

Observação e Registro de “Shadow Bands” durante o eclipse solar de 03-11-94

Paulo Roberto Moser (REA/SP)

Abstract.

“Observation and photographic records of Shadow Bands during the Nov 3, 1994 Total Solar Eclipse” by Paulo R. Moser.

Description of techniques and equipment utilized by the author to obtain rare photographs of the shadow bands phenomenon, minutes before the second contact and after the third contact during the nov 3, 1994 total solar eclipse observed from Chapecó - SC - Brazil.

1. Objetivos.

O objetivo principal a mim distribuído na observação do eclipse solar total de 03-11-94 foi o de tentar fazer um registro das chamadas “shadow bands” (ou, em português, “faixas de sombra”). Foi adotado no título o nome do fenômeno em inglês, tal como registrado pela literatura do assunto, levando-se em conta que é utilizado também em publicações feitas em língua portuguesa. Mesmo quando se encontra o nome em português, ele é apresentado como simples tradução do nome em inglês. Mas nesse trabalho usarei o nome em português, para que vá sendo fixado na mente dos leitores.

A monitoração das “faixas de sombra” e a tentativa de seu registro era um dos objetivos propostos pelo Projeto de Observação REA nº 204/94, relativo ao eclipse solar total de 03-11-94. Por ser um fenômeno de difícil registro e não totalmente explicado até hoje, seu monitoramento e tentativa de registro fotográfico apresentava-se como um verdadeiro desafio. Desafio esse aumentado pelo fato de não ser conhecido pelo autor nenhum resultado observacional ou descrição pormenorizada de técnicas passíveis de fazer esse registro com sucesso. Só se sabia que era fenômeno de difícil registro observacional. Assim, partiu-se do zero, o que mostrou a necessidade de, primeiramente, buscar algum apoio teórico que pudesse fundamentar técnicas observacionais válidas.

2. Planejamento.

Por isso, o planejamento da observação faz “faixas de sombra” se iniciou com uma pesquisa junto a revistas de astronomia e outras publicações sobre o Sol e eclipses solares para se poder determinar em que consistia, do ponto de vista teórico, o fenômeno a ser

observado. Registre-se aqui que a quase totalidade dos textos sobre eclipse do Sol quando muito cita o fenômeno das “faixas de sombra”, não dando maiores explicações sobre ele.

Afortunadamente, o primeiro dos artigos citados na bibliografia que se encontra ao final desse trabalho, além de ser de publicação recente, era o de um interessado (fazendo tese de doutoramento) na teoria matemática da propagação de ondas através de turbulência. Esse é justamente o caso das “faixas de sombra” que, a grosso modo, é consensualmente o efeito da propagação da luz solar (melhor, daquele mínimo de luz solar existente imediatamente antes e imediatamente depois da totalidade) através da atmosfera terrestre. No caso das “faixas de sombra”, estamos basicamente diante do mesmo fenômeno pelo qual as estrelas parecem cintilar: a diferença é que os raios de luz que atingem a Terra provenientes do Sol constituem uma fonte extensa e não uma fonte pontual, como no caso das estrelas. Essas fontes de radiação luminosa devem passar pela turbulência da atmosfera para atingir a superfície da Terra. Devem passar, portanto, pelas flutuações de temperatura e densidade do ar (o que altera seu índice de refração) que são causadas pelos redemoinhos e rodopios do ar atmosférico. O artigo citado é muito interessante e foi baseado principalmente no seu conteúdo que se montou uma estratégia para tentar registrar o fenômeno.

Assim é que, inicialmente, se havia pensado em, além de fotografar, tentar captar as “faixas de sombra” com câmera de vídeo, o que teria valor inestimável se bem sucedido. Essa tarefa seria executada pelo companheiro Tasso Napoleão (REA/SP), que por isso mesmo participou de todas as fases de planejamento da observação do fenômeno. Entretanto, a leitura do artigo e a análise das características técnicas do equipamento disponível desaconselharam o seu uso, motivo pelo qual essa possibilidade foi abandonada ainda na fase de planejamento. A maioria das câmeras de vídeo têm sensibilidade para distinguir 30 níveis de brilho, ao passo que as “faixas de sombra” representam aproximadamente 0,02% da luz total incidente. Dessa forma, não são captadas por tais câmeras.

