

# Aula 5

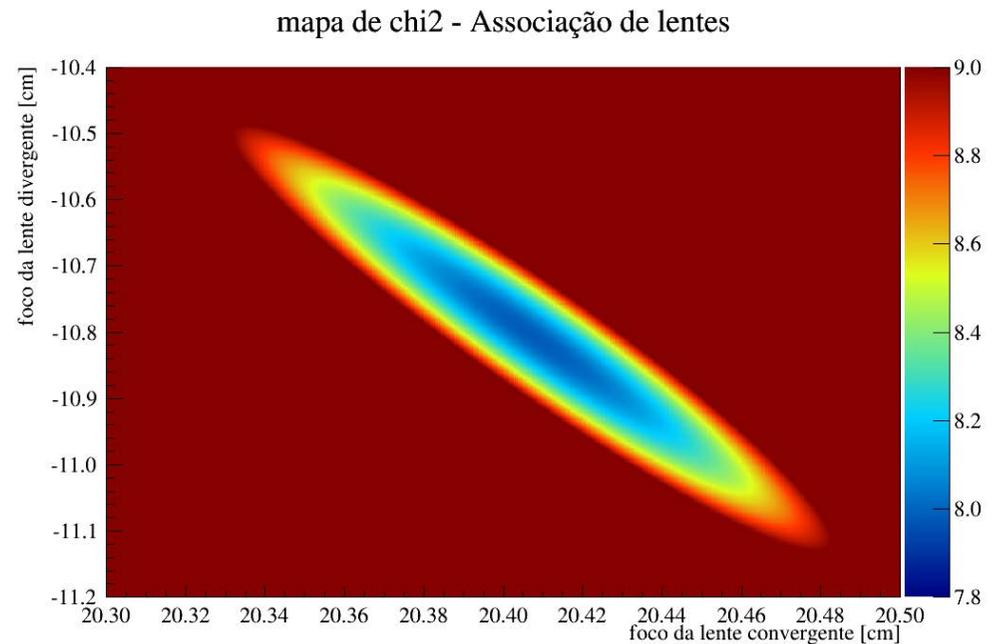
Experimentos e projeto

# Experimento I

- Algumas considerações
  - Como os dados obtidos pelos grupos estão distribuídos?
    - Há discrepâncias?
  - E as incertezas? Como elas foram avaliadas?
  - ENTREGA DO RELATÓRIO: HOJE!!!!
    - No site de reservas

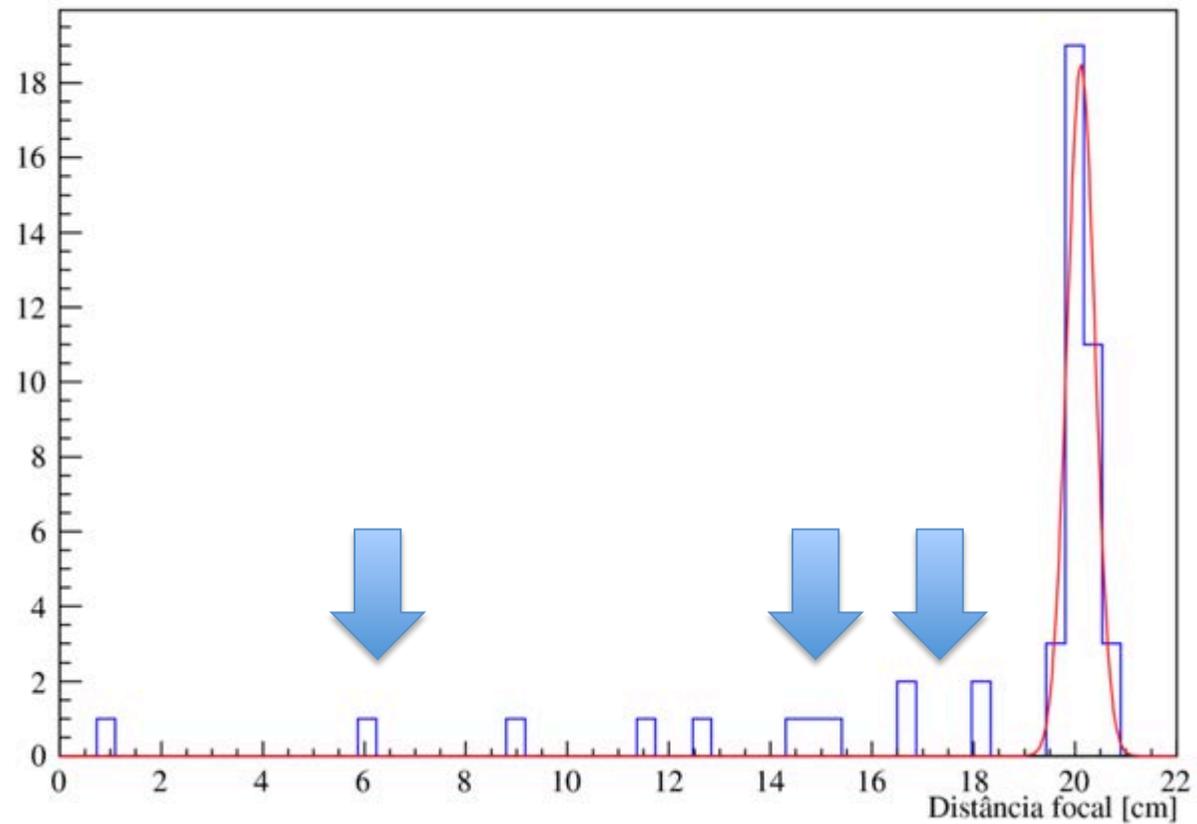
# Semana 1

- Medida da distância focal das lentes convergente e divergente
  - Valores esperados para os focos: + 20 cm e -10 cm
  - Correlação entre as duas distâncias focais medidas



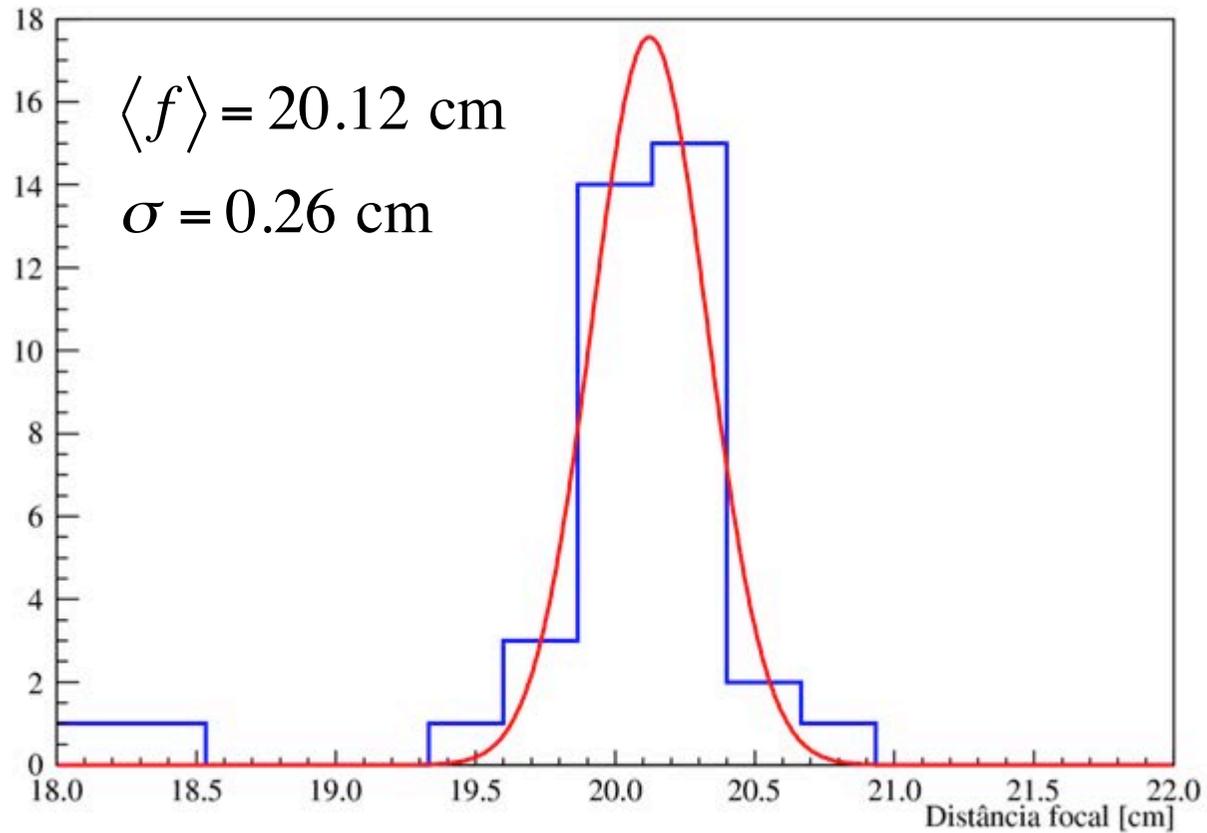
# Distribuição dos grupos

Distância focal da lente convergente (semana 1)

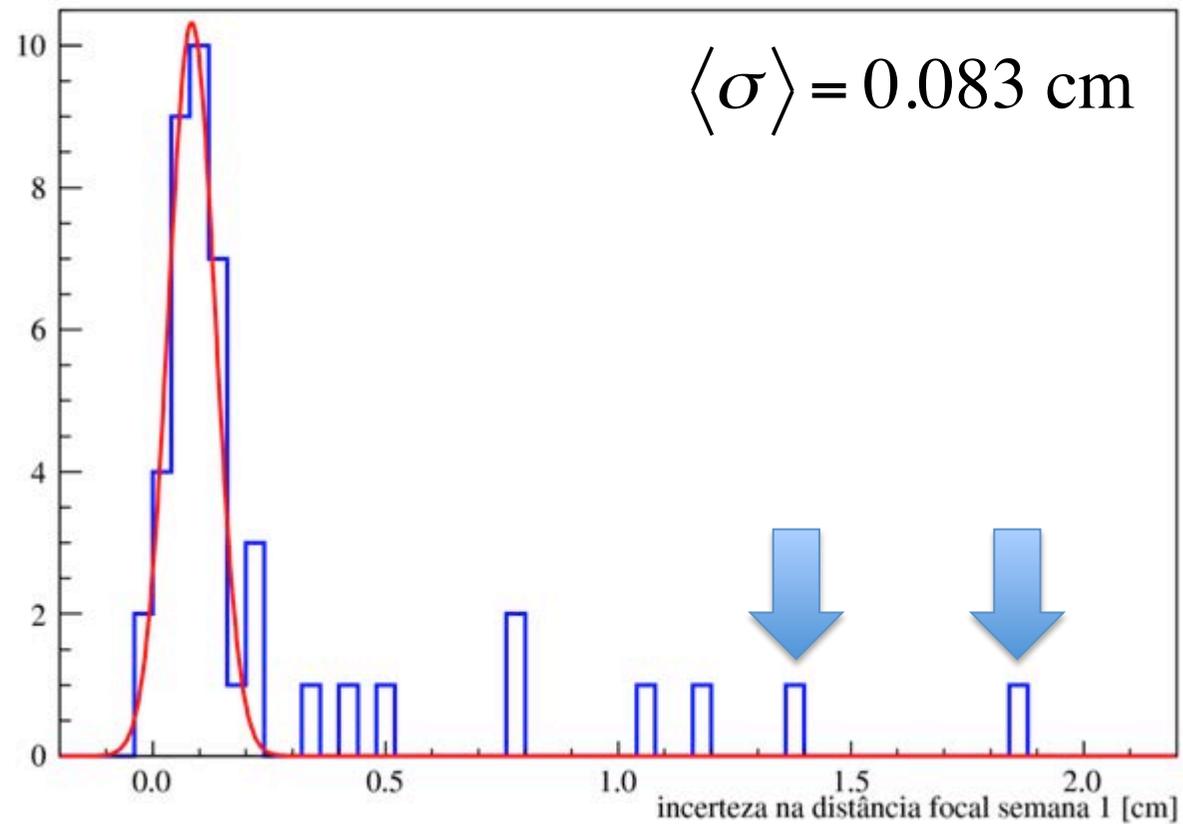


# Distribuição dos resultados

Distância focal da lente convergente (semana 1)



