E. Coronel Firmino G. Silveira também enfatizou que existem outros métodos de se fazer astronomia, além de estudar a luz visível que chega a Terra. Entre os outros métodos apresentados, foi destacado o estudo dos Raios Cósmicos, comentando sobre o experimento no Monte Chacaltaya.

A opção da apresentação dos dados do experimento em Chacaltaya foi feita levando-se em consideração que o entendimento dos eventos é de mais fácil compreensão do que experimentos mais recentes, como o do Observatório Pierre Auger. A simples visualização das manchas deixadas pelas partículas do chuveiro seria melhor compreendida do que, por exemplo, os sinais dos tanques do Observatório Pierre Auger.

1.2 Conteúdo

As atividades ao longo do semestre se concentraram na obtenção de dados e na transformação destes dados em imagens. Os dados seriam obtidos com um microfotodensitômetro, conforme indicado no projeto enviado.

Porém, devido a problemas técnicos com o microfotodensitômetro, ficamos impossibilitados de obter obter dados através deste. Optamos então pela análise de dados obtidos pelo prof. E. H. Shibuya relativos ao experimento da Colaboração Brasil-Japão no Monte Chacaltaya.

Foi desenvolvido um programa que trata os dados fornecidos pelo microfotodensitômetro e os transforma em imagens, como veremos mais adiante. Este programa foi escrito em C++ e fez uso da bibliotecas do programa de análise gráfica ROOT [1].

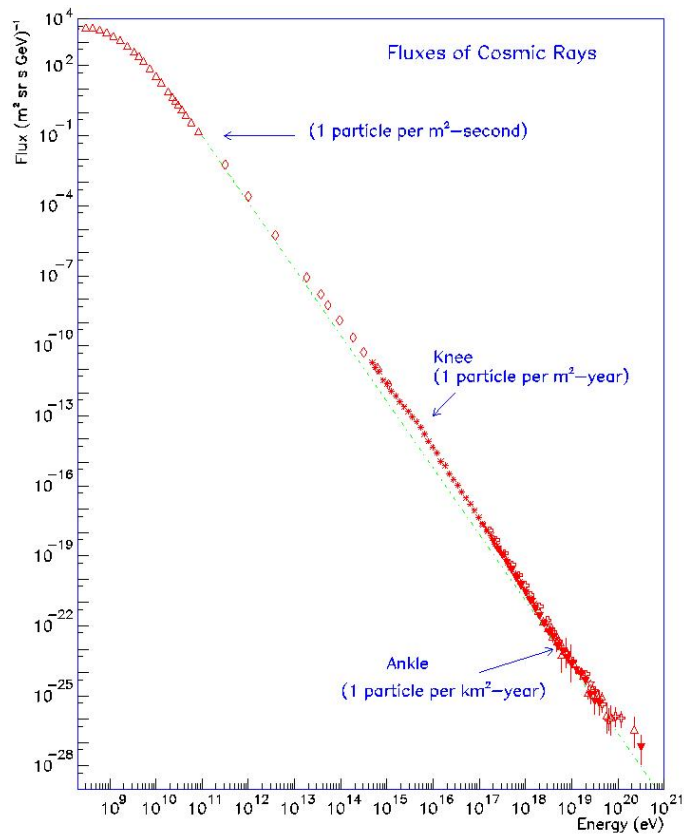


Figura 1: Espectro de raios cósmicos. Representa o fluxo de eventos em função da energia.

2 Raios Cósmicos

2.1 Visão Geral

Objetos e eventos celestes, tais como núcleos ativos de galáxias e supernovas produzem partículas que são emitidas ao espaço interestelar e intergalático, seguindo o espectro de energia mostrado na figura 1. Estas partículas são os chamados Raios Cósmicos.

Os Raios Cósmicos são detectáveis na Terra através dos chamados Chuviros Atmosféricos. Estes chuviros são gerados da seguinte forma: ao atingir a atmosfera terrestre, as partículas de radiação cósmica interagem com

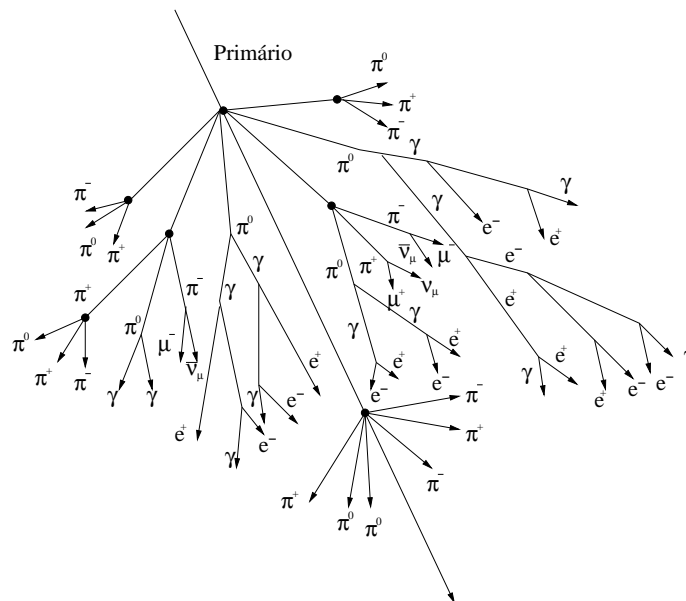


Figura 2: Interpretação gráfica de um chuveiro atmosférico extenso.

os átomos de Nitrogênio e Oxigênio, gerando partículas filhas. Estas, por sua vez, também interagem e formam outra geração de partículas. Uma ilustração do processo pode ser vista na figura 2.

Estudando os chuveiros, procuramos responder três perguntas:

- De onde estas partículas vêm?
- Qual a sua energia?
- Qual a sua composição química?

As duas primeiras perguntas serão tratadas mais adiante. A terceira pergunta é um pouco mais difícil de ser tratada. Experimentos recentes apontam para uma indicação se a partícula que deu origem ao chuveiro, que chamamos de partícula primária, é pesada ou leve, mas não há como dizer com certeza qual a sua composição com precisão.

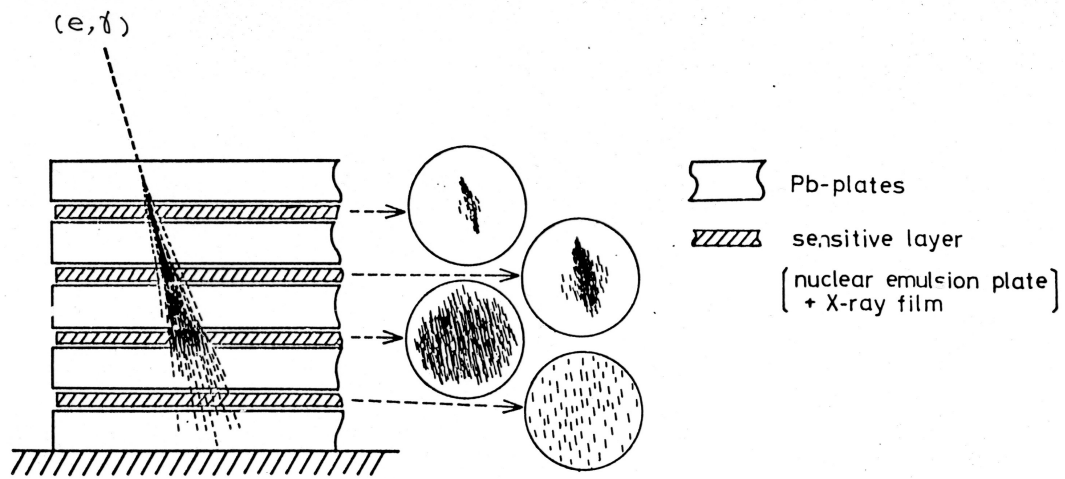


Figura 3: Esquemática da câmara de emulsões no Observatório Chacaltaya.