3. Equipamento utilizado.

3.1. Quadro branco (White Board).

A análise das idéias contidas no artigo levou à conclusão de que seria preciso fotografar o fenômeno em uma superfície que fosse clara o suficiente para poder exibí-lo (já que ele, em sua essência, consta de faixas ondulantes, do tipo curva senoidal, alternadamente claras e escuras). Como a observação seria feita em Chapecó-SC, e o planejamento foi feito em São Paulo, sem que se soubesse por antecipação quais condições seriam encontradas no local (uma grande parede branca de frente para o Sol parecia então ser o ideal), a conclusão foi a de que seria preciso levar ao local um anteparo adequado para exibir as “faixas de sombra” e onde elas poderiam ser fotografadas. Com essa providência, se evitaria uma eventual improvisação a ser feita no dia anterior ao eclipse, e já se partiria de São Paulo com a certeza de que haveria condições para bater as fotos, se as condições meteorológicas permitissem a observação do eclipse. Foi escolhido um desses quadros brancos (white board) muito usados atualmente em conjunto com pincéis atômicos para palestras e em salas de aula. Medindo aproximadamente 1 metro quadrado, nele foi grafado, em seu limite superior, com pincel atômico azul, o nome da REA, e abaixo e à esquerda, o nome do posto observacional e suas coordenadas locais e altitude, dados obtidos com o uso de um GPS (Global Positioning System).

Além disso, para facilitar uma análise posterior das “faixas de sombra”, caso estivessem presentes e fossem fotografadas, foi desenhado, em seu lado esquerdo, também com pincel atômico, um quadrado de 30 cm, dividido em quadrados menores de 10 cm. A finalidade desse desenho seria a de servir de padrão para tirar medidas das “faixas de sombra” (extensão vertical do pico da senóide, extensão horizontal de cada componente da faixa, quantidade de faixas por “x” centímetros, etc.). Essa decisão de se usar o “quadro branco” se mostrou muito acertada porque as condições locais (ausência de anteparo claro de frente para o Sol) não teriam permitido o registro fotográfico do fenômeno, e mal teriam permitido a sua observação. Esse “quadro branco” foi disposto no solo acompanhando a linha norte-sul, de modo a que ficasse de frente para o Sol. Foi também dada a ele uma inclinação tal que permitisse à radiação visual proveniente do Sol atingí-lo perpendicularmente, evitando qualquer deformação na captação fotográfica do evento (ver apêndice 1).

3.2. Máquina fotográfica e filme.

Por ser um fenômeno de difícil registro e rápida duração, pensou-se que, em vez de se usar uma

máquina reflex convencional (a princípio havia sido escolhida uma Zenit 12 XP, de fabricação alemã), melhor seria usar-se a máquina automática. Com isso se ganharia tempo, já que o próprio equipamento regula a velocidade de exposição a partir da abertura escolhida, podendo o operador concentrar-se em tirar o maior número de fotos possível. Foi então usada uma Nikon EM, de fabricação japonesa. O filme utilizado, por padronização com os demais trabalhos da REA durante o eclipse, foi um filme colorido, par 36 poses, de marca Fujichrome Provia Professional, com sensibilidade de 400 ASA e vencimento marcado para março de 1996.

Por alguns exemplos encontrados nos artigos citados, parece haver uma preferência pelo uso, no registro do fenômeno, do filme de 100 ASA, com velocidade de 1/125. Para tentar fugir a esse padrão, foi dada preferência, conscientemente, a um filme mais sensível. Em uma primeira análise comparativa, os resultados, em cópia diapositiva, são pelo menos de mesmo nível que aqueles vistos nos artigos citados. Com relação à velocidade obtida pela máquina automática, a primeira foto tirada, quando o fenômeno começou a se tornar visível, foi com uma velocidade de 1/1000. Que foi gradativamente diminuindo à medida que a totalidade se aproximava e o ambiente se tornava mais escuro.

3.3. Bússola.

Para permitir a marcação do alinhamento norte-sul no solo e poder orientar a colocação do quadro branco foi utilizada uma bússola marca Silva, de fabricação sueca. Esse equipamento tem o disco central giratório, de modo que se pode prepará-lo antecipadamente para a declinação magnética local, facilitando o trabalho de determinação do alinhamento sem a necessidade de se recorrer a triângulos e trigonometria. A leitura do norte geográfico é dada diretamente pelo próprio mostrador.