# Distribuição das incertezas



# Algumas considerações

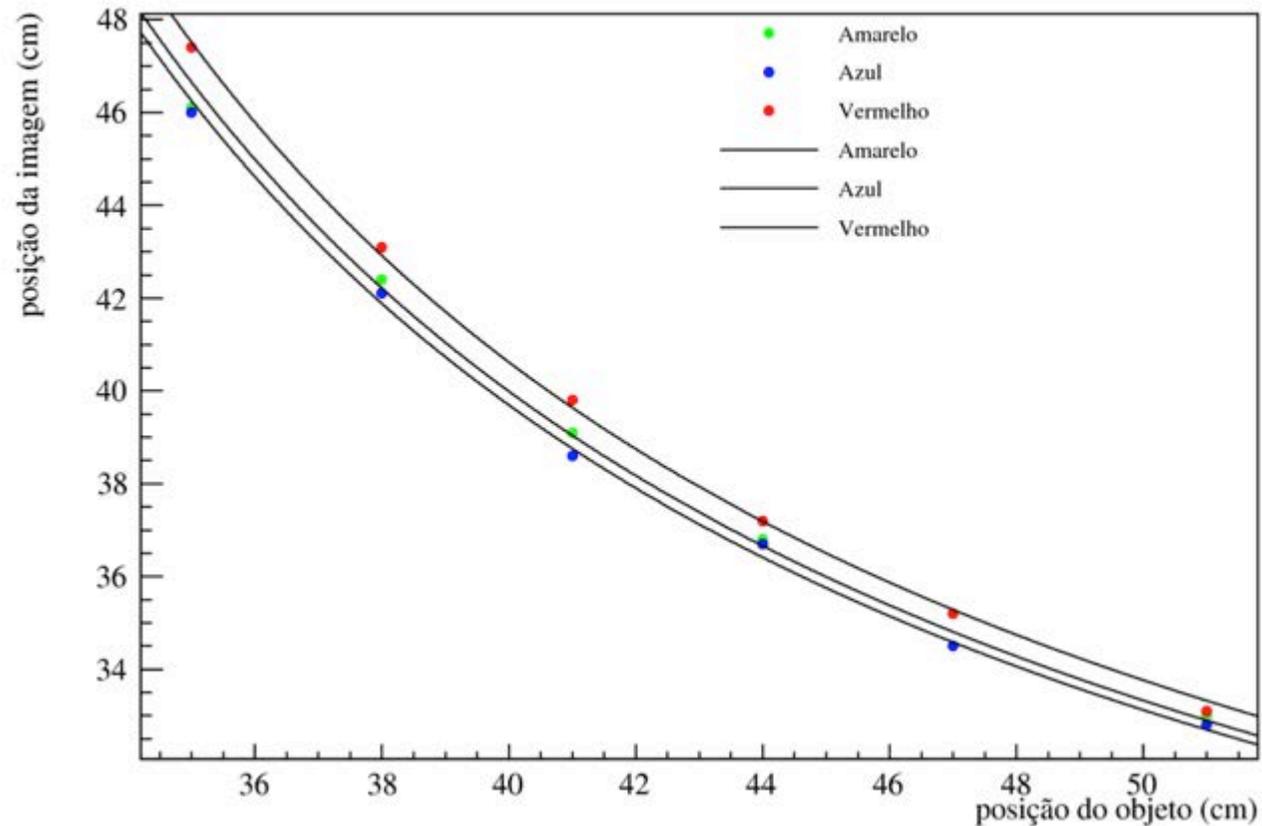
- Maioria dos grupos possuem resultados compatíveis entre si e com os valores esperados
- Distribuição possui largura maior que as incertezas típicas obtidas pelos grupos
  - Outras fontes de incertezas não perceptíveis nas medidas individuais? Quais seriam elas?
- Grupos com resultados muito discrepantes
  - Porque?

# Semana 2

- Estudo da aberração cromática da lente de 20 cm
- Variação esperada na distância focal  $\sim 0.5$  cm em 20 cm
  - Variação da ordem de 2-3%
  - Medidas experimentais devem ter precisão  $\sim 1\%$  ou menos para percebermos a diferença entre os focos
  - Cuidados experimentais deveriam ser extremos

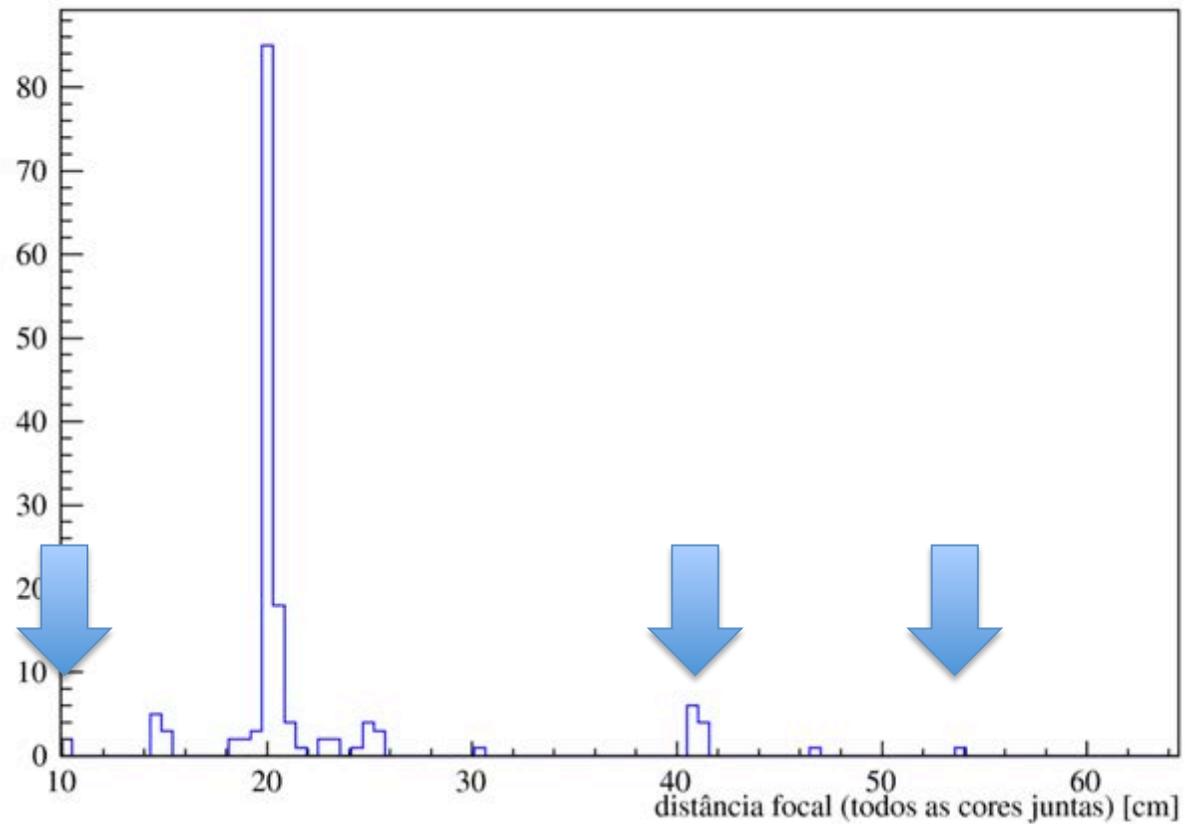
# Minhas medidas experimentais

Estudo da aberração cromática



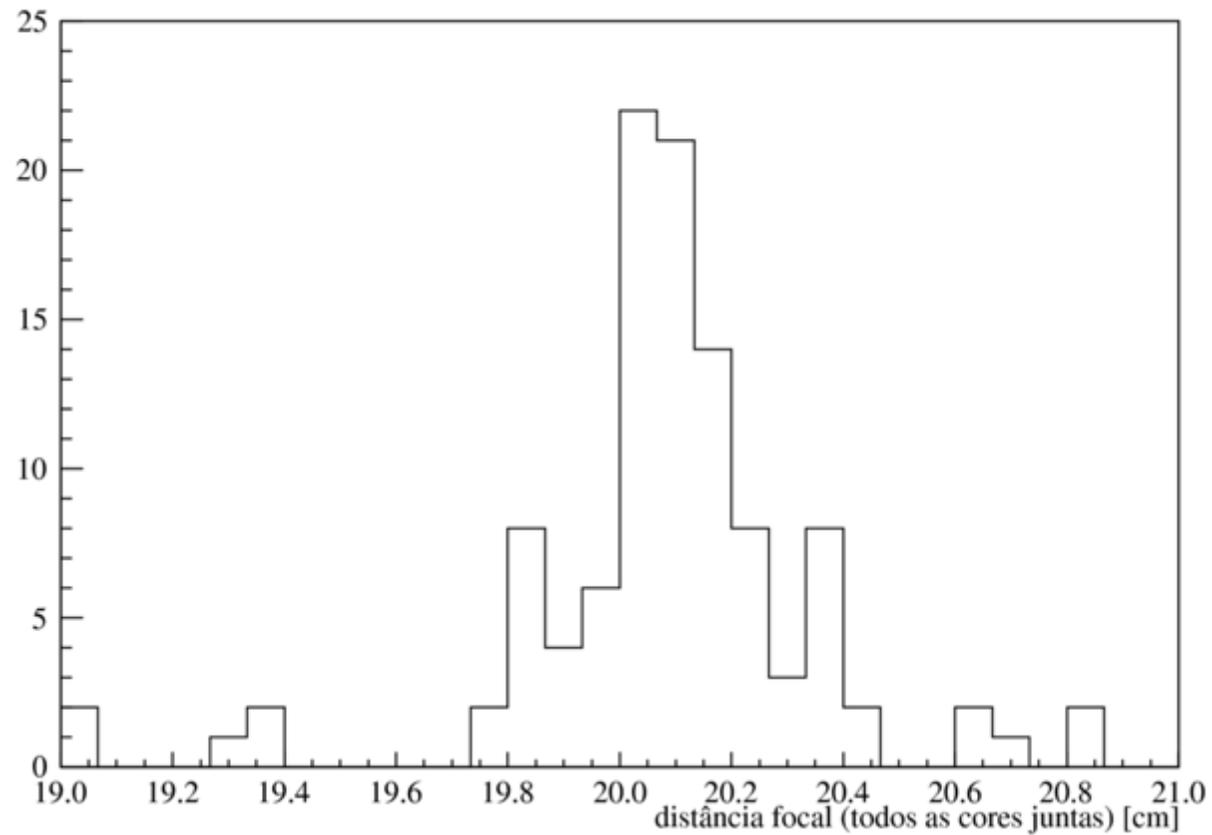
# Todas as cores juntas

Distância focal (todas cores juntas)



