

UMA INTRODUÇÃO AO ESTUDO DA RESSONÂNCIA MAGNÉTICA NUCLEAR

Por Renata Bressane

Sob orientação das profas. Dras.

Marcia Rizzutto e Elisabeth
Yoshimura

OBJETIVOS

- Conhecer o equipamento de RMN
- Utilidades didáticas
- Determinar a razão giromagnética do próton do núcleo de hidrogênio

INTRODUÇÃO TEÓRICA

Nobel de Física:

- 1943 – Otto Stern – descoberta do momento magnético do próton
- 1944 – Isidor Isaac Rabi – método de registro de propriedades de ressonância magnética de núcleos atômicos
- 1952 – Edward Mills Purcell & Felix Bloch – desenvolvimento de novos métodos de medições precisas do magnetismo nuclear e descobertas afins

RMN

- Campos magnéticos intensos: 0,1 a 3 T
- Ressonância de B_0 com B_1 (rádio-frequência)
- Razão giromagnética relacionada à probabilidade de transição e maior magnetização
- Determinação das distribuições de prótons
 - Núcleos de hidrogênio
 - Núcleos de flúor – menor intensidade
 - Núcleos com prótons desemparelhados

FUNDAMENTOS

- Spin $\frac{1}{2}$, temperatura ambiente, excesso de spin, distribuição de Boltzmann:

$$M = N_{paralelo} - N_{antiparalelo} = \frac{\Delta E}{2kT} N_p$$

- Próton em B estático

$$\Delta E = E_{antiparalelo} - E_{paralelo}$$

- Paralelo: mais provável
- Resultante M
- Equilíbrio térmico: M máxima

RAZÃO GIROMAGNÉTICA

$$\Delta E = \frac{h}{2\pi} \gamma B_0$$

- Troca de níveis energéticos por B_1
- Condição de Bohr: $\Delta E = h\nu$
- Na ressonância: $\nu_0 = \frac{\gamma}{2\pi} B_0$
- Linearização: frequência x corrente elétrica
- *Literatura*: $\frac{\gamma}{2\pi} = 42,58 \text{ MHz}$

MATERIAIS E MÉTODOS

AMOSTRAS

1. água deionizada II
2. água destilada
3. água de torneira
4. Glicerina
5. cobre (30 % em volume) com água em forma de cristal
6. cobre (30 % em volume) com água na forma líquida
7. uma uva
8. uma flor amarela
9. uma folha verde de jardim
10. a mesma folha deixada no tubo de ensaio por duas semanas para que se desidratasse naturalmente
11. a parte interna de uma uva-passa
12. a parte externa de uma uva-passa
13. Poliestireno
14. teflon
15. a mesma flor amarela deixada duas semanas em desidratação

MATERIAIS E MÉTODOS

- Calibração: água destilada/deionizada II
- Identificação da ressonância: osciloscópio
- Cuidados: ajuste de fase e amplitude

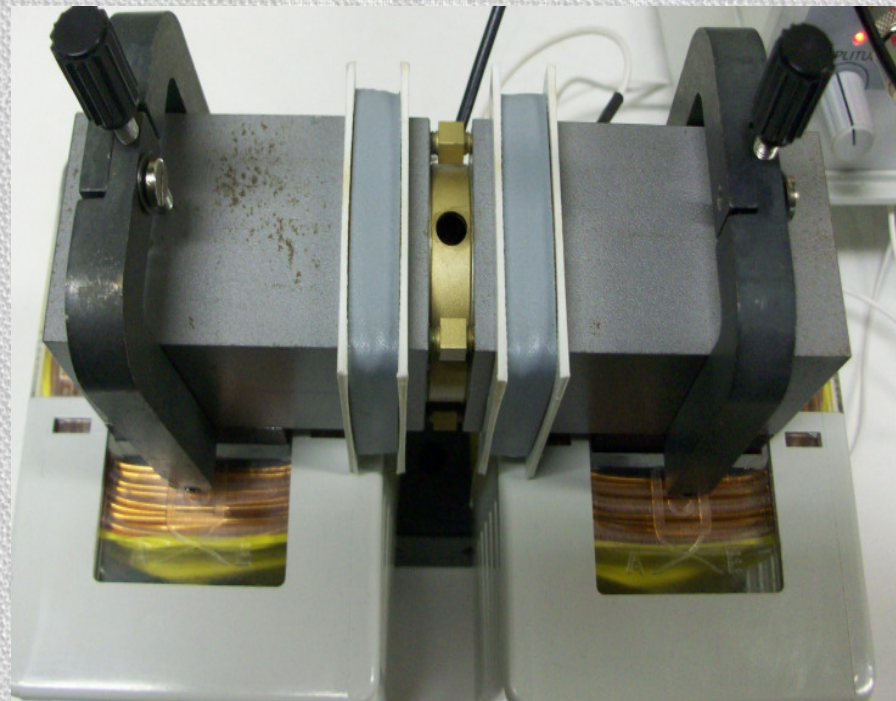
a) Método Analítico:

$$B = \mu \frac{N}{l} i$$

$$\mu = 4\pi 10^{-7} \text{ N/A}^2$$

$$N = 4800$$

$$l = 0,0833(2) \text{ m}$$



MATERIAIS E MÉTODOS

b) Método Experimental

- Teslameter

c) Simulação Computacional

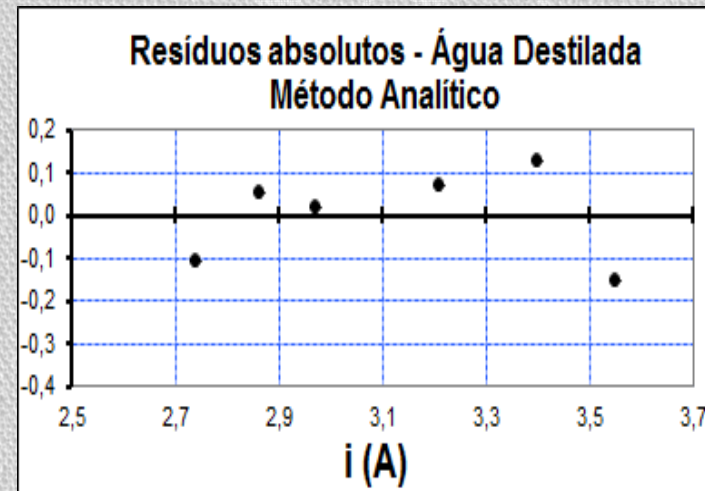
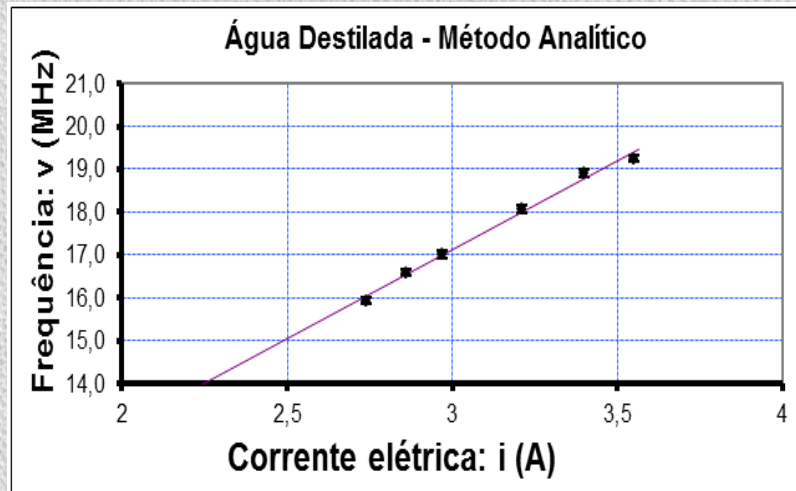
- FEMM: (30 a 300) kHz VS (16 a 19,5) MHz