3.4. Baro-Hygro-Termômetro.

Como a análise teórica do fenômeno mostrou que as condições ambientais eram importantes (com forte vento no momento teórico de sua existência, as “faixas de sombra” podem mesmo nem ser vistas), chegou-se a conclusão que não bastaria tentar fotografar, mas que seria preciso, além disso, possuir um registro das condições ambientais. Para isso, foi também utilizado um aparelho, de procedência alemão, com três medidores: um barométrico (pressão atmosférica em milibares), um de umidade relativa do ar (em %), e outro de temperatura (em graus Celsius). Esse equipamento foi colocado atrás do quadro branco, ficando protegido da incidência direta dos raios solares.

3.5. Anemômetro.

Para a medição da intensidade do vento foi utilizado um anemômetro (“air flow”) seguro pela mão (nos momentos da medição) a pouco mais de dois metros de altura. Bem sensível, regulado em metros por segundo, e de leitura digital, esse equipamento mostrou-se de grande utilidade.

3.6. Catavento.

Para o registro da direção do vento foi utilizado um simples catavento projetado e construído pelo autor (ver desenho no apêndice 2). Com a utilização de duas pequenas estacas de madeira leve, tipo “balsa”, utilizada para confecção de modelos de aerodelismo, uma pequena hélice de plástico, uma arruela de metal, mais um prego e um alfinete, foi montado um pequeno e simples aparelho que se mostrou adequadamente eficiente, servindo até para uso pela equipe meteorológica. Além disso, como se verá ao final, sua utilidade foi tanta que permitiu detetar uma característica do direcionamento do vento durante o eclipse, a ser estudada em observações futuras, para verificar-se se possui alguma relação com o eclipse (ver gráfico no apêndice 3).

3.7. Planilha.

Para registro das condições ambientais, foi elaborada uma planilha. Contendo sete colunas (tipo e posição de nuvens, velocidade e direção do vento, temperatura, percentual de umidade e pressão do ar atmosférico), as linhas foram divididas pelos momentos principais do eclipse, com intervalos de meia hora durante as fases penumbrais, e de 30 segundos durante a totalidade e durante os quatro minutos anteriores e posteriores a ela. Esses horários fixados pela planilha foram aqueles determinados pelo projeto observacional da REA. O artigo citado acima fazia referência à existência do fenômeno no período de “um minuto ou dois” imediatamente antes e após a totalidade. Por isso, a planilha previu para o fenômeno registros nos quatro minutos imediatamente antes e imediatamente após a totalidade.

O registro dos dados da planilha permitiu a elaboração dos gráficos (ver apêndice 4) relativos às alterações da umidade relativa do ar e da temperatura durante o eclipse. Como a planilha estava preparada para registrar as fases principais do eclipse, isso está claramente refletido nos gráficos, de leitura quase intuitiva, onde se percebe com facilidade as alterações daquelas duas características ambientais durante o desenvolvimento do eclipse.

3.8. Outros.

Foram utilizados ainda alguns acessórios para facilidade do trabalho observacional, tais como: 1)

linha de nylon, do tipo utilizado por pedreiros, para a fixação no solo do alinhamento norte-sul; 2) rosa dos ventos, desenhada em papel acartonado, para ser utilizada junto com o catavento, com a finalidade de determinar a direção do vento conforme os pontos cardeais; 3) cronômetro, para determinação dos momentos em que determinadas tarefas deveriam ser realizadas; 4) gravador cassete, para registro falado do desenvolvimento dos pontos e características principais do que iria estar ocorrendo durante o fenômeno.

4. Resultados.

Em 03-11-94, não se viu em Chapecó uma única nuvem no céu durante todo o dia. Foi um dia realmente glorioso. Por isso, a luz solar incidente na posição do posto observacional não sofreu nenhuma restrição, além das restrições naturais provocadas pela camada atmosférica que envolve a Terra.

Os resultados obtidos podem ser classificados em dois itens separados: aquele registrado por observação visual durante o fenômeno, e aquele obtido pelo registro fotográfico originalmente em diapositivo e posteriormente transformado em cópia fotográfica.