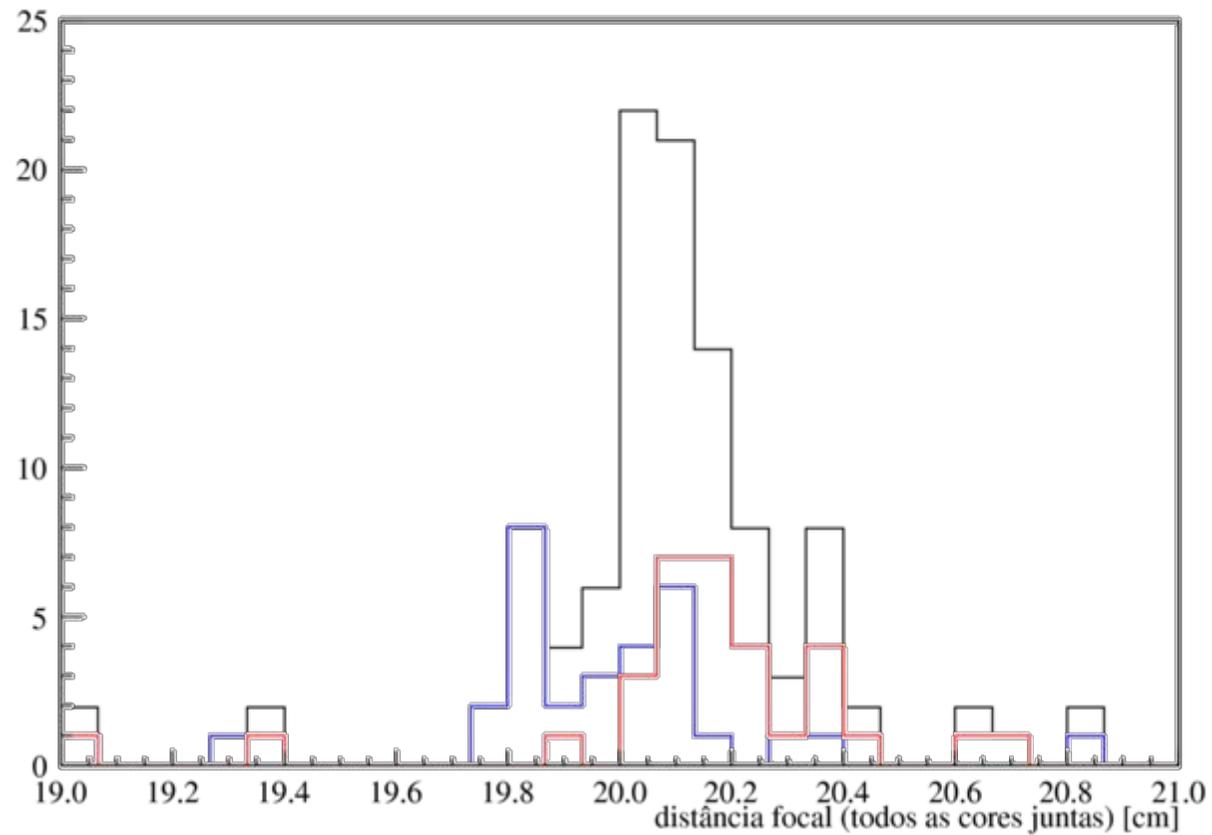
# Todas as cores juntas

Distância focal (todas cores juntas)



# Todas as cores juntas

Distância focal (todas cores juntas)

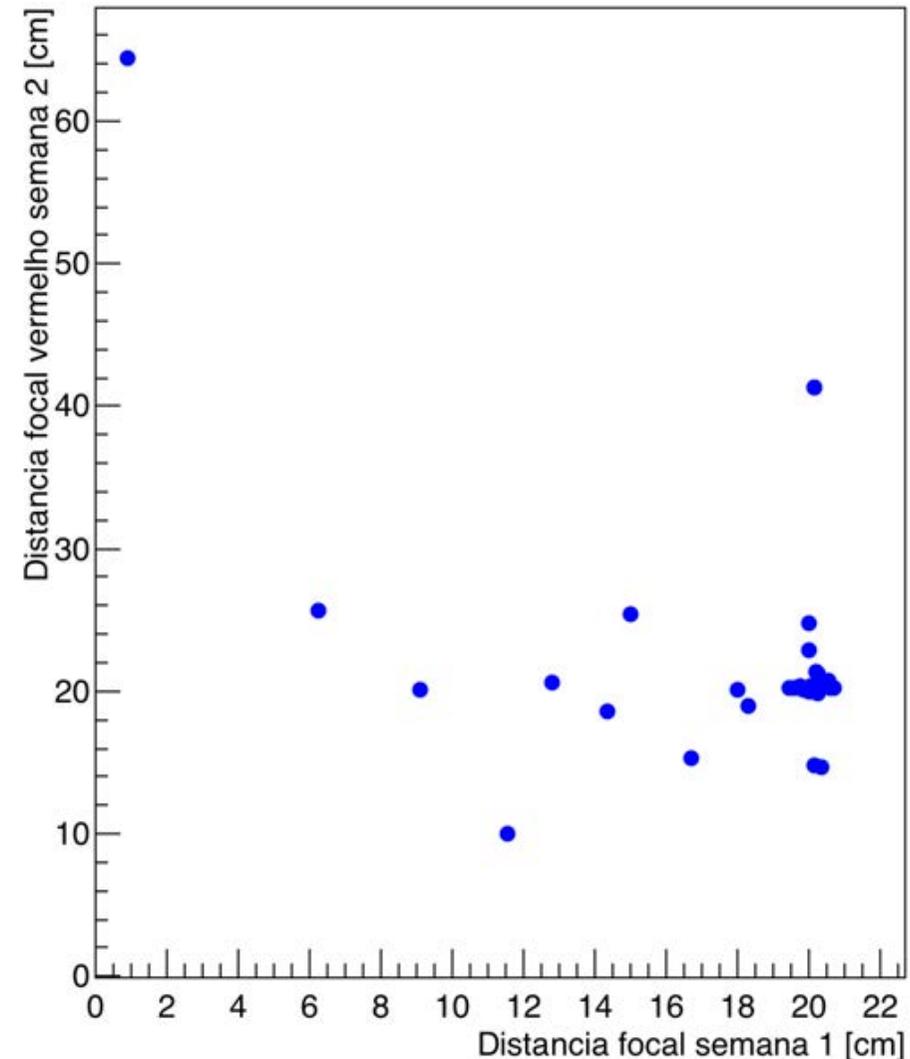


# Algumas considerações

- É possível ver estatisticamente diferenças entre as distâncias focais para cores diferentes
- Nem todos grupos perceberam esta diferença nos dados
  - Baixa precisão individual em algumas medidas
- Continuamos observando valores muito longe dos esperados em alguns grupos

# São os mesmos grupos?

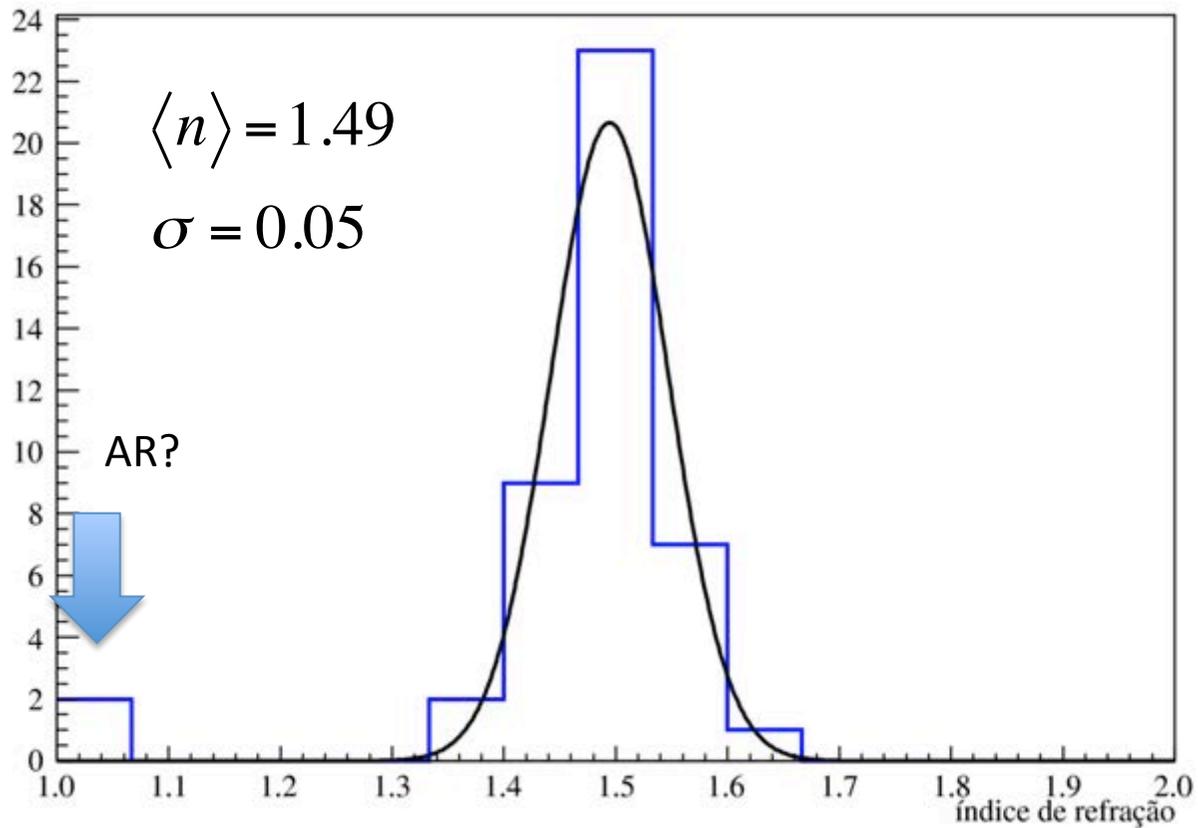
- Covariância entre os dados da semana 1 e 2 não é nula
- Isto gera um coeficiente de correlação de
  - Corr = -0.46
- Os dados da semana 1 e 2 estão correlacionados através de procedimentos utilizados pelos grupos.



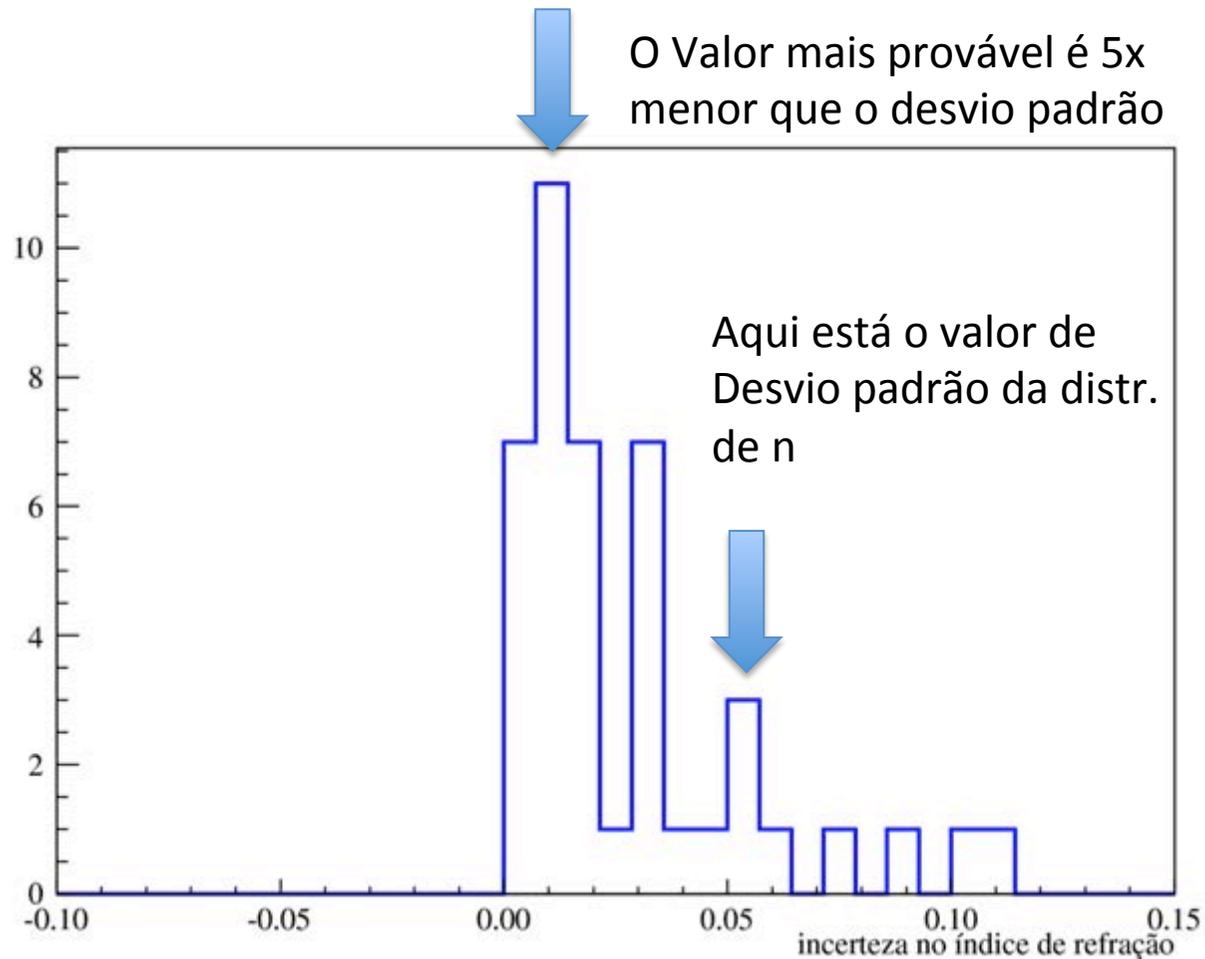
# Semana 3

- Medida do índice de refração do acrílico
  - Lei de Snell
- Estudo de lentes espessas
  - Planos focais
  - Limite paraxial da lente