Outras análises: intensidade do sinal

- Diferenciar núcleos de flúor e hidrogênio
- Diferenciar concentração de água

RESULTADOS E DISCUSSÕES

- Linearização: $\nu_0 = \frac{\gamma}{2\pi} B_0$ MMQ

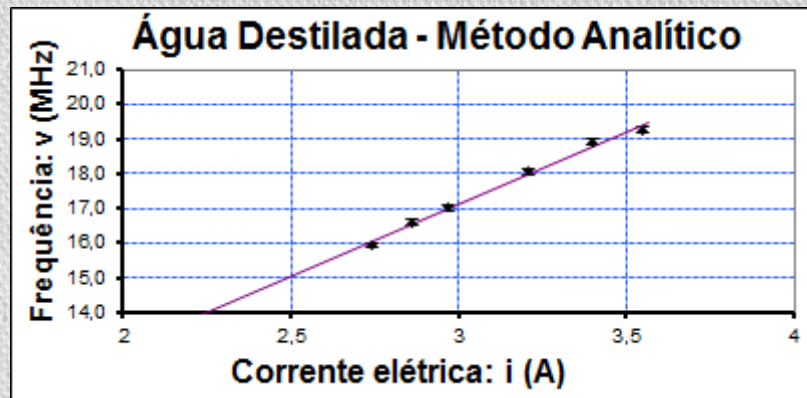


$$\frac{\gamma}{2\pi} = 55,0182(19) \text{ MHz}$$

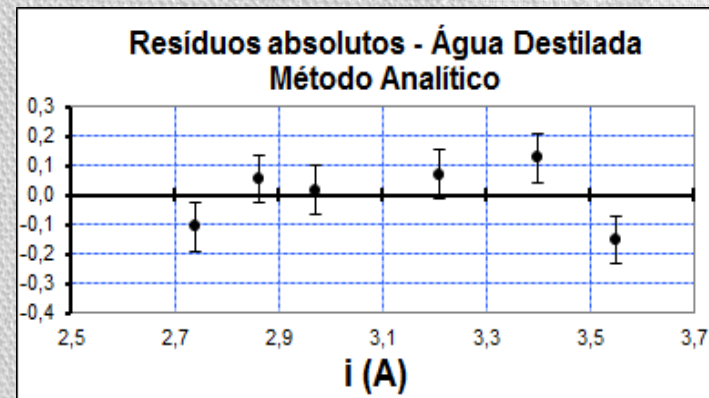
$$\chi^2 = 5886302,1$$

Incerteza instrumental: 0,0001 MHz (menor divisão do demonstrador digital)

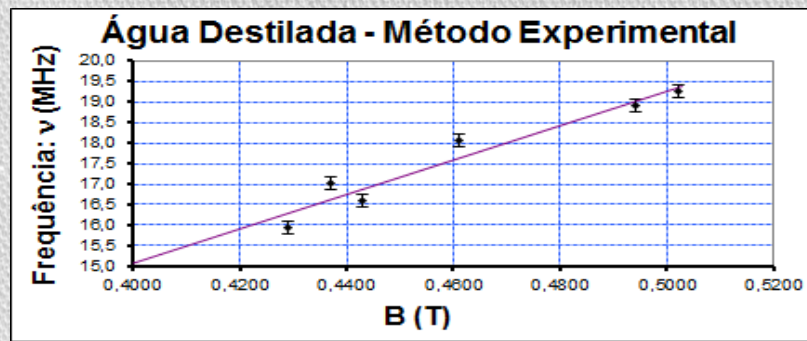
RESULTADOS E DISCUSSÕES



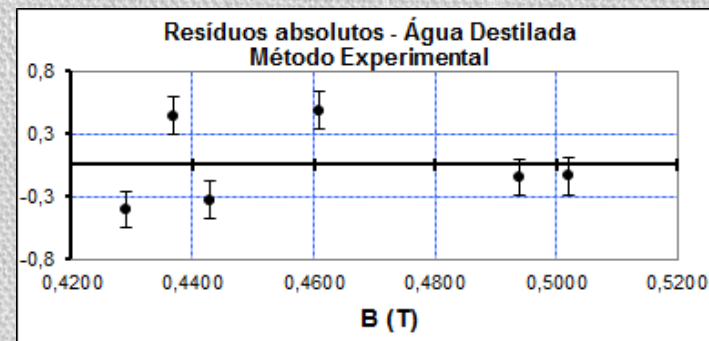
$$\frac{\gamma}{2\pi} = 55,0(15) \text{ MHz}$$