Por observação visual, o fenômeno começou a ser efetivamente percebido, muito fracamente é verdade, entre três e dois minutos antes da totalidade. O “muito fracamente”, convém observar, não é depreciativo nem representa nenhum conceito relativamente ao fenômeno mas faz parte de suas próprias características. Inicialmente, começaram a ser percebidas algumas “manchas” (por contraste contra o fundo claro do quadro branco) de conformação oval-alongada, ocupando por volta de um terço do quadro branco, movimentando-se levemente. A coloração era bastante esmaecida, como se fosse de um tom marrom bem claro. Aos poucos, foi havendo uma definição cada vez maior e a coloração foi se tornando de tonalidade preta. Com o aumento gradativo da definição, foi possível ver que as “faixas” eram de dois tipos (que por comodidade de explicação chamarei aqui tipos A e B), que se apresentavam alternados: a “faixa” do tipo A apresentava poucas (4 ou 5) linhas bem definidas (com aproximadamente de 1 a 2 milímetros de espessura), nitidamente pretas, de conformação senoidal e comprimento que tomava toda a extensão do quadro branco, bem próximas e que mantinham um paralelismo entre si durante todo o movimento, que tinha como direção o sentido longitudinal da “faixa”; a “faixa” do tipo B (se é que se pode chamá-lo de tipo) era simplesmente um espaço maior que havia entre duas faixas do tipo A. Parecia ser mais um “intervalo” que uma “faixa” (ver apêndice 5).

Interessante destacar aqui que, durante a ocorrência do evento, pareceu ao autor, sem que pudesse ter certeza, que a definição das “faixas de sombra” no período imediatamente anterior à totalidade

foi de uma maior nitidez que a proporcionada por aquelas faixas que apareceram logo após a totalidade. Observando agora os gráficos constantes do Apêndice 4, vê-se que: 1) a temperatura diminuía antes da totalidade e que embora estivesse aumentando após a totalidade, ainda era menor que a anterior à totalidade; 2) quanto à umidade relativa do ar, seu valor aumentava continuamente, mas era bem maior no período posterior à totalidade. Poderia haver uma relação entre essas alterações e a nitidez com que as “faixas de sombra” se apresentavam? Sem dúvida será tópico a ser destacado em observação futura.

Quanto ao registro fotográfico (cópia diapositiva e cópia impressa), duas observações podem ser logo feitas: 1) a cópia diapositiva registra o fenômeno das “faixas de sombra” de forma bem mais nítida que a sua apresentação na cópia impressa. Visivelmente há perda de qualidade, o que permitirá fazer interessantes variações em um planejamento futuro relativamente a uma outra observação do mesmo fenômeno; 2) a comparação entre a observação visual e seu registro, mesmo no caso de se considerar apenas aquele obtido pela cópia diapositiva, mostra que houve, também aqui, muita perda. Na cópia diapositiva o fenômeno é visto com tonalidade muito mais esmaecida que aquela que foi observada visualmente durante o desenrolar do fenômeno. Nesse caso é bastante provável que essa diferença de qualidade seja devida às regulagens e controles fixados na máquina fotográfica. O que também permitirá outras interessantes experiências em eclipse futuro.

5. Para Futuros Planejamentos.

Levando em conta a experiência adquirida pelo autor e outros membros da REA com essa observação, há vários tópicos interessantes que podem servir como apoio e ponto de partida com vistas a uma futura observação do mesmo fenômeno.

1) não usar um observador único, e sim uma equipe, não apenas para poder dar conta da diversidade apresentada pelo fenômeno, mas também para que possa haver um rico trabalho posterior de comparação entre os resultados obtidos nessa diversidade;

2) como a ambientação é importante, o seu registro talvez seja melhor feito pela equipe que observa e registra as condições meteorológicas, liberando a equipe que observa as “faixas de sombra” para total concentração no fenômeno;

3) o uso do quadro branco é altamente recomendado, mas além de se tentar usar um com tamanho grande, deve ser pesquisada uma superfície que seja áspera, de modo a impedir ao máximo qualquer reflexo provocado pela radiação luminosa proveniente do Sol. Pode-se pensar também em pesquisar e fazer experiências com outras superfícies, como tecidos, por exemplo;