# Índice de refração



# Incerteza no índice de refração



# Alguns comentários finais

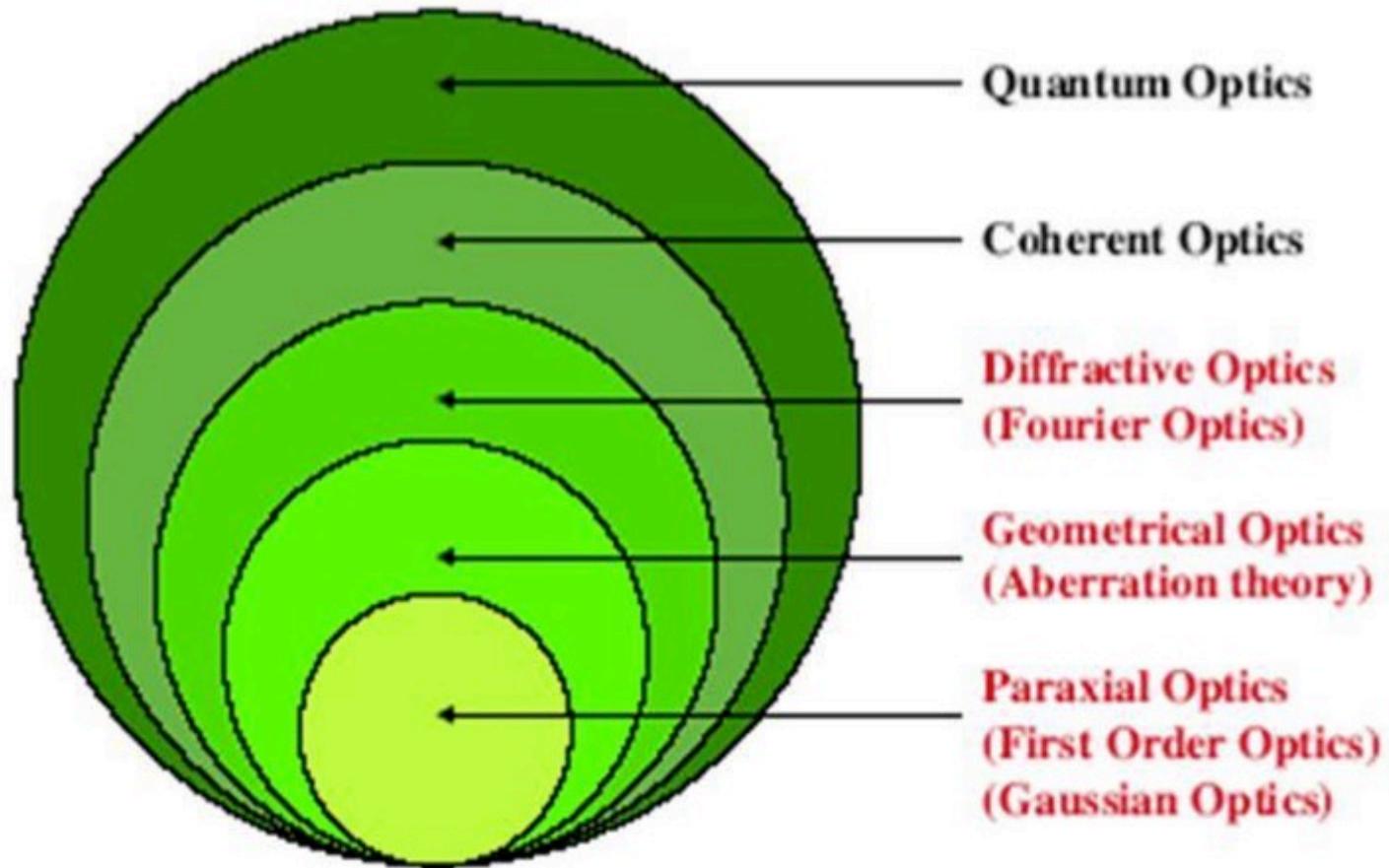
- Em geral a turma realizou a tomada de dados e fez a análise com cuidado
- A precisão estatística observada nas distribuições é, em geral, menor do que as incertezas individuais
  - Outras fontes de incerteza não consideradas nas análises individuais
- Alguns grupos (~10%) com resultados claramente comprometidos
  - Mais cuidado na tomada e análise de dados.
  - Ou um Prêmio Nobel... 😊



# Experimentos II e III

## Ótica ondulatória

# Ótica ondulatória

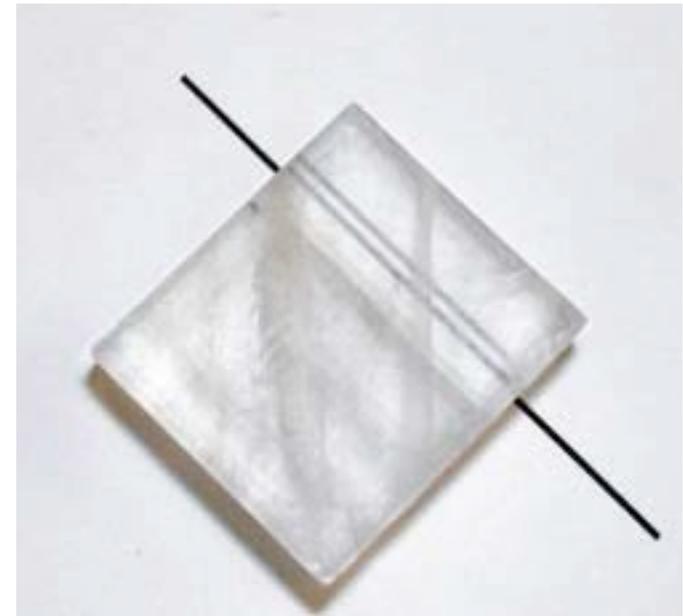
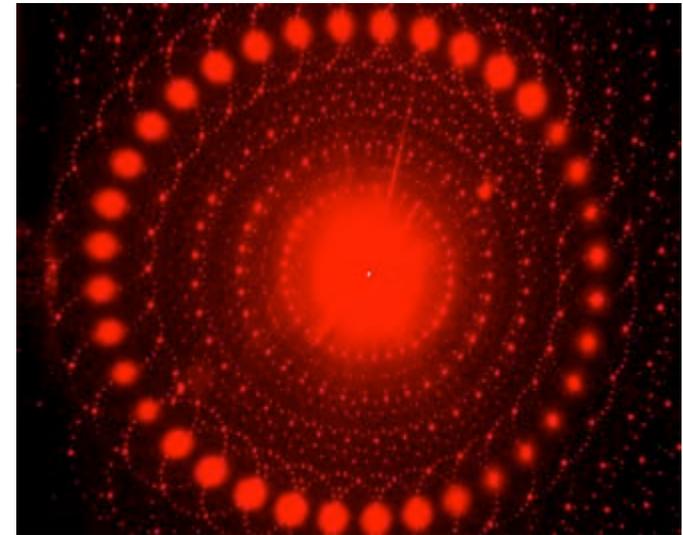


# A natureza da Luz

- O estudo de trajetórias de raios luminosos, em geral, é bem descrita pela ótica geométrica
  - Lentes, espelhos, etc.
- Por conta disto, durante muito tempo, a teoria para a luz de Newton foi bem aceita
- Porém, as experiências de Young e Fresnel no início dos anos de 1800 revelaram os efeitos de interferência e difração da luz

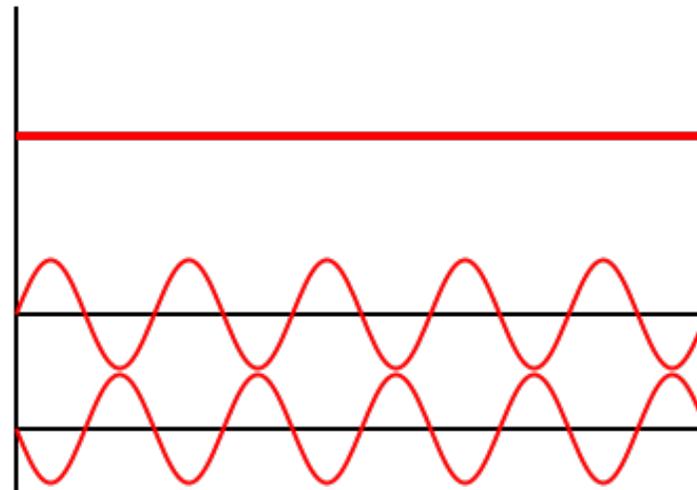
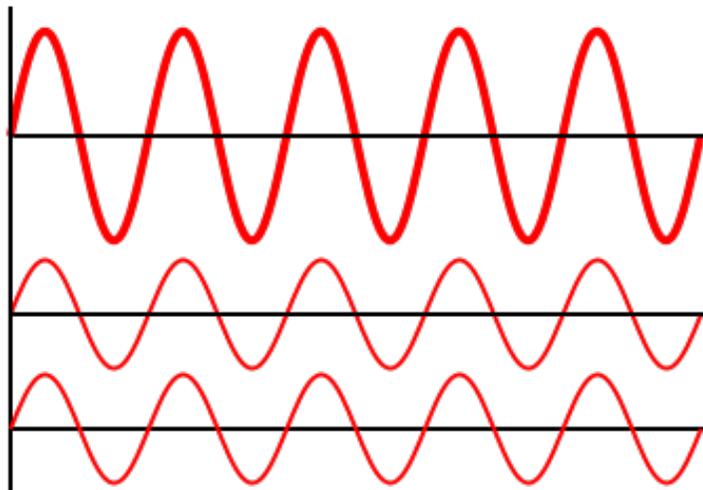
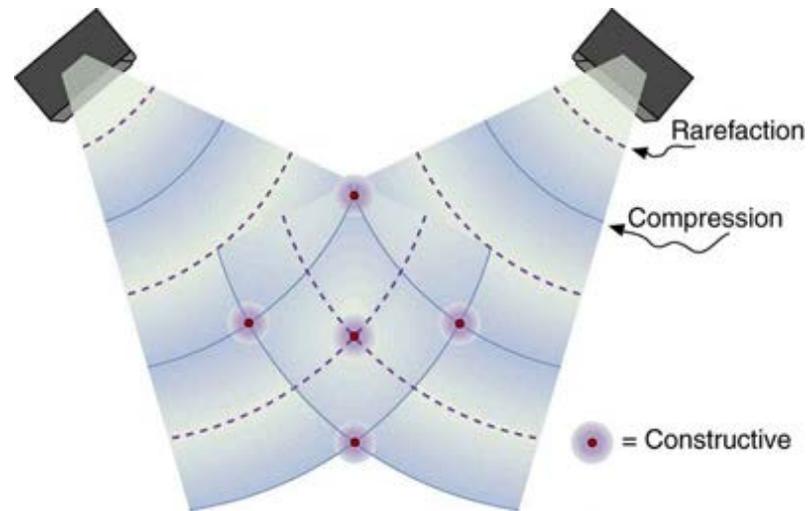
# A natureza da Luz