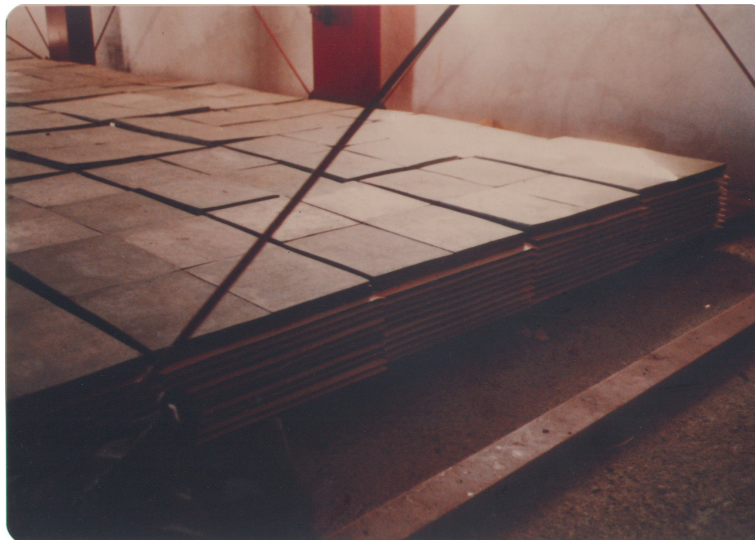


Figura 4: Foto de uma câmara de emulsões

2.2 Experimento em Chacaltaya

O detector utilizado neste experimento é a câmara de emulsão, que consiste em camadas de chumbo e camadas de material fotosensível, formando um

“sanduíche”, conforme podemos ver nas figuras 3 e 4. As camadas de chumbo têm 0.5 ou 1.0 cm de espessura e as camadas de material fotosensível tem dois tipos de filme, que no caso dos dados com que iremos trabalhar, são filmes Sakura tipo N de alta sensibilidade, e Sakura tipo RR de baixa sensibilidade.

O propósito de se colocar placas de chumbo entre as camadas de material fotosensível é fazer com que as partículas interajam entre uma camada e outra. Isso ocorre pois o chumbo é bastante denso e o livre caminho médio¹ é menor. Com isso, podemos ver um desenvolvimento do chuveiro nas camadas de filme.

As câmaras de emulsão foram expostas aos Raios Cósmitos no observatório Chacaltaya, na Bolívia, a 5200m de altitude. As partículas dos chuveiros, ao passarem pelas camadas de material fotosensível, escureciam os mesmos. Assim, o que devemos ter é uma “foto” do rastro que as partículas deixam nos filmes.

3 Obtenção dos dados

3.1 Aparato Experimental

O microfotodensitômetro funciona pelo mesmo princípio que a montagem mostrada na figura 5. Por motivos didáticos, explicaremos o funcionamento do microfotodensitômetro através desta montagem.

Os principais componentes da montagem são: um estabilizador, um microscópio, uma fotomultiplicadora, uma fonte de alta tensão e um galvanômetro. A fotomultiplicadora é alimentada pela fonte de alta tensão e está ligada diretamente ao microscópio, que examina o filme. A saída da fotomultiplicadora é monitorada por um galvanômetro. Existe também uma chave que alterna a examinação do filme através da binocular do microscópio e a fotomultiplicadora. Como a fotomultiplicadora tem uma participação importante neste experimento, detalharemos a seguir o seu funcionamento.

3.2 A Fotomultiplicadora

A função da fotomultiplicadora é transformar a luz incidente nela em corrente elétrica. Veremos agora detalhadamente o funcionamento da mesma.

¹Distância em média que uma partícula percorre até interagir.

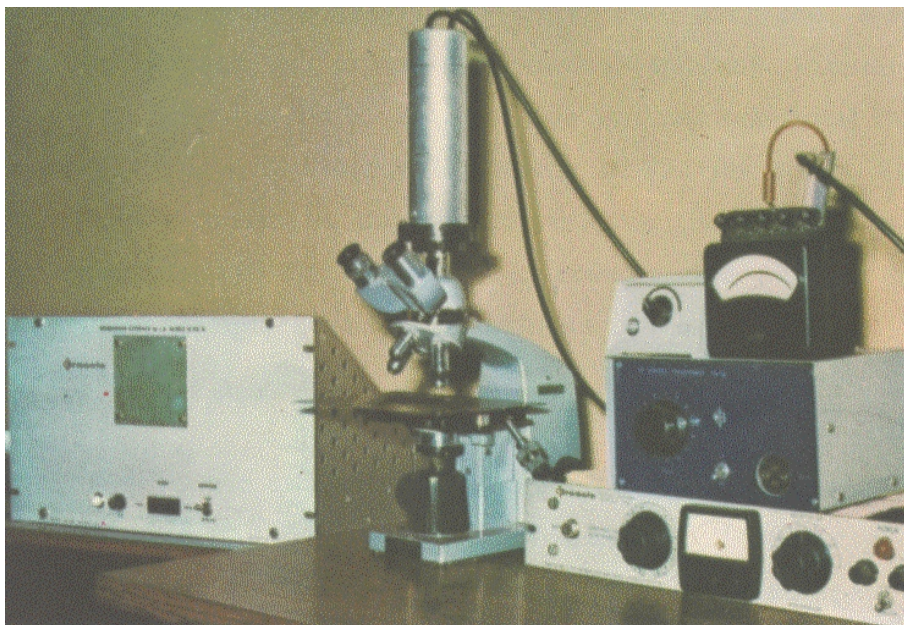


Figura 5: Montagem cujo princípio é o mesmo do microfotodensitômetro.

A entrada de luz da fotomultiplicadora é feita de um metal que libera elétrons ao se incidir luz, o efeito fotoelétrico. Estes elétrons são então acelerados por meio de um campo elétrico até uma outra placa metálica, que chamamos de dinodo. Ao ocorrer a colisão dos elétrons com o dinodo, mais elétrons são arrancados das placas e estes são acelerados em direção a um outro dinodo, para que mais elétrons sejam arrancados. Este processo é repetido diversas vezes. Ao fim dessas colisões, podemos medir o fluxo de elétrons (corrente elétrica) deixando a fotomultiplicadora. Estes elétrons são chamados de *fotoelétrons*.

O processo acima descrito pode ser visto na figura 6. As repetidas colisões com os dinodos visam a ampliação do número de fotoelétrons na saída da fotomultiplicadora, para que tenhamos uma corrente elétrica mensurável. Por meio de calibrações, podemos relacionar o número de fotoelétrons com a intensidade da luz incidente.

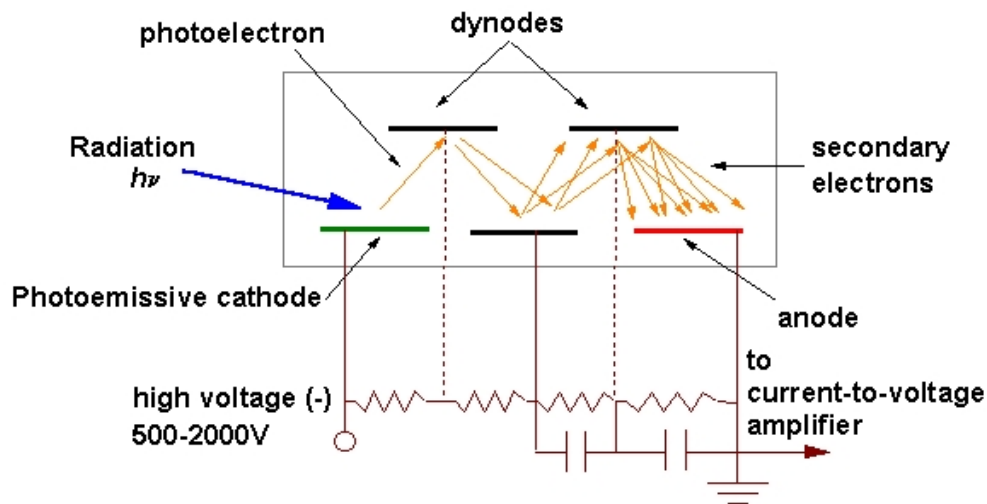


Figura 6: Funcionamento de uma fotomultiplicadora. Os fótons incidentes arrancam elétrons da placa-alvo, e estes por sua vez são acelerados em direção a dinodos, formando um efeito cascata.

3.3 Descrição do funcionamento

O filme é colocado para observação no microscópio. Incidimos luz sobre o filme e a luz que o atravessa é coletada pela fotomultiplicadora ligada ao microscópio. Através da corrente de fotoelétrons, podemos medir quantidade de luz que atravessa aquele pedaço do filme enxergado pela abertura do telescópio.