$$\chi^2 = 8,6$$

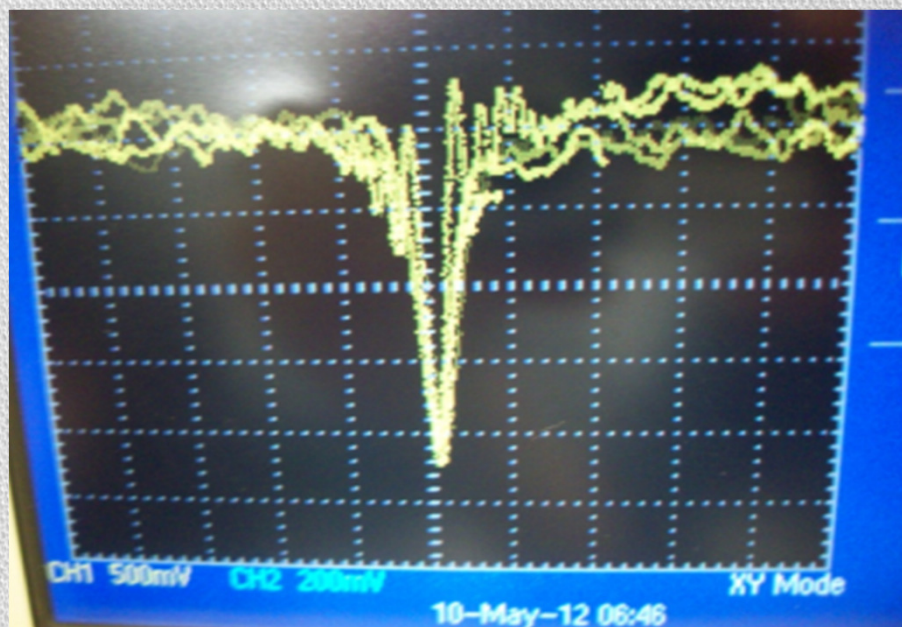


$$\frac{\gamma}{2\pi} = 41,8(22) \text{ MHz}$$

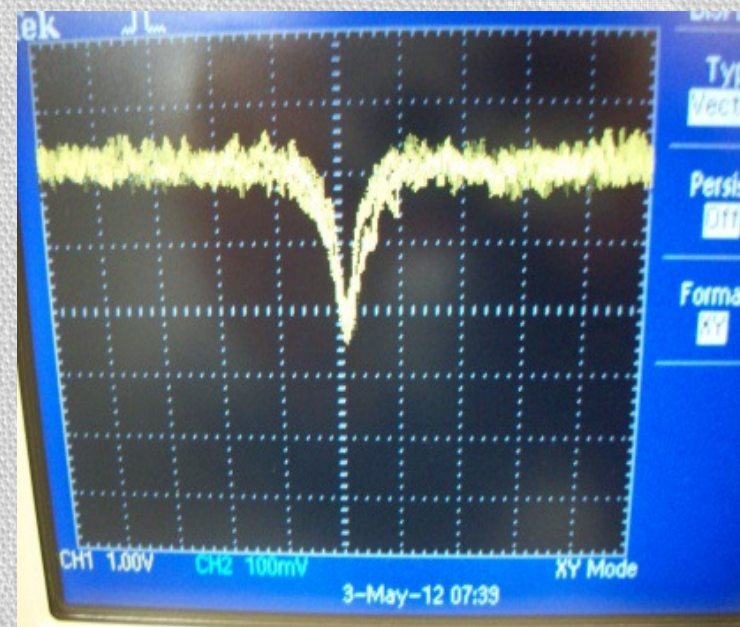