- Interferência e difração
  - A luz se comporta como uma onda
- Que tipo de onda?
  - A observação de fenômenos de polarização indicam que a luz é uma onda transversal
    - Erasmus Bartholin, 1669 – Calcita
    - Thomas Young & Augustin-Jean Fresnel – duas componentes com diferentes velocidades
  - Os estudos de Maxwell (1864)
    - A luz é uma onda eletromagnética

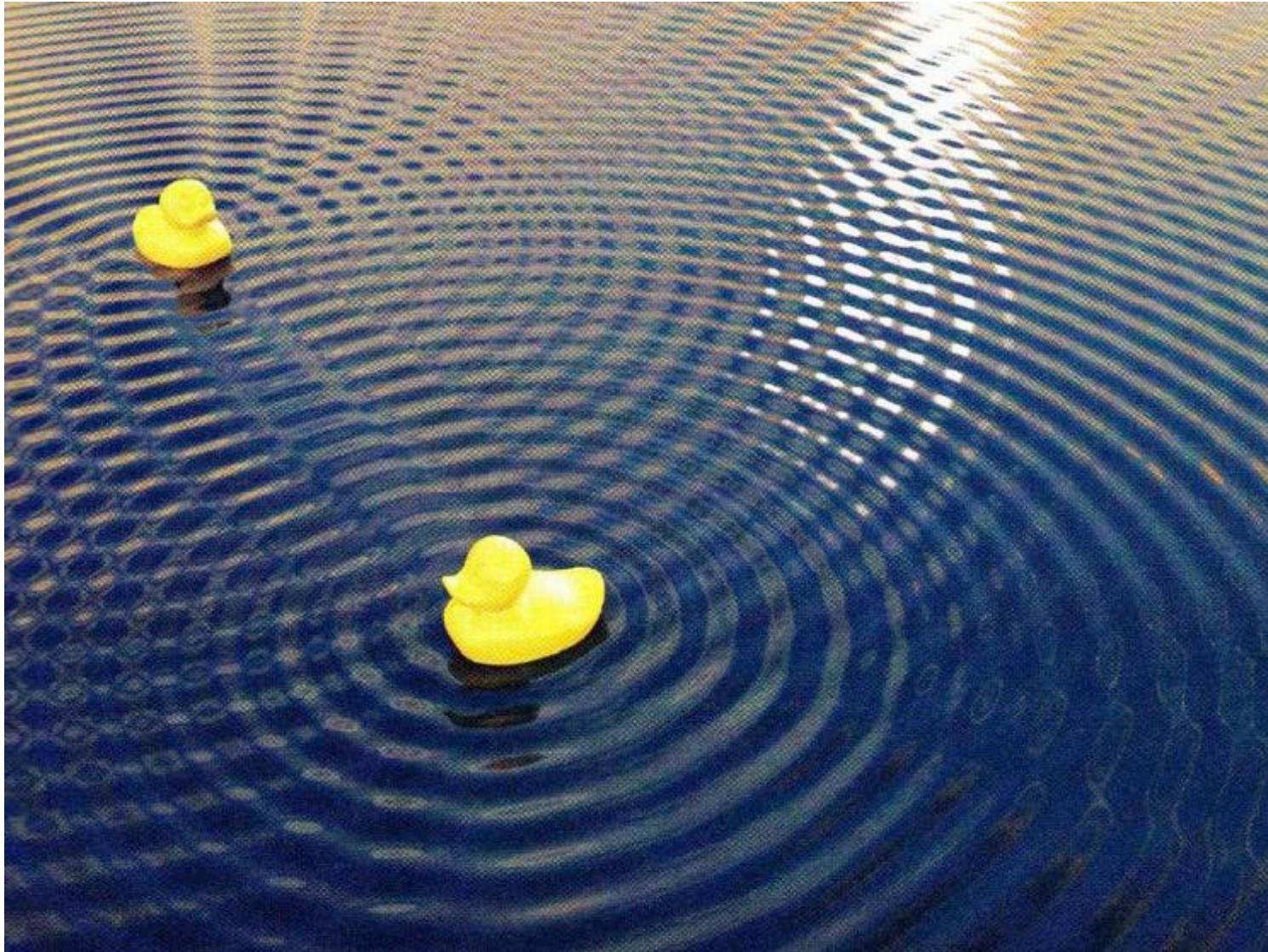


# Interferência

- O princípio de superposição de ondas
  - Amplitudes se somam ponto a ponto
    - Interferência
- Interferência construtiva ou destrutiva

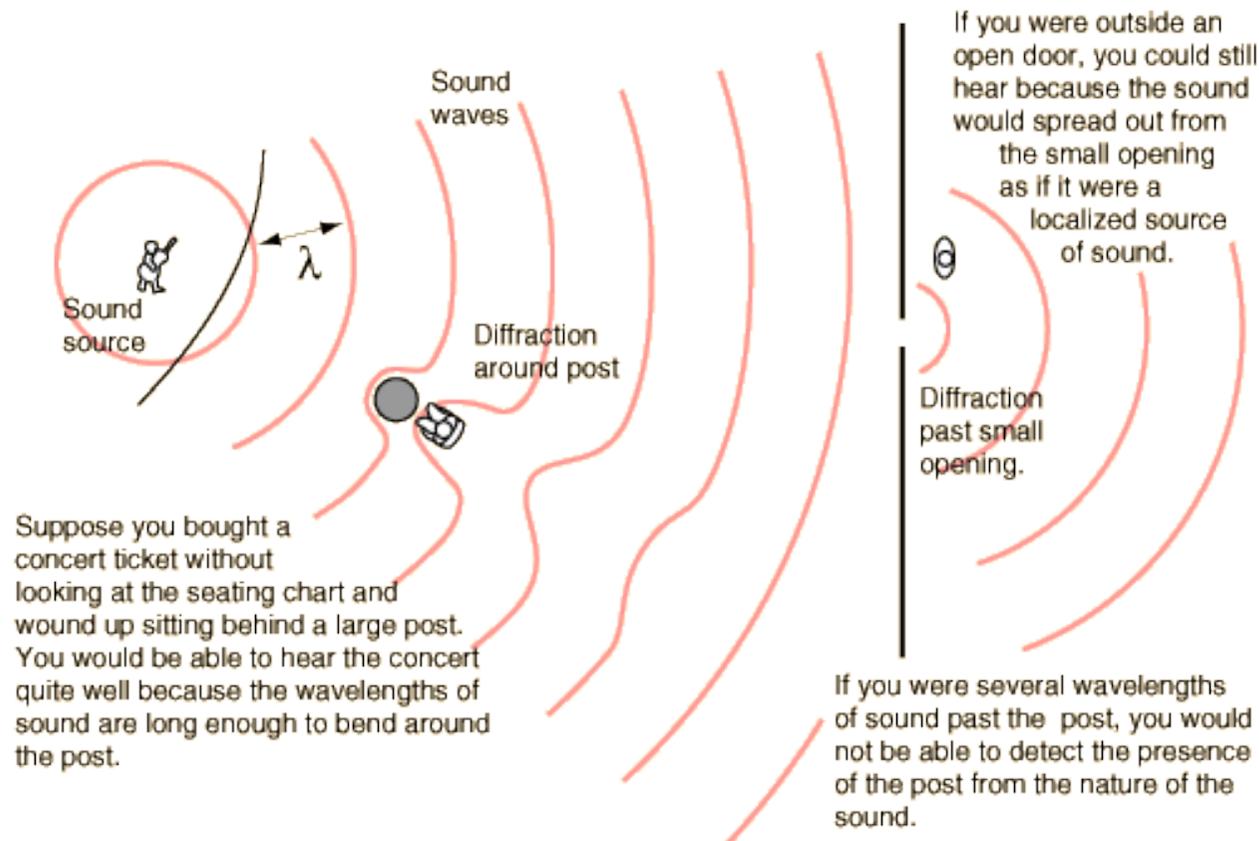


# Interferência



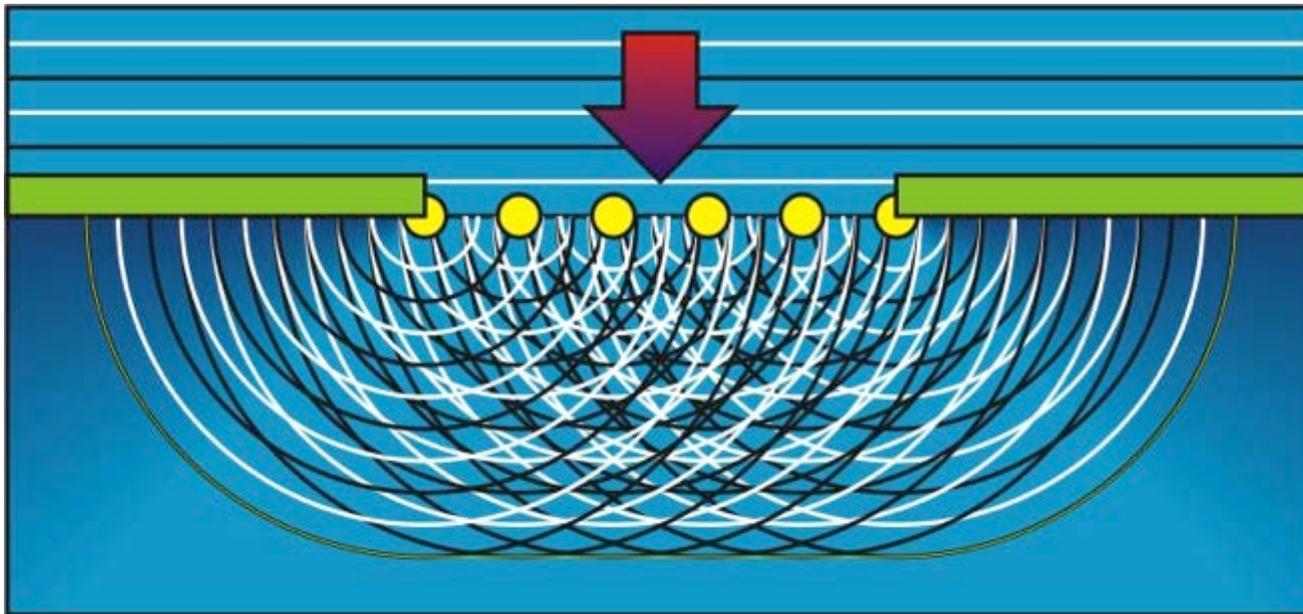
# Difração: o que é?

- Como um espectador, atrás de uma porta, por exemplo, é capaz de ouvir um som mas não é capaz de enxergar a pessoa falando?