Com isso, podemos medir o grau de enegrecimento em cada parte do filme. Podemos analisar partes diferentes do filme, deslocando-o usando micrômetros conectados a base do microscópio.

O microfotodensitômetro funciona pelo mesmo princípio. As principais diferenças são duas:

- O deslocamento da área examinada do filme é controlado por um motor de passo, que pode executar movimentos com precisão de micra.
- A leitura da corrente de fotoelétrons não é mais feita através de um galvanômetro, mas digitalmente, e os dados coletados são transferidos a um computador.

É com esses dados que trabalhamos para criar imagens a partir destes filmes.

4 Imagens

4.1 Algoritmo de Geração

Para gerar imagens relativas aos dados obtidos a partir dos filmes, foi desenvolvido um programa em C++ que traduzisse os dados fornecidos pelo microfotodensitômetro em uma matriz, em que cada termo representa um pixel da imagem, e seu valor, o grau de enegrecimento da imagem. O cálculo do grau de enegrecimento D é feito de acordo com a equação, tirado de [2]:

$$D = -\log_{10} \frac{I}{I_0} \quad (1)$$

Onde I_0 e I são as intensidades de luz incidente e transmitida. Com esta matriz, criamos duas imagens: um histograma bidimensional e uma superfície em conjunto com um gráfico de curvas de nível.

4.2 Entendendo as Imagens

Como dito anteriormente, as partículas dos chuveiros, ao atravessar os filmes, elas escurecem o local por onde passaram. Assim, podemos dizer que as partes mais enegrecidas do filme indicam um maior fluxo de partículas. Na referência [2], pode-se encontrar a densidade de elétrons que atravessaram o filme a partir do grau de enegrecimento.

As figuras obtidas usando o algoritmo de geração de imagens constam a partir da figura 7. Vale destacar que nestas figuras a equação 1 não foi aplicada. Nos histogramas bidimensionais, as áreas mais escuras representam as áreas em que houve maior passagem de partículas. Nos gráficos de superfície, podemos ver em maior detalhe a distribuição de partículas sobre o filme.

Tendo uma visão melhor agora sobre o que é detectado através deste experimento, estamos melhor preparados para discutir as perguntas anteriormente expostas: qual a direção de chegada e qual a energia desta partícula de Raios Cósmicos.

Quanto a direção de chegada, podemos deduzir a partir da excentricidade

da elipse que forma o “halo”². Isto porque admitimos que o chuveiro se desenvolva com uma simetria circular ao longo de seu eixo. Uma analogia muito simples pode ser feita com uma lanterna: ao apontar a lanterna diretamente para baixo perpendicularmente ao chão, a projeção formada será um círculo. Se inclinarmos a lanterna, podemos ver que a projeção se tornará uma elipse cuja excentricidade aumenta com o ângulo de inclinação.

Para achar a energia, podemos relacionar a mesma com o número de elétrons presentes num determinado ponto do chuveiro. Na referência [3], é citado que na altura onde o número de partículas é máximo, a energia é proporcional ao número de elétrons. Mas como achamos a altura em que o número de partículas é máximo? Para responder esta pergunta, vamos tomar como exemplo o evento das figuras 7 a 12. Na apresentação para divulgação, foi utilizada uma animação destas figuras para melhor visualização.

Ao observar as figuras, podemos notar, olhando para os gráficos da esquerda que a intensidade do halo cresce até chegar a um máximo, a partir desta figura, o halo começa a ficar mais fraco. Isto significa que neste filme estamos registrando o número máximo de partículas. Então este filme é o melhor candidato para se estudar a energia.

5 Divulgação

Foi feita uma apresentação no dia 28-11-2004 (Domingo) no programa Escola da Família na E. E. Cel. Firmino G. Silveira sobre este tema. A meta era passar para as pessoas que além de estudar as informações que chegam à Terra através de luz visível, os astrônomos têm outras maneiras de obter informações sobre os eventos e corpos celestes. Citei outros tipos de pesquisas astronômicas e dei ênfase aos Raios Cósmicos, que me pareceu ser o menos conhecido entre os que citei.

Também, comentei sobre o processo de coleta de dados, explicando como é o funcionamento do microfotodensitômetro, de forma similar a que foi apresentada neste relatório.

Os ouvintes da minha palestra estavam na faixa de 15-18, além de dois adultos que também presenciaram a palestra. Mesmo não tendo disponível um projetor para a apresentação, ela foi feita usando uma TV ligada a saída de um notebook.

²Damos o nome de halo a região escurecida do filme de Raio-X.

Apresentei as imagens que constam neste relatório, sendo que o evento B338 da Câmara 18 (figuras 7 a 12) foi mostrado em forma de animação, para que os ouvintes pudessem visualizar a evolução do chuveiro ao atravessar as placas de chumbo. O gráfico de superfície da figura 16 foi também apresentado em forma de animação, mas desta vez como uma rotação do ponto de vista ao redor da superfície, para que fosse entendida a variação da distribuição lateral de partículas em função da linha por onde ela fosse medida.

6 Conclusões

Apesar de não ter sido possível coletar novos dados para serem analisados, como planejado no projeto enviado, imagens interessantes puderam ser tratadas e analisadas. O conteúdo deste projeto não somente engloba o processo de tratamento de imagens, mas também esclarece o tópico de Raios Cósmicos, que é um tanto desconhecido ao público que não é da área.

O uso de imagens foi de importante ajuda ao passar os conceitos de detecção, no caso do experimento em Chacaltaya. O uso das animações do evento B338 da câmara 18 foi de fundamental importância para mostrar a evolução do chuveiro ao atravessar as placas de chumbo.

Também, vale a pena acrescentar que o programa criado não se limita ao tratamento de imagens somente dos filmes do experimento em Chacaltaya. Pode-se também aplicar em outras áreas tais como medicina. Outro ponto importante é que esta análise não é qualitativa somente, mas também quantitativa. Medidas podem ser efetuadas com os dados tratados pelo programa desenvolvido neste projeto.

Referências

- [1] <http://root.cern.ch>
- [2] S. Yamashita, J. Phys. Soc. Japan, vol **54** No. 2, Feb 1985, pp. 529-543.
- [3] B. Rossi e K. Greisen, Cosmic Ray Theory, Review of Modern Physics, v1 (1942), p. 240;