$$\chi^2 = 26,3$$

RESULTADOS E DISCUSSÕES

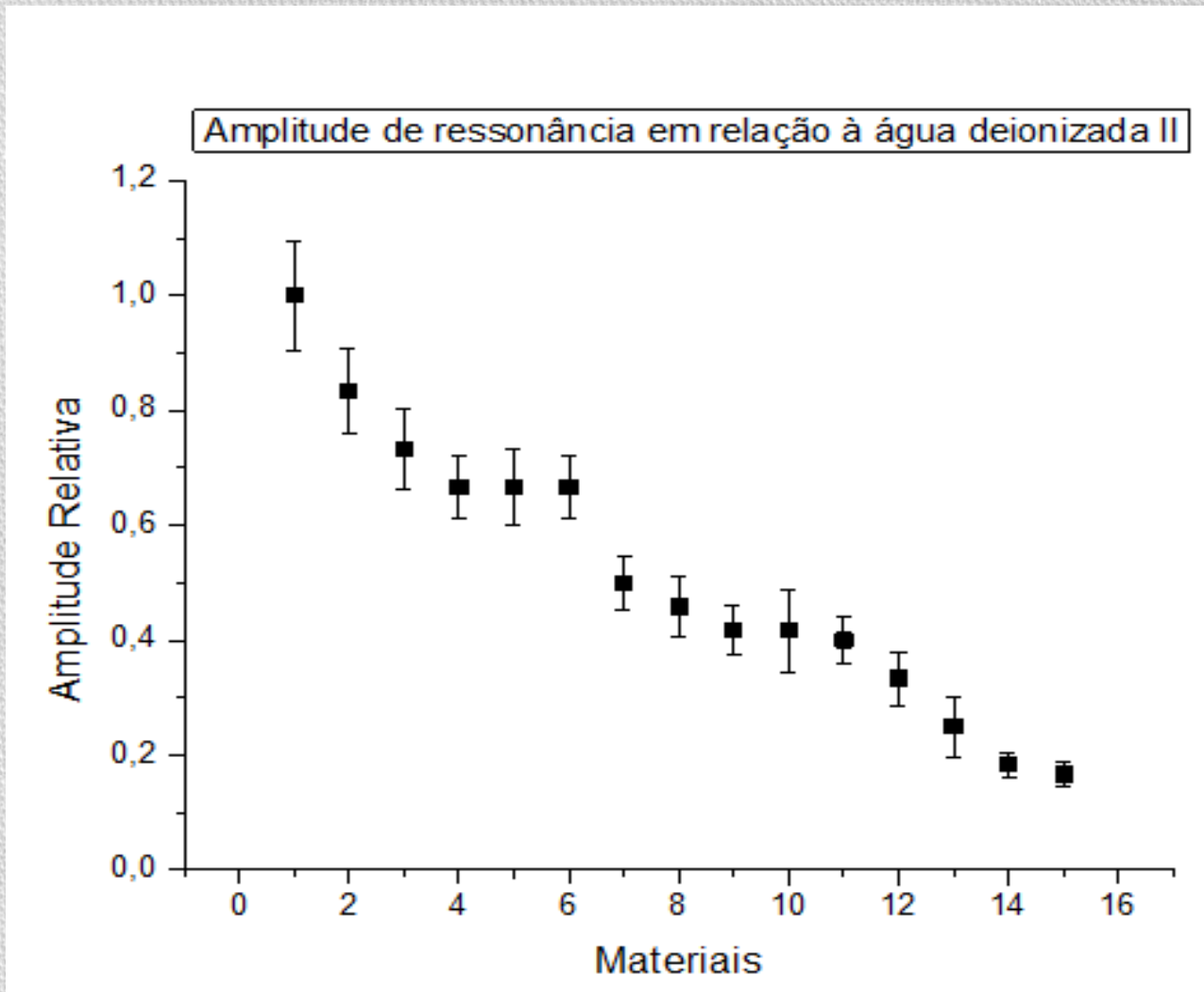


água deionizada II
16,8870(18) MHz