# Explicando o fenômeno de difração

- Princípio de Huygens-Fresnel
  - Cada ponto de uma frente de onda (não obstruído) funciona como uma fonte emissora puntiforme esférica
  - A onda resultante consiste da superposição de todas as ondas esféricas, levando em consideração a fase entre elas



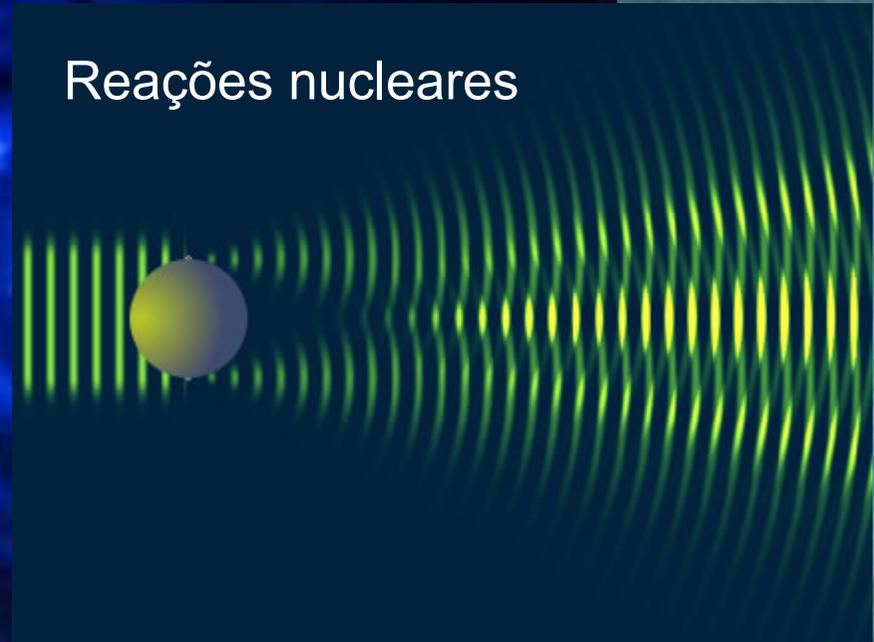
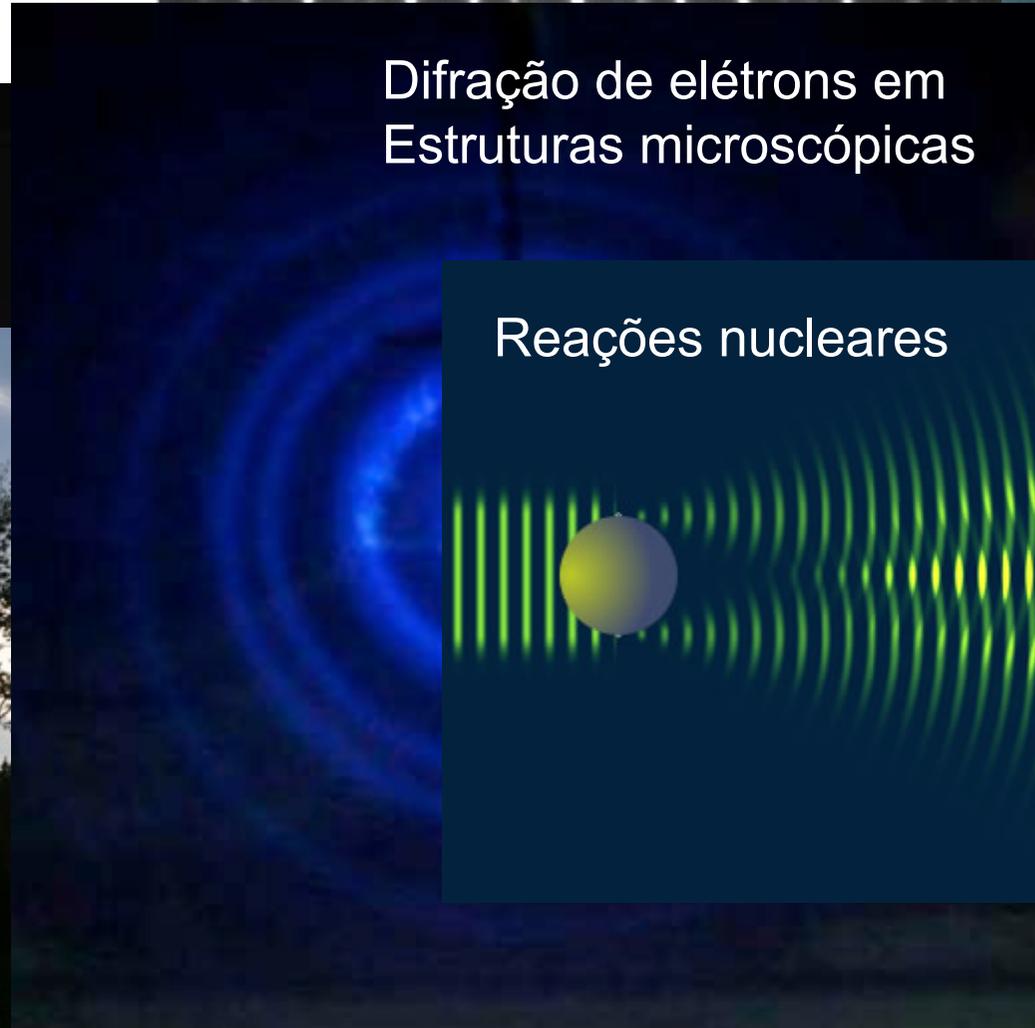
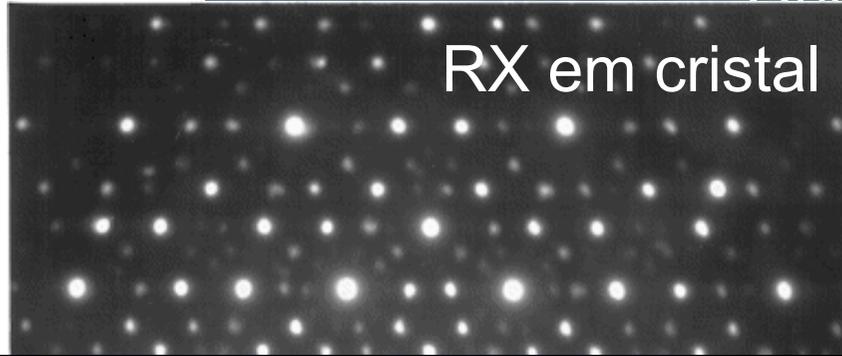
Ondas na água

RX em cristal

Difração de elétrons em  
Estruturas microscópicas

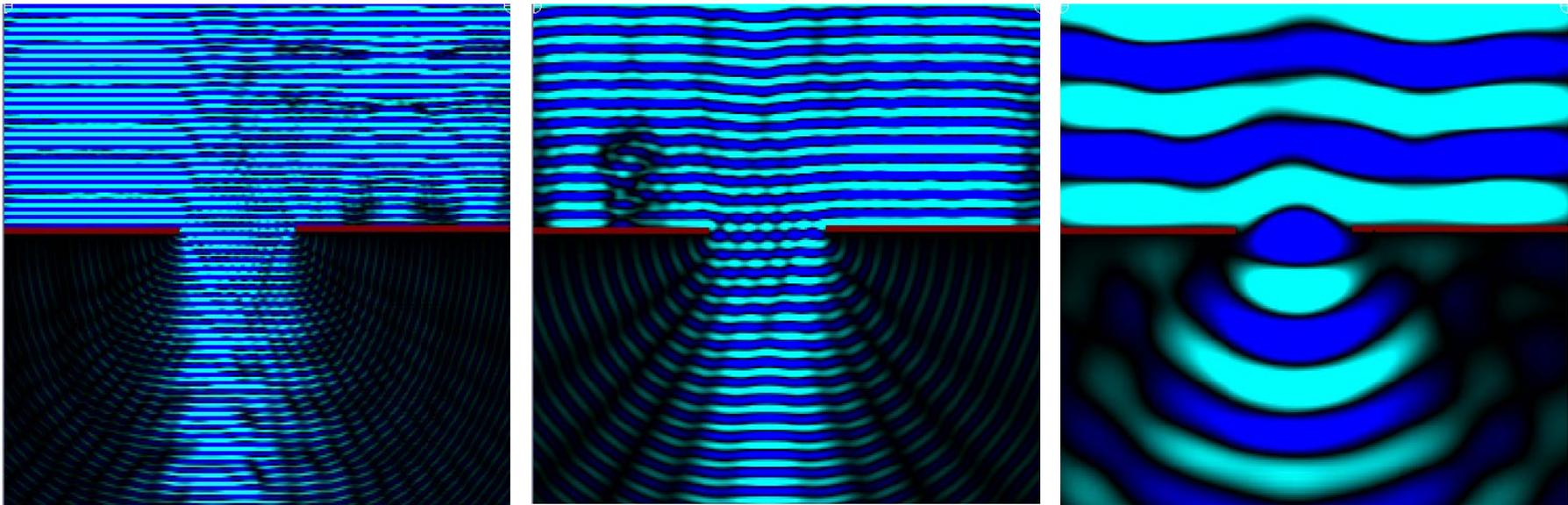
Reações nucleares

Luz



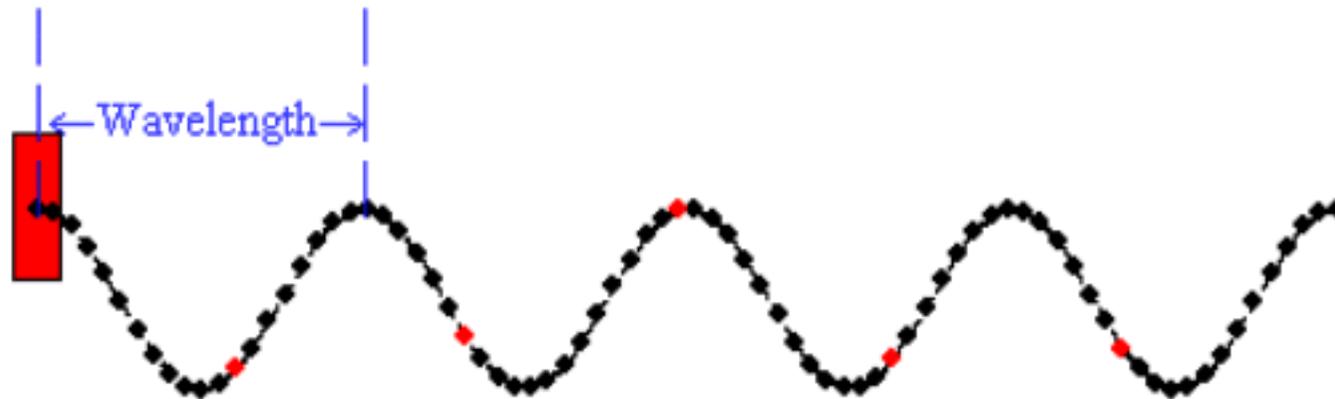
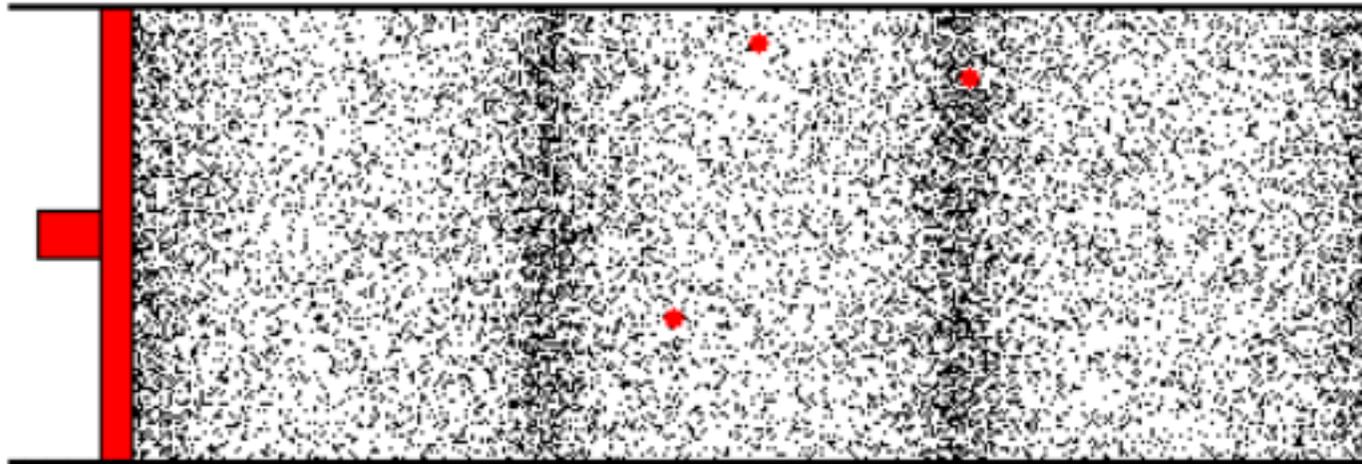
# Dependência das dimensões dos obstáculos