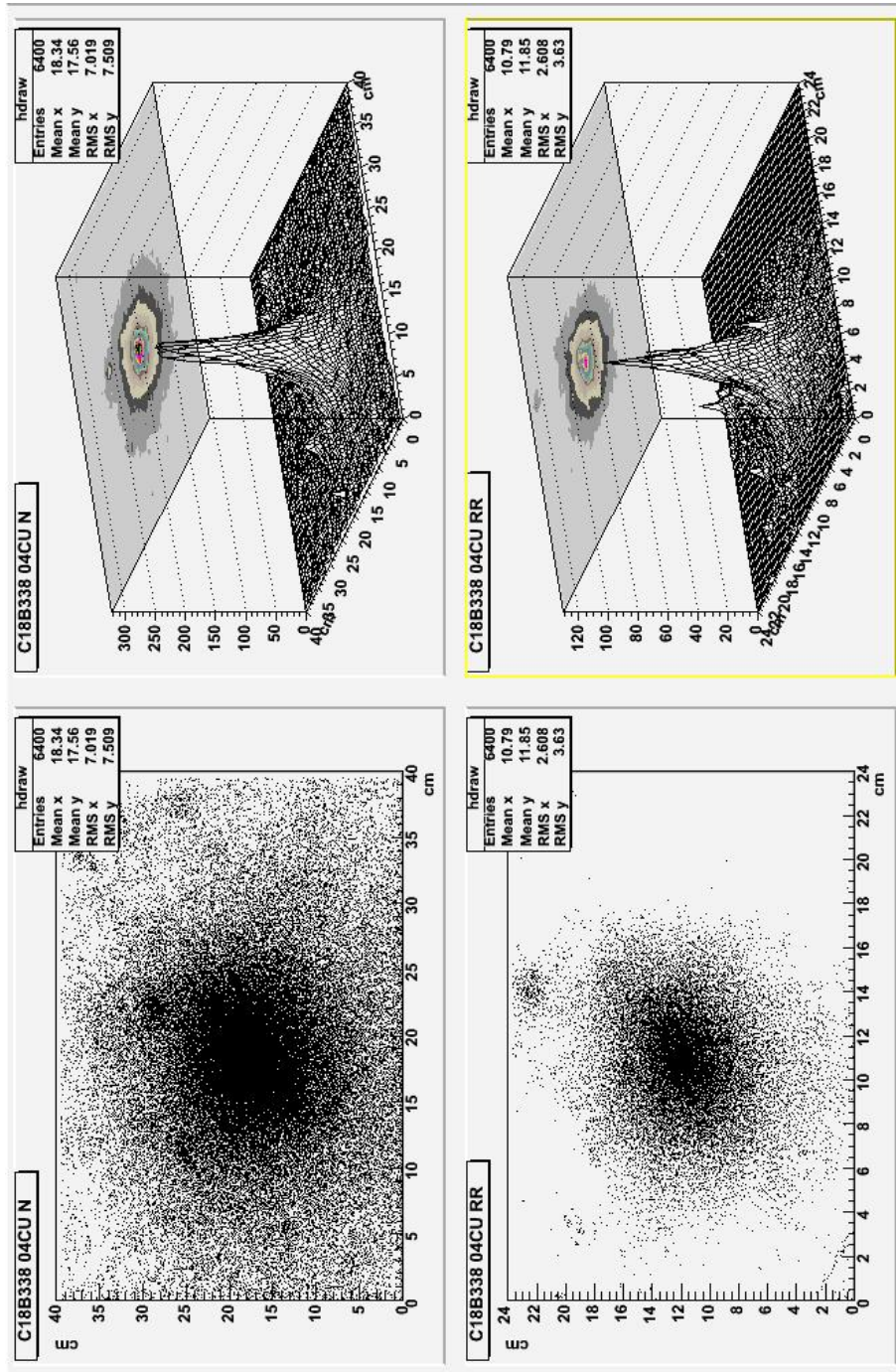


Figura 7: Evento B338 da Camara 18 - Filmes 04 tipo N e RR

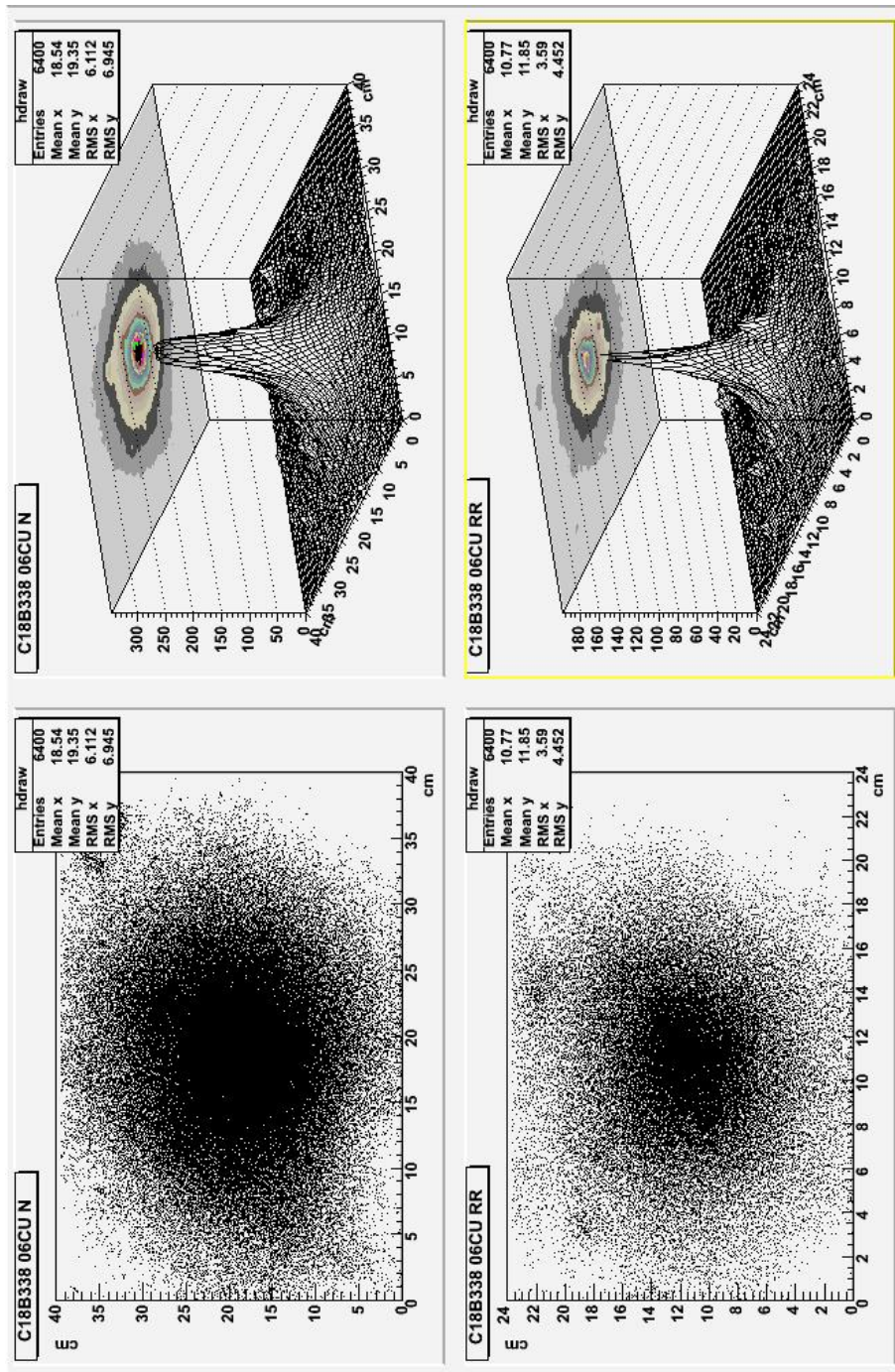


Figura 8: Evento B338 da Camara 18 - Filmes 06 tipo N e RR