4) quanto ao filme a ser utilizado, convém usar todas as possibilidades, para posterior análise do mais correto, ou do que for mais adequado para registrar o fenômeno. Assim, proponho o uso de filme em branco e preto (B&P) e também de filme colorido. Além disso, se usado diapositivo, usar simultaneamente o filme comum, adequado para cópia impressa;

5) a mesma diversidade observacional deverá valer no que se refere à máquina fotográfica, usando-se tanto uma manual quanto outra automática;

6) cada registro fotográfico deverá ter todos os seus dados técnicos de abertura e velocidade de exposição registrados, motivo pelo qual cada operador de máquina fotográfica deverá ter um companheiro anotando os dados em uma planilha;

7) por fim, uma sugestão que pode trazer grandes alegrias: todos os membros da REA que conheçam e se interessem por câmeras de vídeo são incentivados a concentrar estudos, antes do próximo eclipse, nesse tipo de equipamento. Um simples registro que se consiga com uma câmera de vídeo, mesmo com resultado razoável, permitirá notável avanço teórico no estudo das “faixas de sombra”.

6. Agradecimentos.

Fica aqui registrado pelo autor um agradecimento especial às várias pessoas que colaboraram mais de perto no desenvolvimento do planejamento e registro local do fenômeno. Ligia Cláudia Ramos dos Santos (Taubaté-SP) colaborou no preenchimento da planilha durante o tempo em que o autor fotografava as “faixas de sombra”. Frederico Luiz Funari (REA/SP) não apenas determinou a declinação magnética local, como ainda conseguiu cópias xerográficas dos artigos citados. Tasso Augusto Napoleão (REA/SP), emprestou a máquina fotográfica utilizada durante a observação, além de ter participado dos trabalhos de planejamento da observação. Edvaldo José Trevisan (REA/SP) emprestou o quadro branco e o anemômetro digital utilizados durante a observação.

O autor ainda faz um agradecimento antecipado a todos os que tiverem conhecimento deste texto e possam transmitir-lhe alguma notícia, seja teórica ou prática, relativamente à observação das “faixas de sombra”.

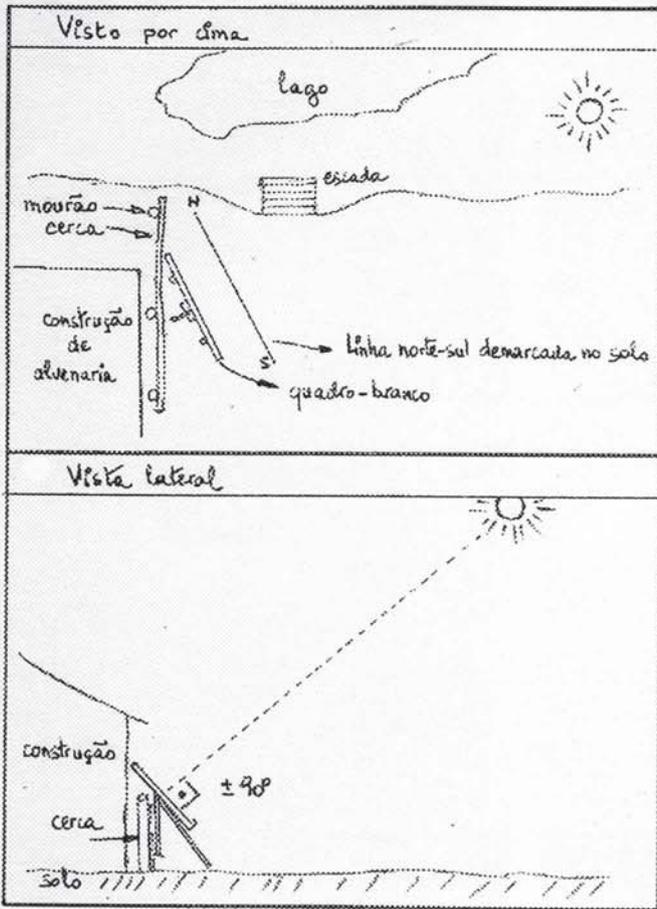
7. Referências.

Codona, Johanan L. - “The Enigma of Shadow Bands”, Sky & Telescope, maio 1991.