Ondas de comprimento muito menor que as dimensões do obstáculo sofrem pouca difração



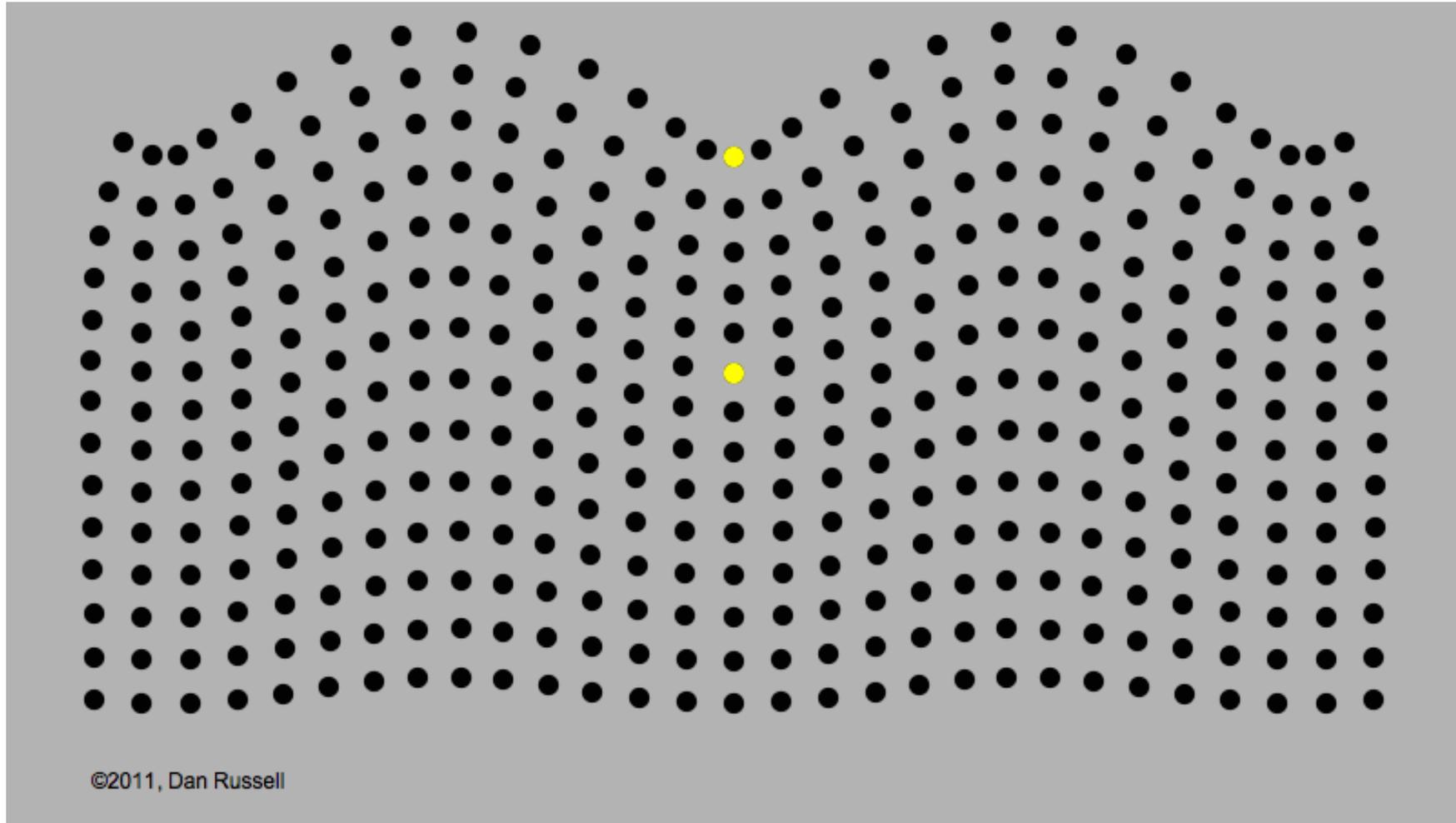
# Tipos de ondas: transversais e longitudinais

Onda longitudinal



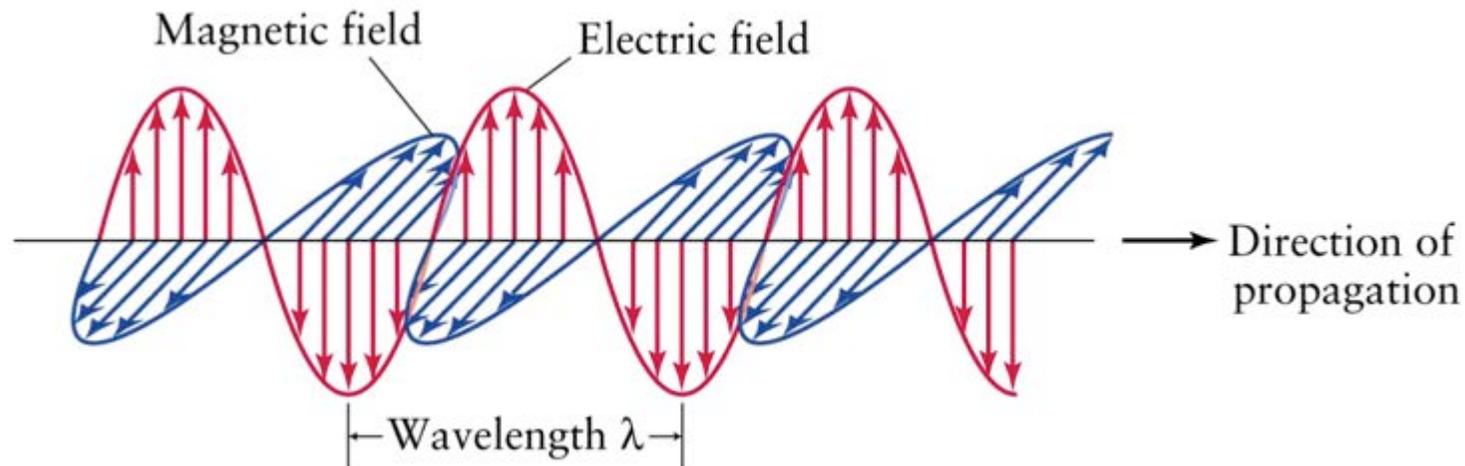
Onda transversal

Há ondas que são dos dois tipos  
(ex: onda no mar)



# Ondas transversais

- São aquelas nas quais as suas vibrações são perpendiculares à direção de propagação
- A luz é formada por um campo elétrico e magnético transversais e variantes no tempo

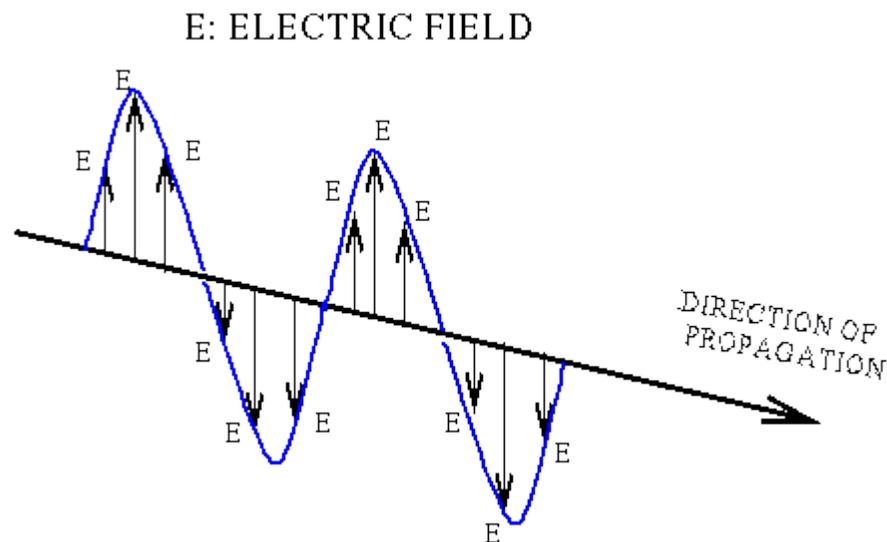


# Polarização

- Efeito característico de ondas transversais
- No caso da luz, a direção de polarização é aquela do campo elétrico
- Tipos de polarização:
  - Linear
  - Circular ou elíptica
  - Não polarizada

# Polarização linear

- É aquela na qual a direção do campo elétrico não se altera com o tempo, somente a sua intensidade



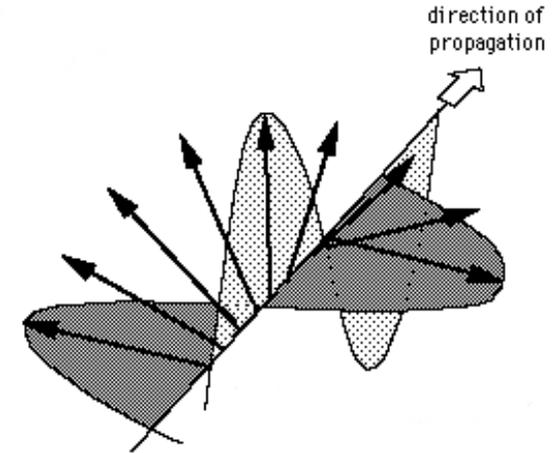
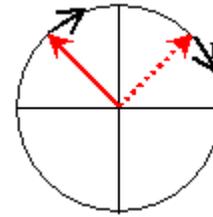
- No caso de uma onda de frequência bem definida, podemos escrever o campo elétrico como:

$$\vec{E}(z,t) = E_0 \cos(kz - \omega t) \hat{j}$$

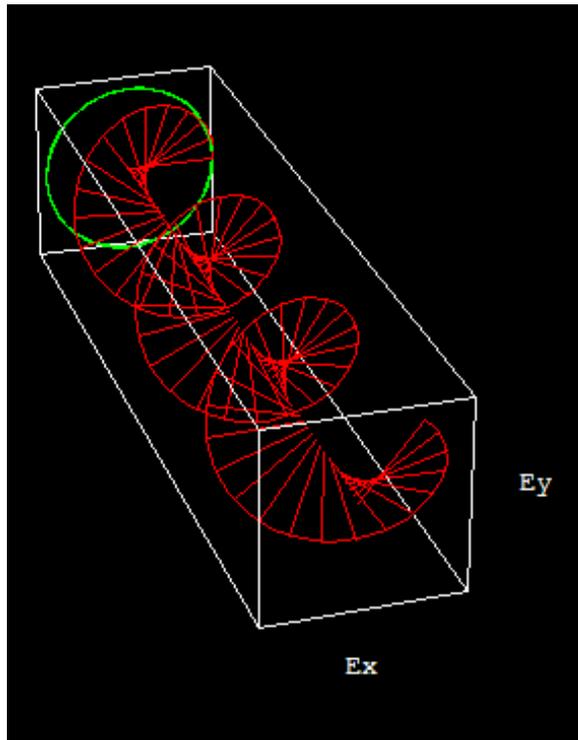
$$k = 2\pi / \lambda$$

$$\omega = 2\pi f$$

# Polarização circular (ou elíptica)



- É aquela na qual a direção do campo elétrico depende do tempo mas a intensidade é constante