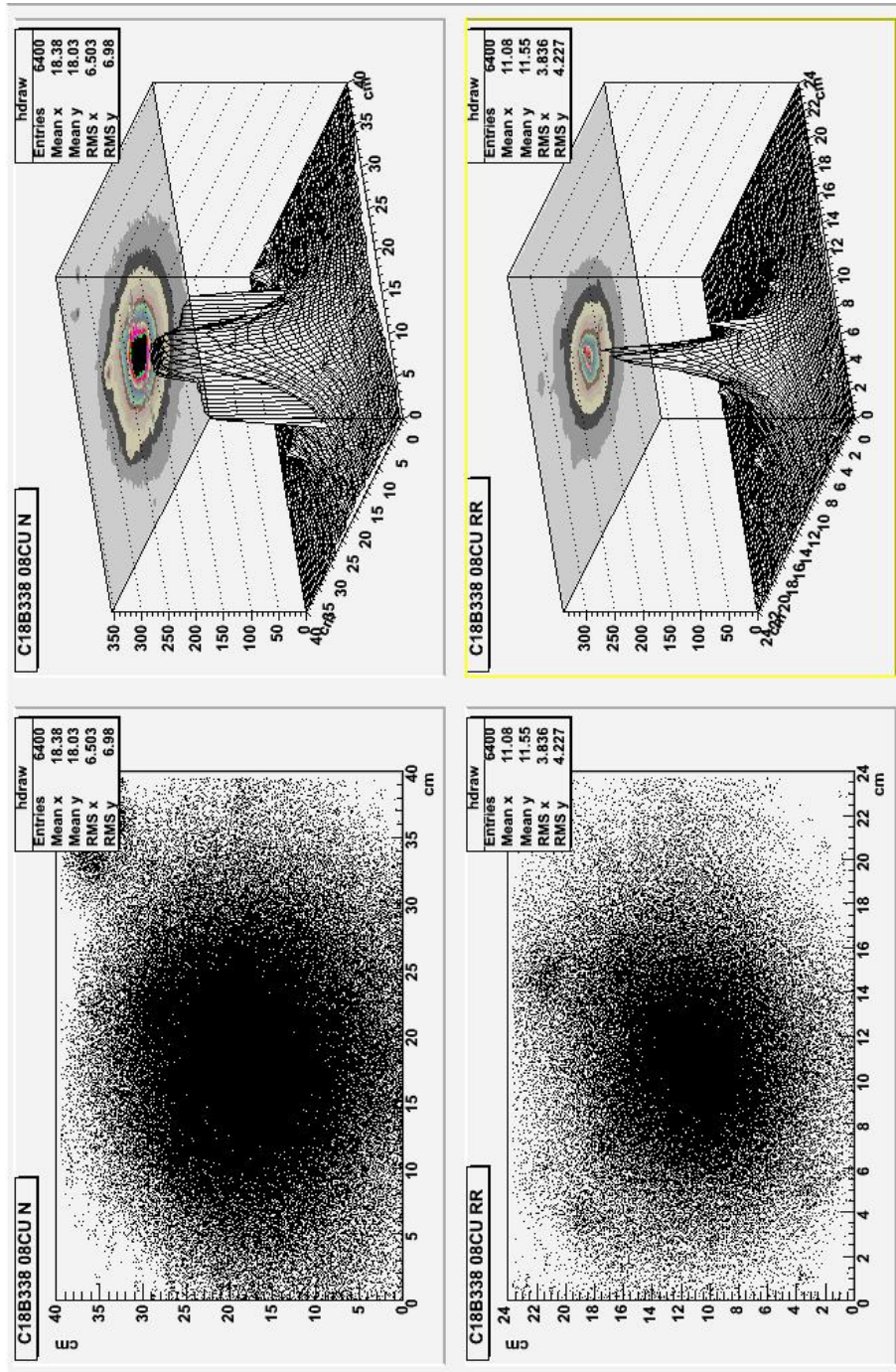


Figura 9: Evento B338 da Camara 18 - Filmes 08 tipo N e RR

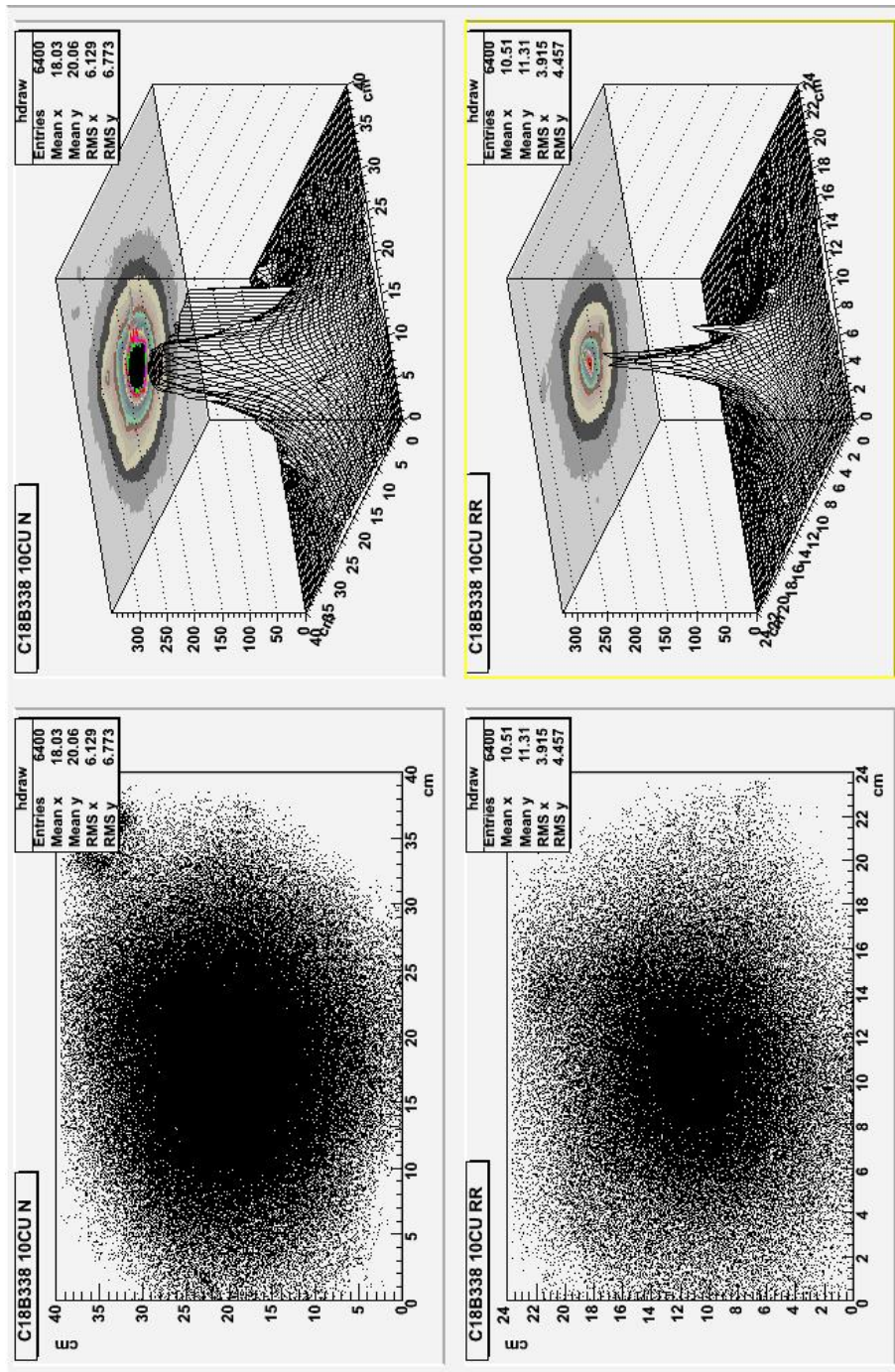


Figura 10: Evento B338 da Camara 18 - Filmes 10 tipo N e RR

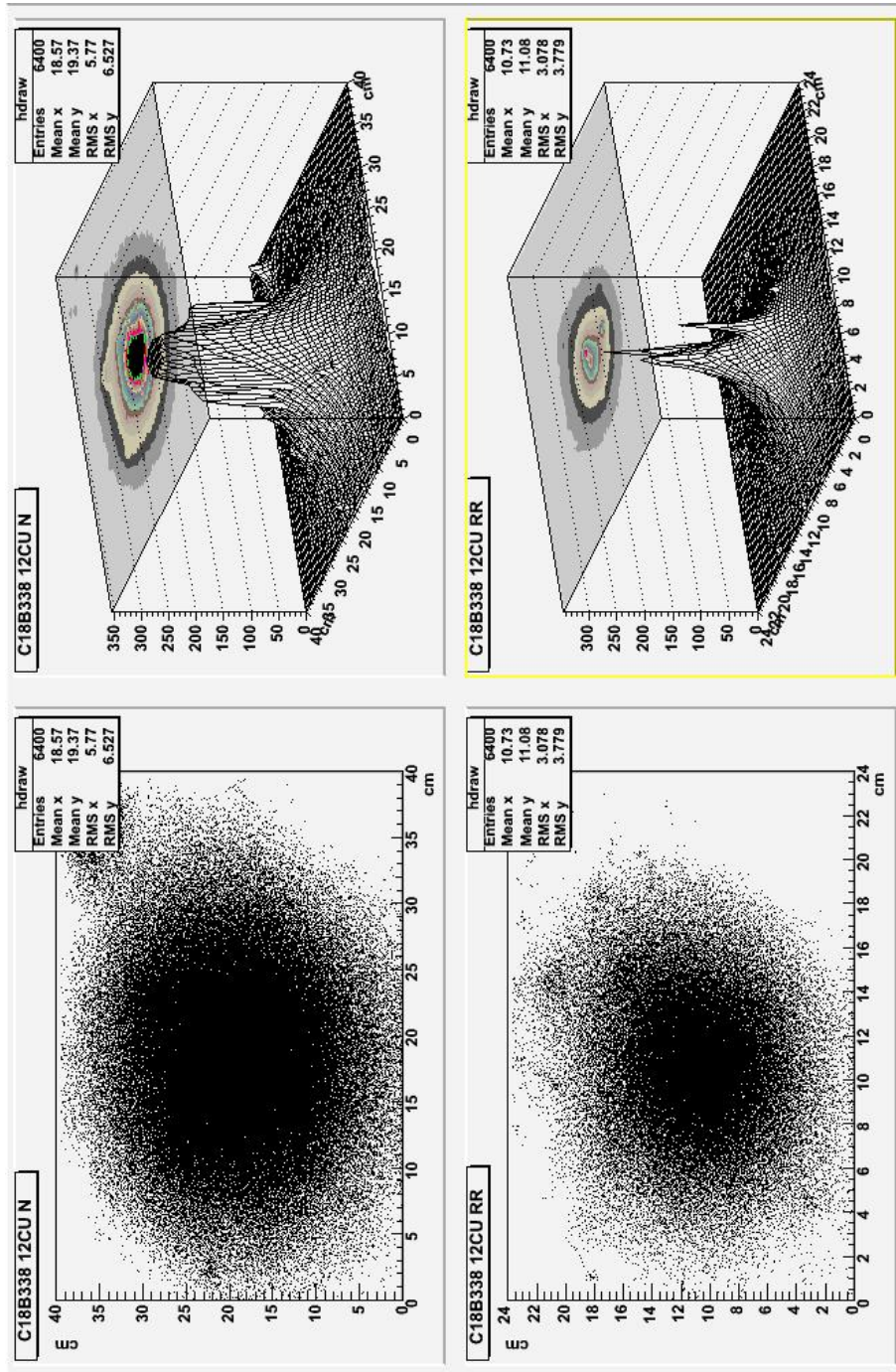