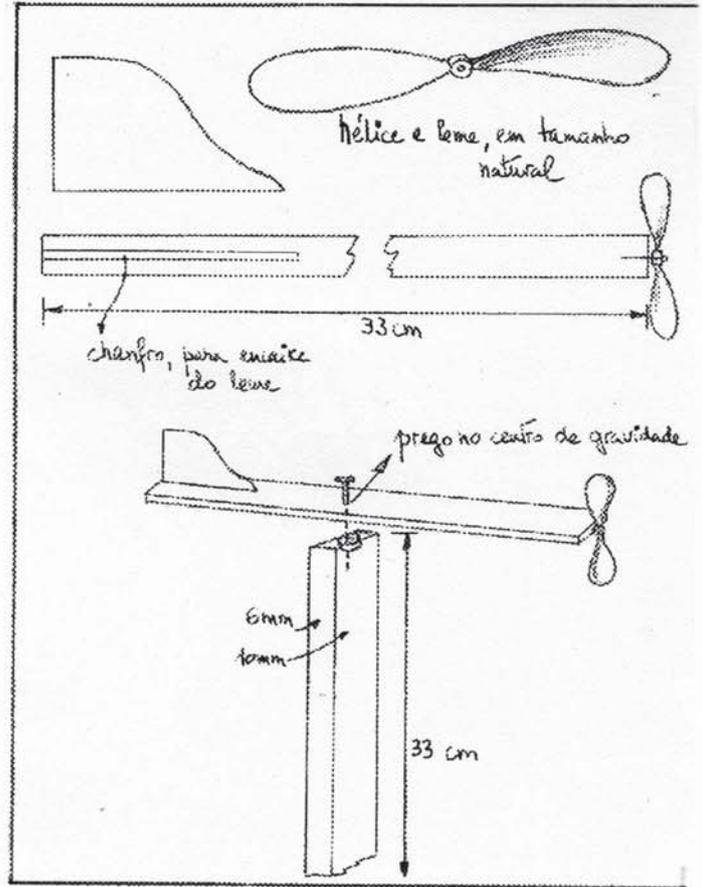
Codona, Johanan L. - “The scintillation theory of eclipse shadow bands”, Astronomy and Astrophysics, ago (11), 1986.

Marschall, Laurence A. - “Shadow Bands - Solar Eclipse Phantoms”, Sky & Telescope, fev 1984.

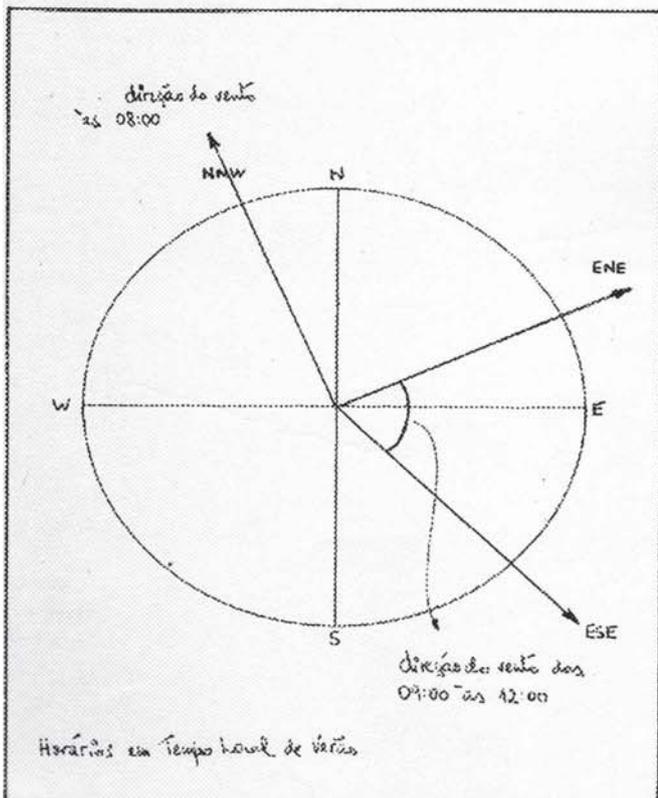
Apêndice 1: posicionamento do quadro branco relativamente ao Sol