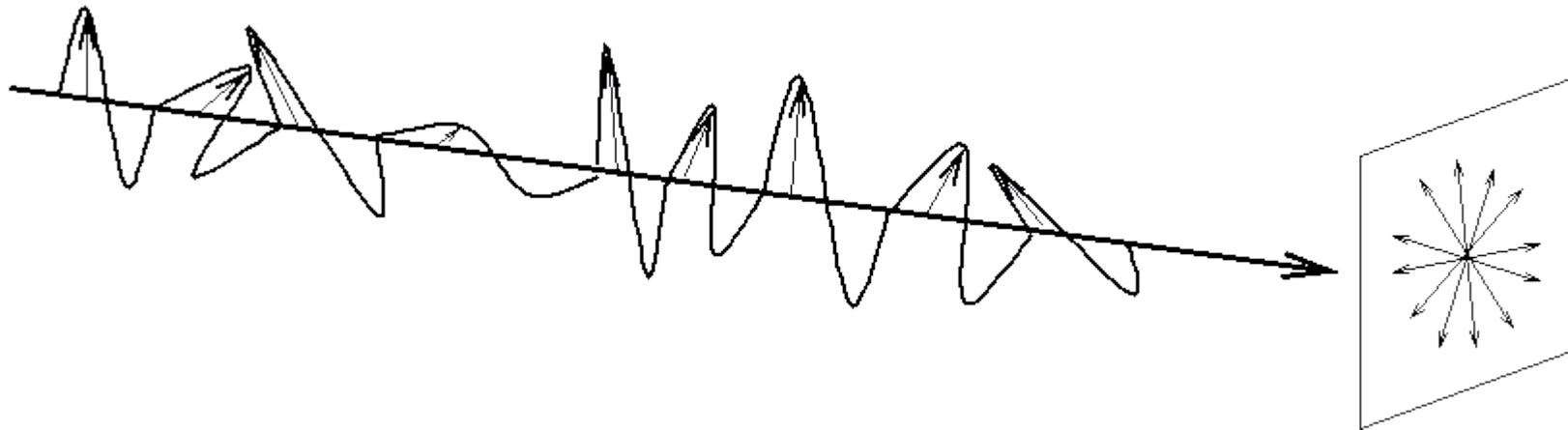


- No caso da polarização circular, podemos escrever o campo elétrico como a superposição de dois campos linearmente polarizados, defasados de  $90^\circ$ , ou seja:

$$\vec{E}(z,t) = E_0 \begin{bmatrix} \cos(kz - \omega t) \hat{j} \\ + \\ \text{sen}(kz - \omega t) \hat{i} \end{bmatrix}$$

# Luz não polarizada

- Tanto a intensidade como a direção do campo elétrico variam de forma incoerente no tempo



# Nas próximas semanas

- Experimento II – Difração da luz
  - Interferência e difração
  - Ótica de Fourier
- Experimento III – Polarização da luz
  - Vários fenômenos envolvendo polarização da luz
- Esta semana
  - Dedicada à preparação dos projetos da disciplina

# Projeto

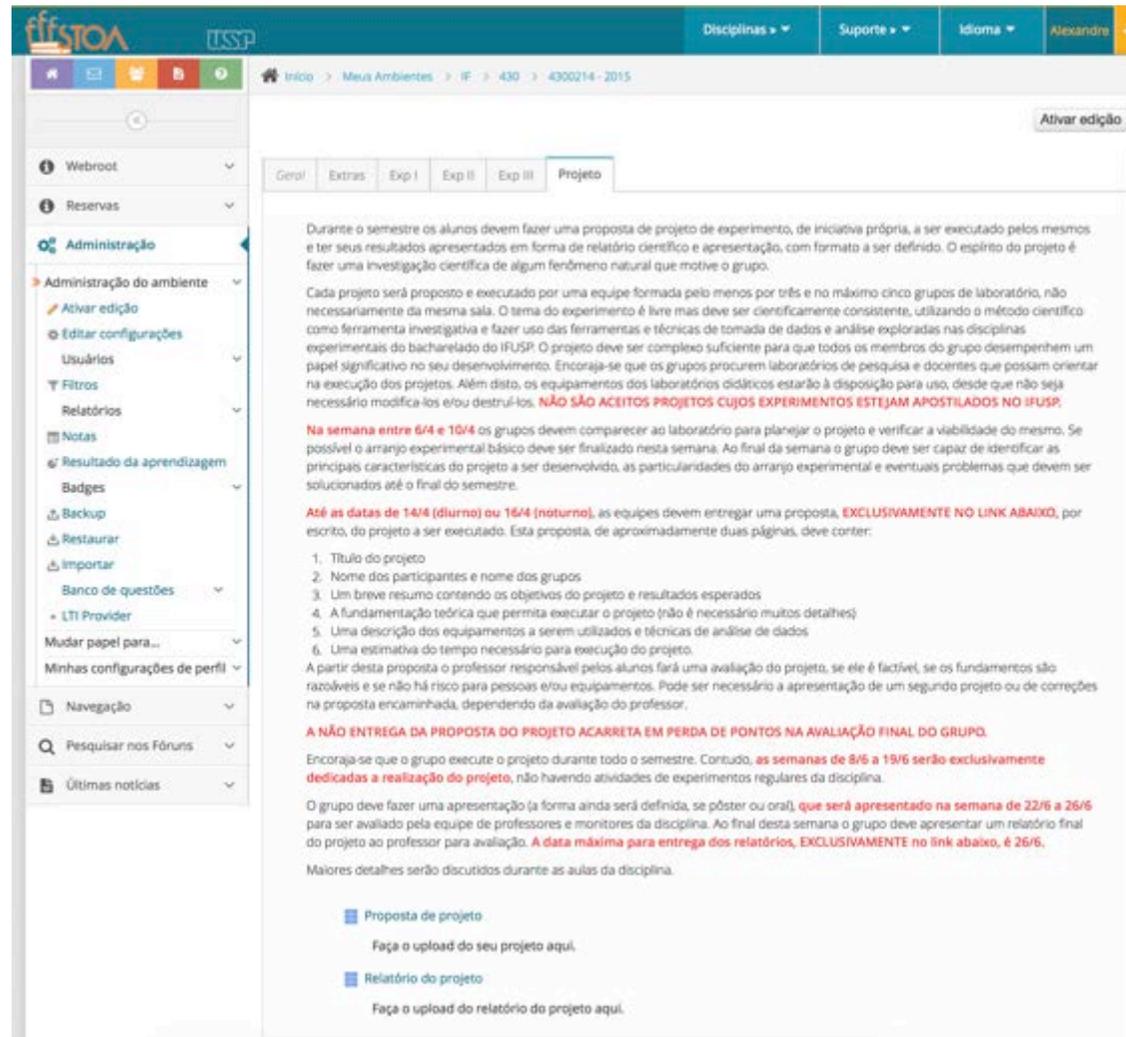
- Laboratório disponível para preparação e testes do arranjo experimental e discussão com a equipe sobre a proposta de projeto
- A proposta submetida deve ser madura e pouco especulativa
  - 3 a 5 grupos para cada projeto

# Proposta

(como um pedido de pesquisa a uma agência de financiamento)

- Título do projeto
- Nomes dos participantes e nomes dos grupos
- Um breve resumo contendo os objetivos do projeto e resultados esperados
- A fundamentação teórica que permita executar o projeto (não é necessário muitos detalhes)
- Uma descrição dos equipamentos a serem utilizados e técnicas de análise de dados
- Uma estimativa do tempo necessário para execução do projeto.

# Calendário e detalhes na página da disciplina



The screenshot displays the IFUSP LMS interface. The top navigation bar includes the IFUSP logo, the course name 'Disciplinas', a 'Suporte' menu, an 'Idioma' dropdown, and the user's name 'Alexandre'. The breadcrumb trail shows the path: 'Início > Meus Ambientes > IF > 430 > 4300214 - 2015'. A left sidebar menu is visible, with 'Administração' expanded to show options like 'Ativar edição', 'Editar configurações', 'Usuários', 'Filtros', 'Relatórios', 'Notas', 'Resultado da aprendizagem', 'Badges', 'Backup', 'Restaurar', 'Importar', 'Banco de questões', 'LTI Provider', 'Mudar papel para...', and 'Minhas configurações de perfil'. The main content area is titled 'Projeto' and contains the following text:

Durante o semestre os alunos devem fazer uma proposta de projeto de experimento, de iniciativa própria, a ser executado pelos mesmos e ter seus resultados apresentados em forma de relatório científico e apresentação, com formato a ser definido. O espírito do projeto é fazer uma investigação científica de algum fenômeno natural que motive o grupo.

Cada projeto será proposto e executado por uma equipe formada pelo menos por três e no máximo cinco grupos de laboratório, não necessariamente da mesma sala. O tema do experimento é livre mas deve ser cientificamente consistente, utilizando o método científico como ferramenta investigativa e fazer uso das ferramentas e técnicas de tomada de dados e análise exploradas nas disciplinas experimentais do bacharelado do IFUSP. O projeto deve ser complexo suficiente para que todos os membros do grupo desempenhem um papel significativo no seu desenvolvimento. Encoraja-se que os grupos procurem laboratórios de pesquisa e docentes que possam orientar na execução dos projetos. Além disto, os equipamentos dos laboratórios didáticos estarão à disposição para uso, desde que não seja necessário modifica-los e/ou destruí-los. **NÃO SÃO ACEITOS PROJETOS CUJOS EXPERIMENTOS ESTEJAM APOSTILADOS NO IFUSP.**

**Na semana entre 6/4 e 10/4** os grupos devem comparecer ao laboratório para planejar o projeto e verificar a viabilidade do mesmo. Se possível o arranjo experimental básico deve ser finalizado nesta semana. Ao final da semana o grupo deve ser capaz de identificar as principais características do projeto a ser desenvolvido, as particularidades do arranjo experimental e eventuais problemas que devem ser solucionados até o final do semestre.

**Até as datas de 14/4 (diurno) ou 16/4 (noturno)**, as equipes devem entregar uma proposta, **EXCLUSIVAMENTE NO LINK ABAIXO**, por escrito, do projeto a ser executado. Esta proposta, de aproximadamente duas páginas, deve conter:

1. Título do projeto
2. Nome dos participantes e nome dos grupos
3. Um breve resumo contendo os objetivos do projeto e resultados esperados
4. A fundamentação teórica que permita executar o projeto (não é necessário muitos detalhes)
5. Uma descrição dos equipamentos a serem utilizados e técnicas de análise de dados
6. Uma estimativa do tempo necessário para execução do projeto.

A partir desta proposta o professor responsável pelos alunos fará uma avaliação do projeto, se ele é factível, se os fundamentos são razoáveis e se não há risco para pessoas e/ou equipamentos. Pode ser necessário a apresentação de um segundo projeto ou de correções na proposta encaminhada, dependendo da avaliação do professor.

**A NÃO ENTREGA DA PROPOSTA DO PROJETO ACARRETA EM PERDA DE PONTOS NA AVALIAÇÃO FINAL DO GRUPO.**

Encoraja-se que o grupo execute o projeto durante todo o semestre. Contudo, **as semanas de 8/5 a 19/5 serão exclusivamente dedicadas a realização do projeto**, não havendo atividades de experimentos regulares da disciplina.

O grupo deve fazer uma apresentação (a forma ainda será definida, se póster ou oral), **que será apresentado na semana de 22/5 a 26/5** para ser avaliado pela equipe de professores e monitores da disciplina. Ao final desta semana o grupo deve apresentar um relatório final do projeto ao professor para avaliação. **A data máxima para entrega dos relatórios, EXCLUSIVAMENTE no link abaixo, é 26/5.**

Maiores detalhes serão discutidos durante as aulas da disciplina.

**Proposta de projeto**  
Faça o upload do seu projeto aqui.

**Relatório do projeto**  
Faça o upload do relatório do projeto aqui.

Vamos discutir os projetos  
da turma?