Figura 11: Evento B338 da Camara 18 - Filmes 12 tipo N e RR

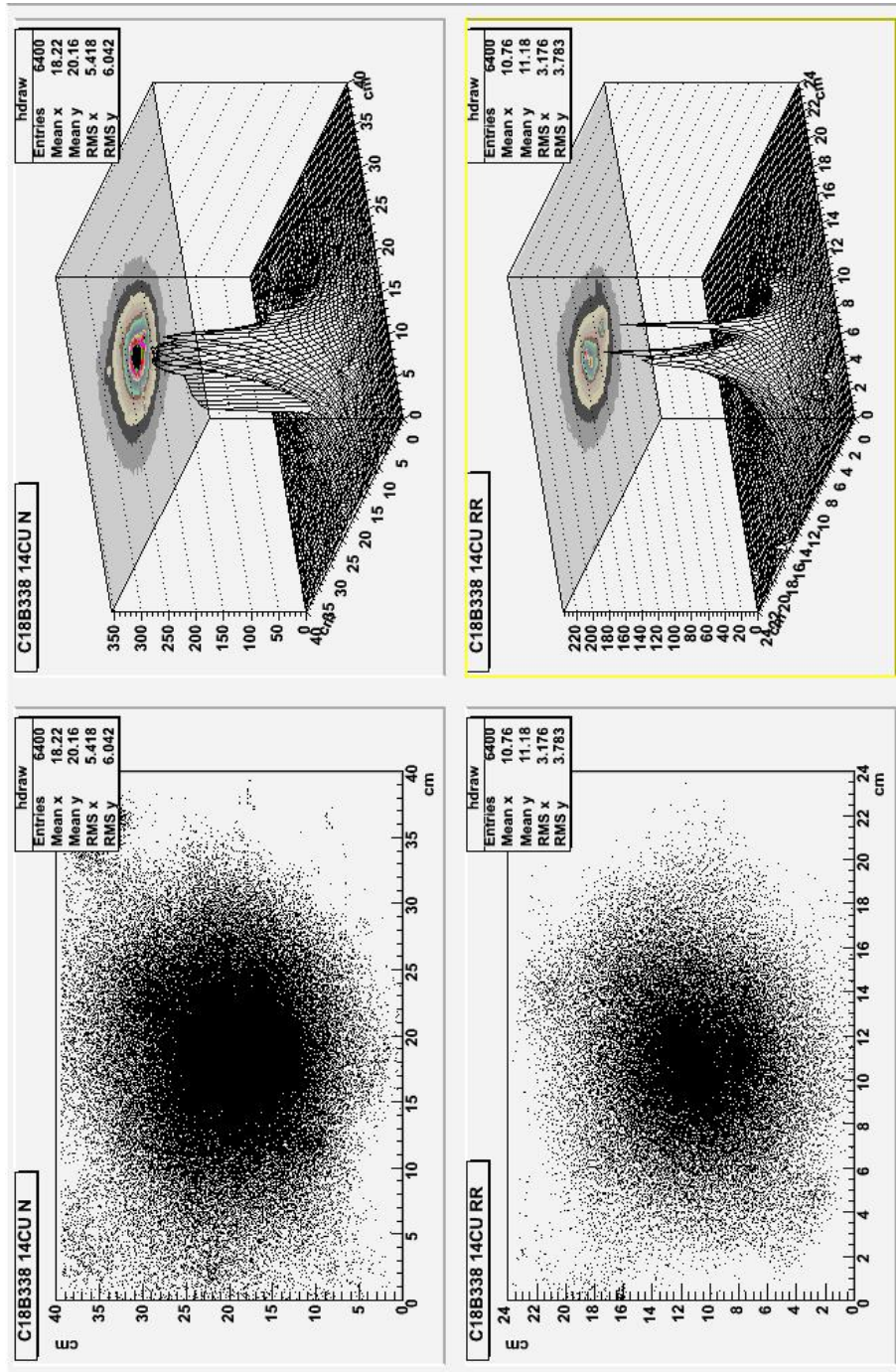


Figura 12: Evento B338 da Camara 18 - Filmes 14 tipo N e RR

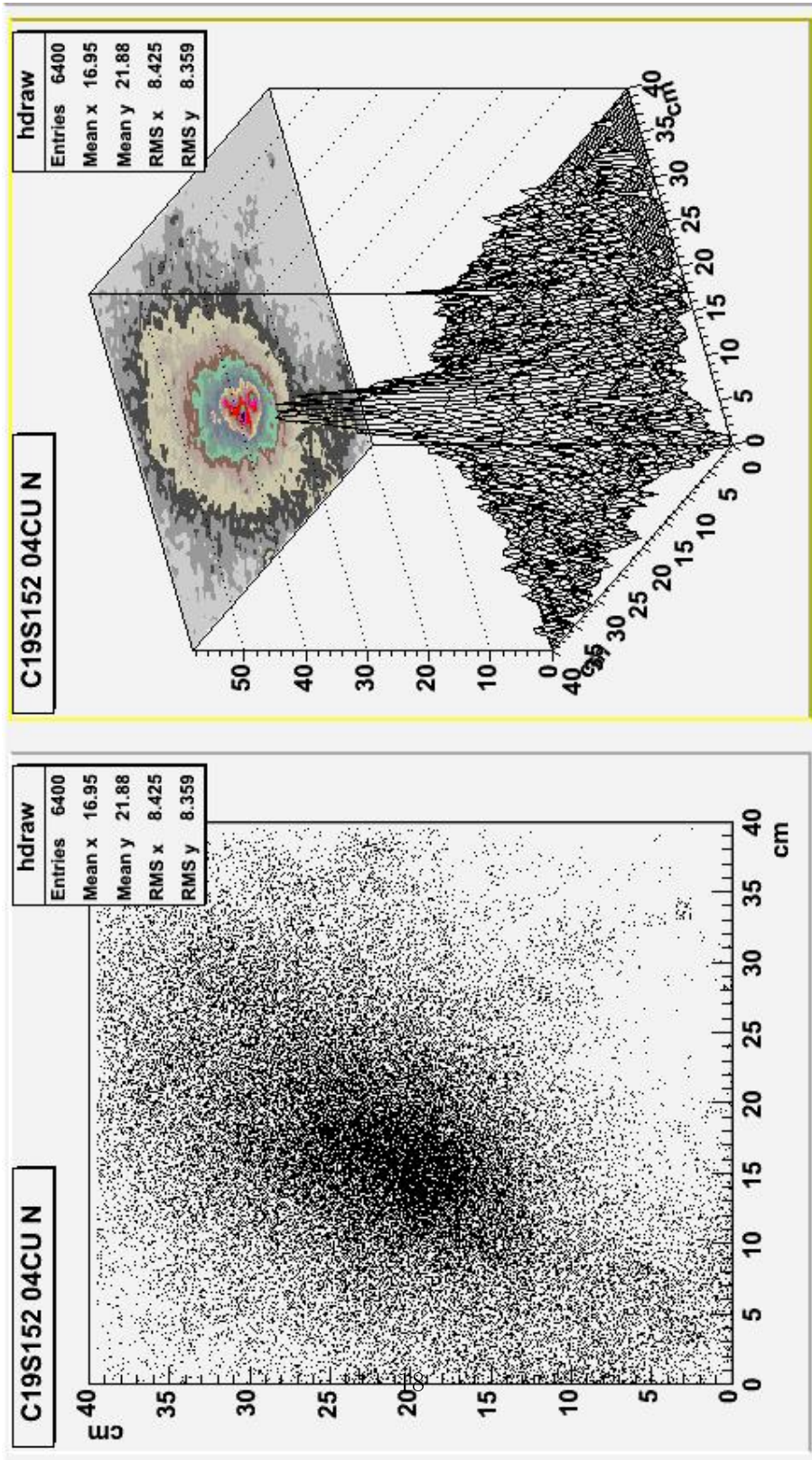