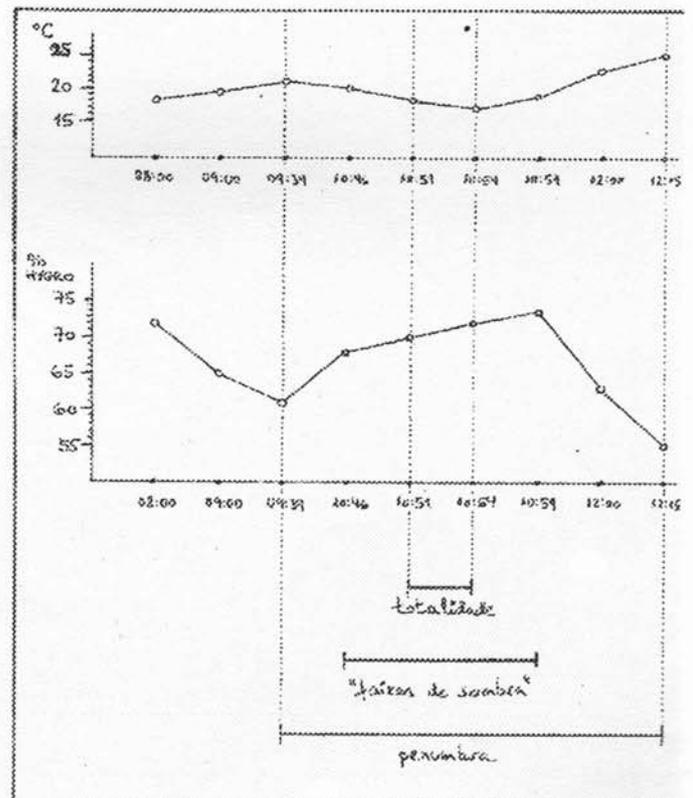
Apêndice 2: projeto de catavento simples, de fácil construção



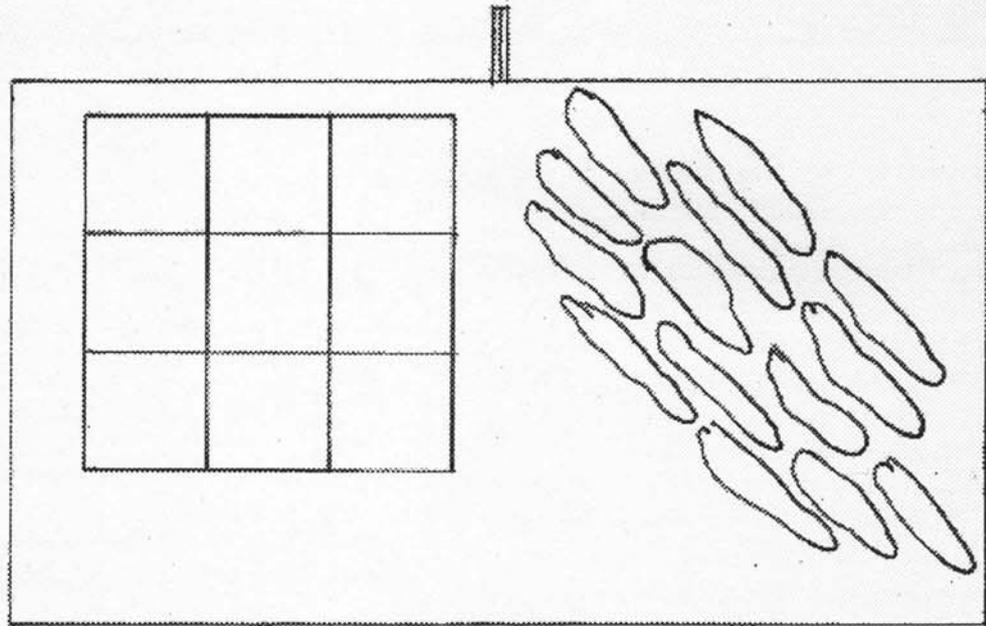
Apêndice 3: esquema de movimentação da direção do vento



Apêndice 4: gráficos da temperatura e umidade relativa do ar



"Faixas de sombra" no início do fenômeno



"Faixas de sombra" a poucos instantes da totalidade