Figura 13: Evento S152 da Camara 19 - Filme 04 tipo N

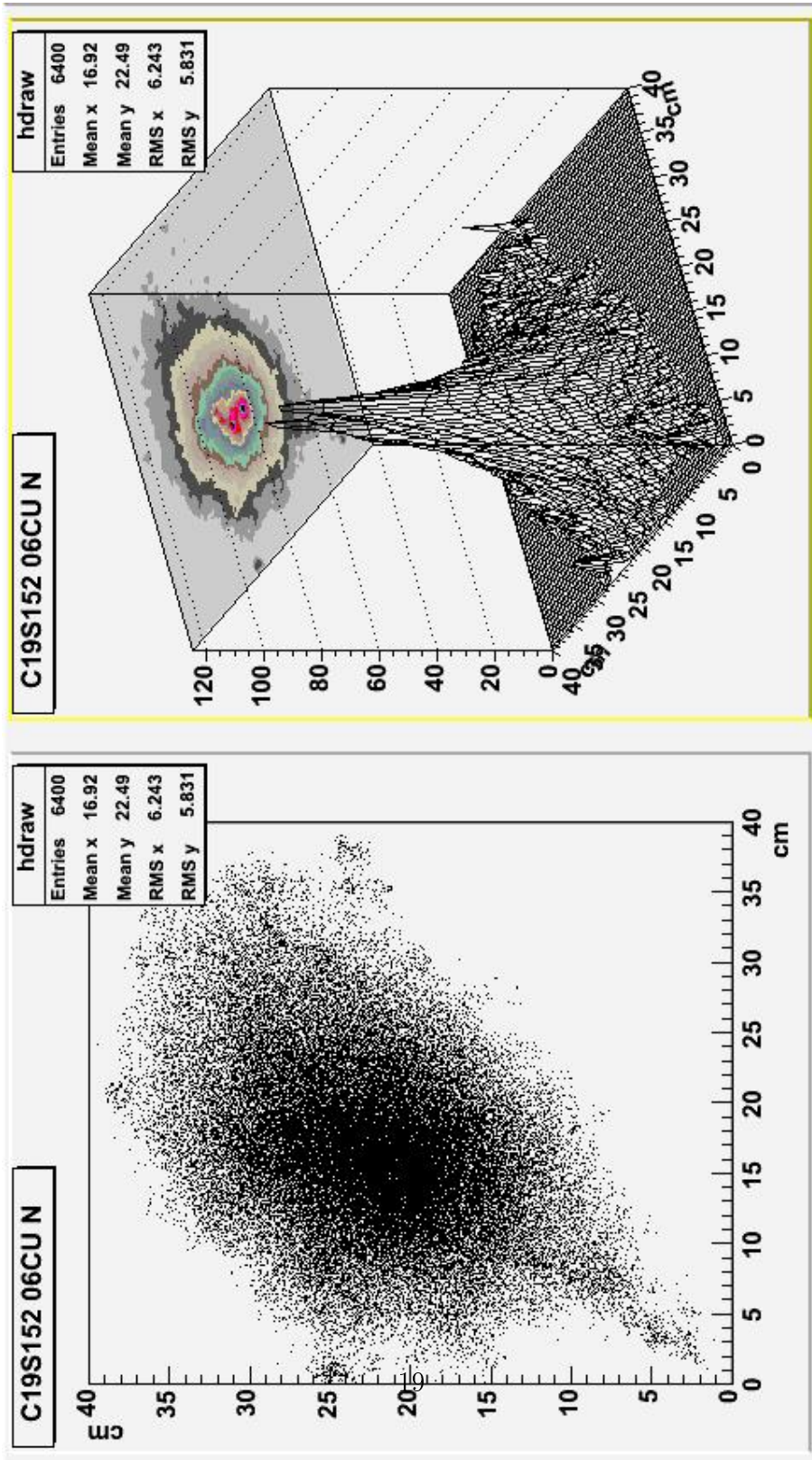


Figura 14: Evento S152 da Camara 19 - Filme 06 tipo N

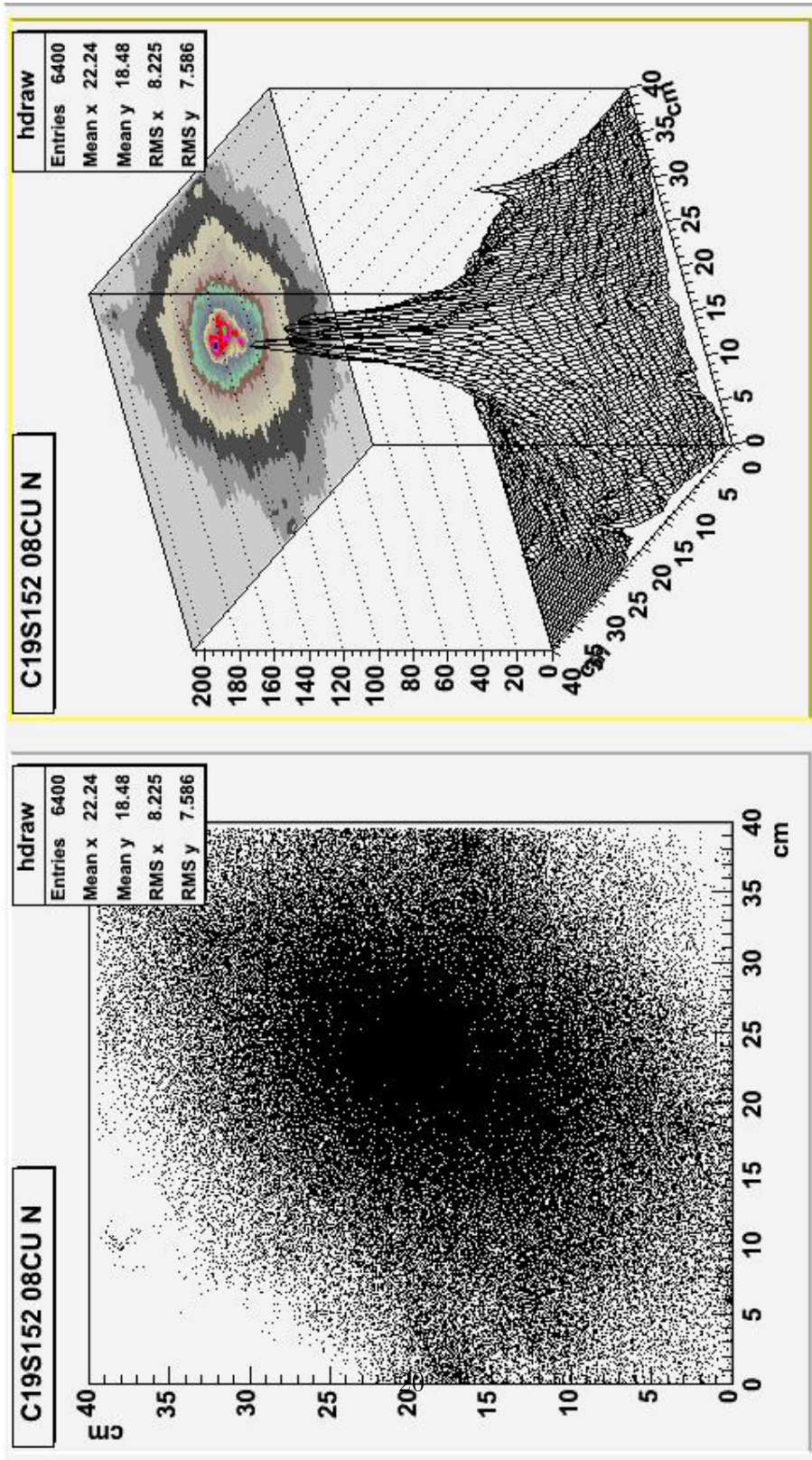


Figura 15: Evento S152 da Camara 19 - Filme 08 tipo N

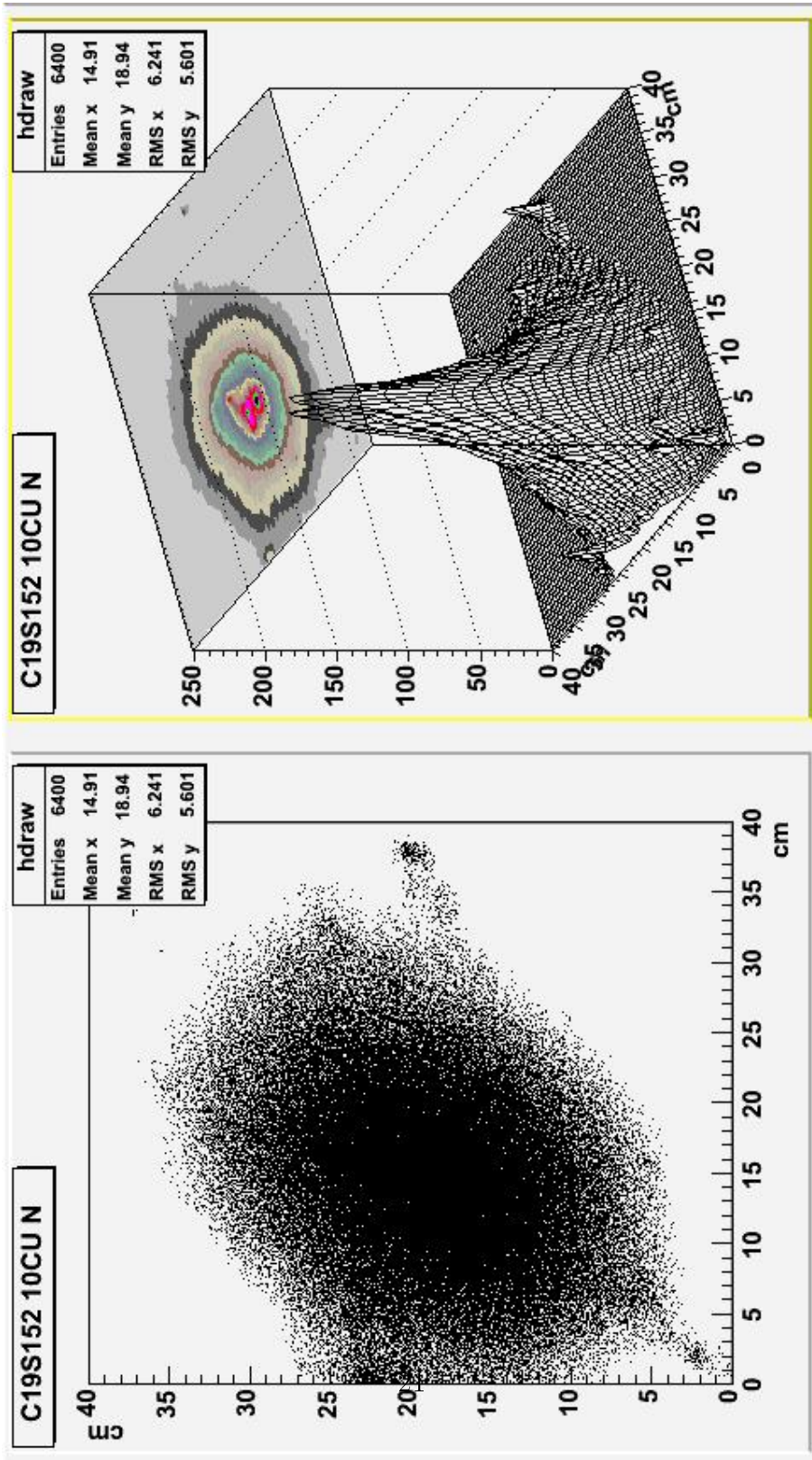


Figura 16: Evento S152 da Camara 19 - Filme 10 tipo N

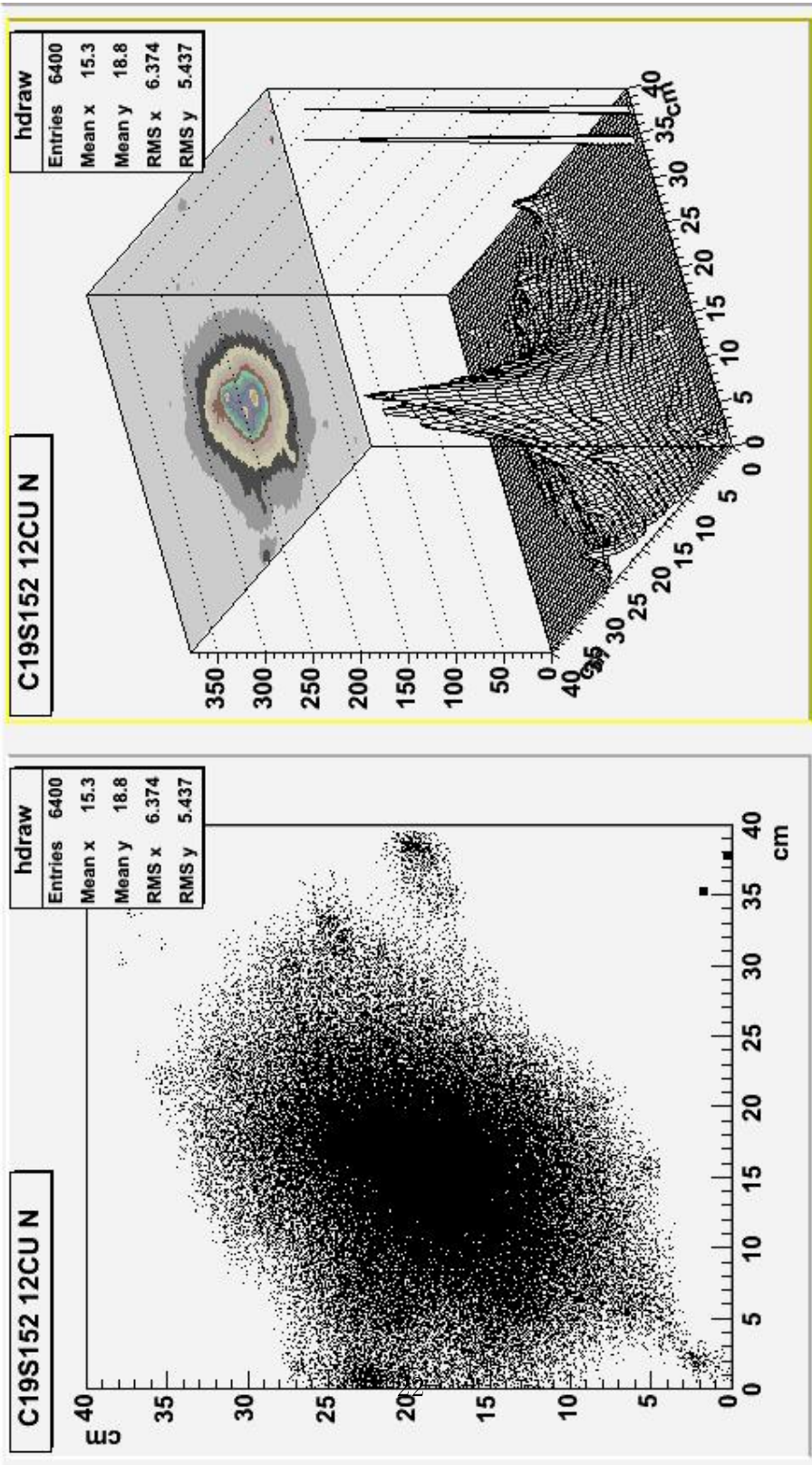


Figura 17: Evento S152 da Camara 19 - Filme 12 tipo N