2,98 A
Amplitude: 900(100) mV



Teflon
16,0718(22) MHz
2,93(2) A
Amplitude: 220(20) mV

RESULTADOS E DISCUSSÕES

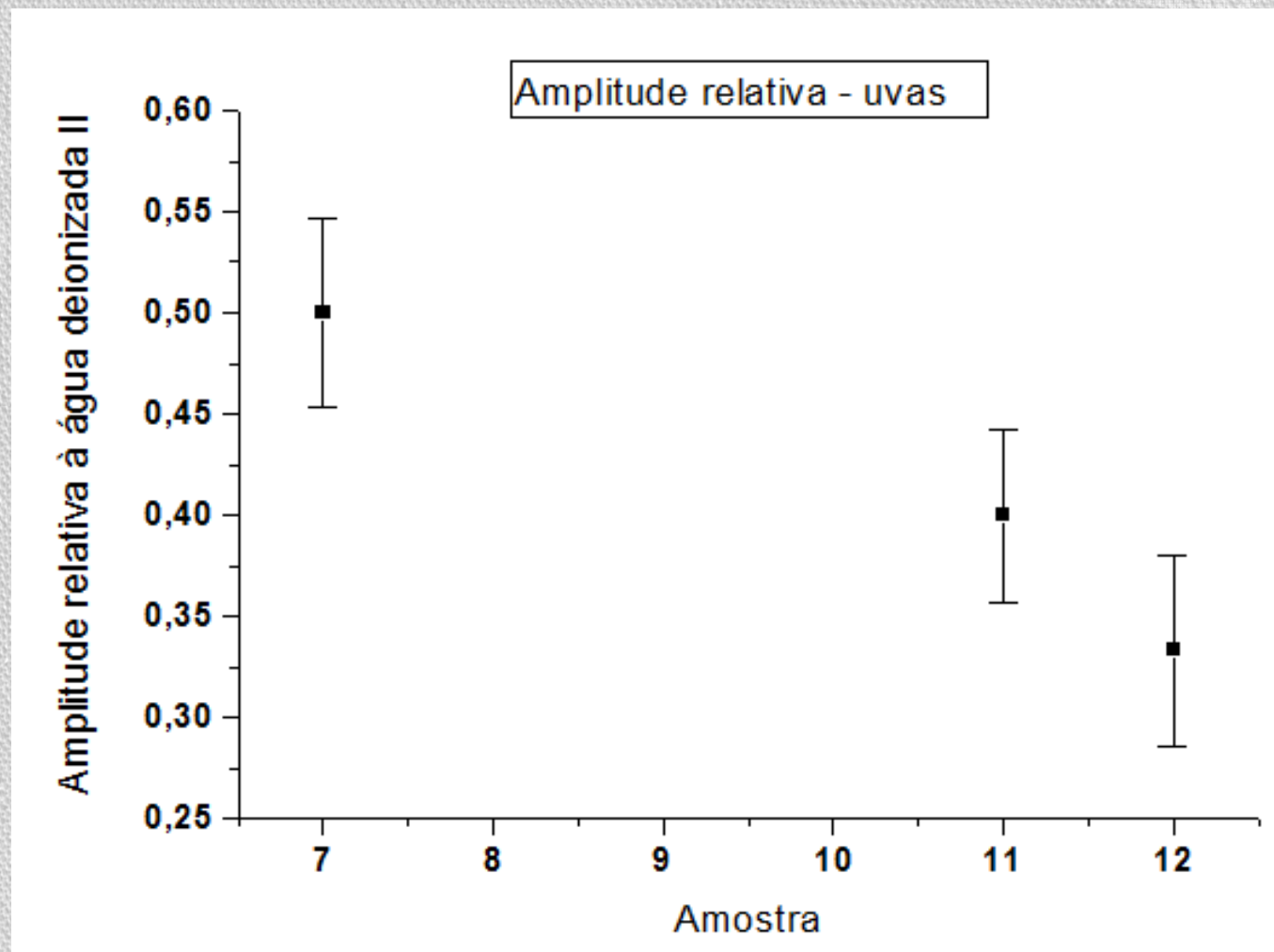


Fórmula Molecular

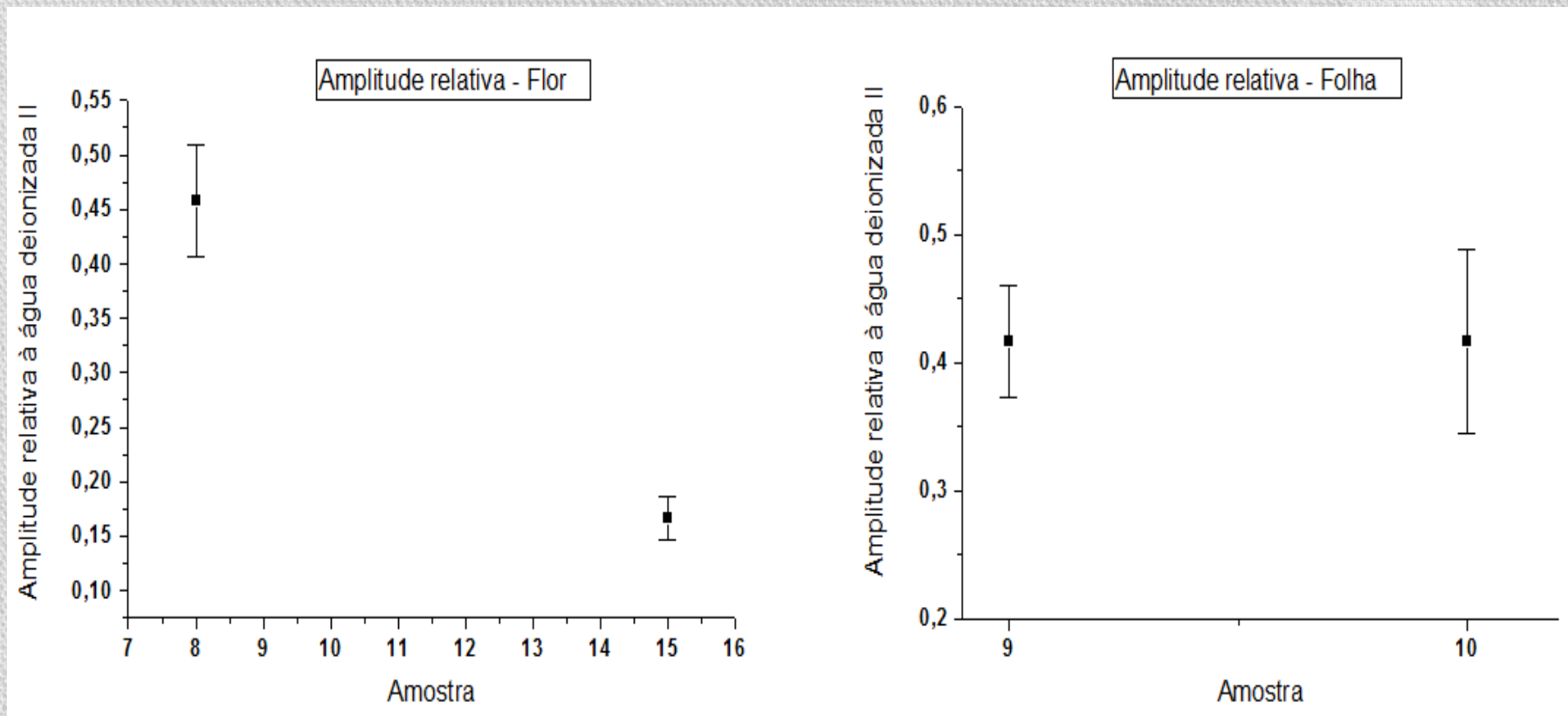
glicerina: $C_3H_5(OH)_3$

poliestireno: C_8H_8

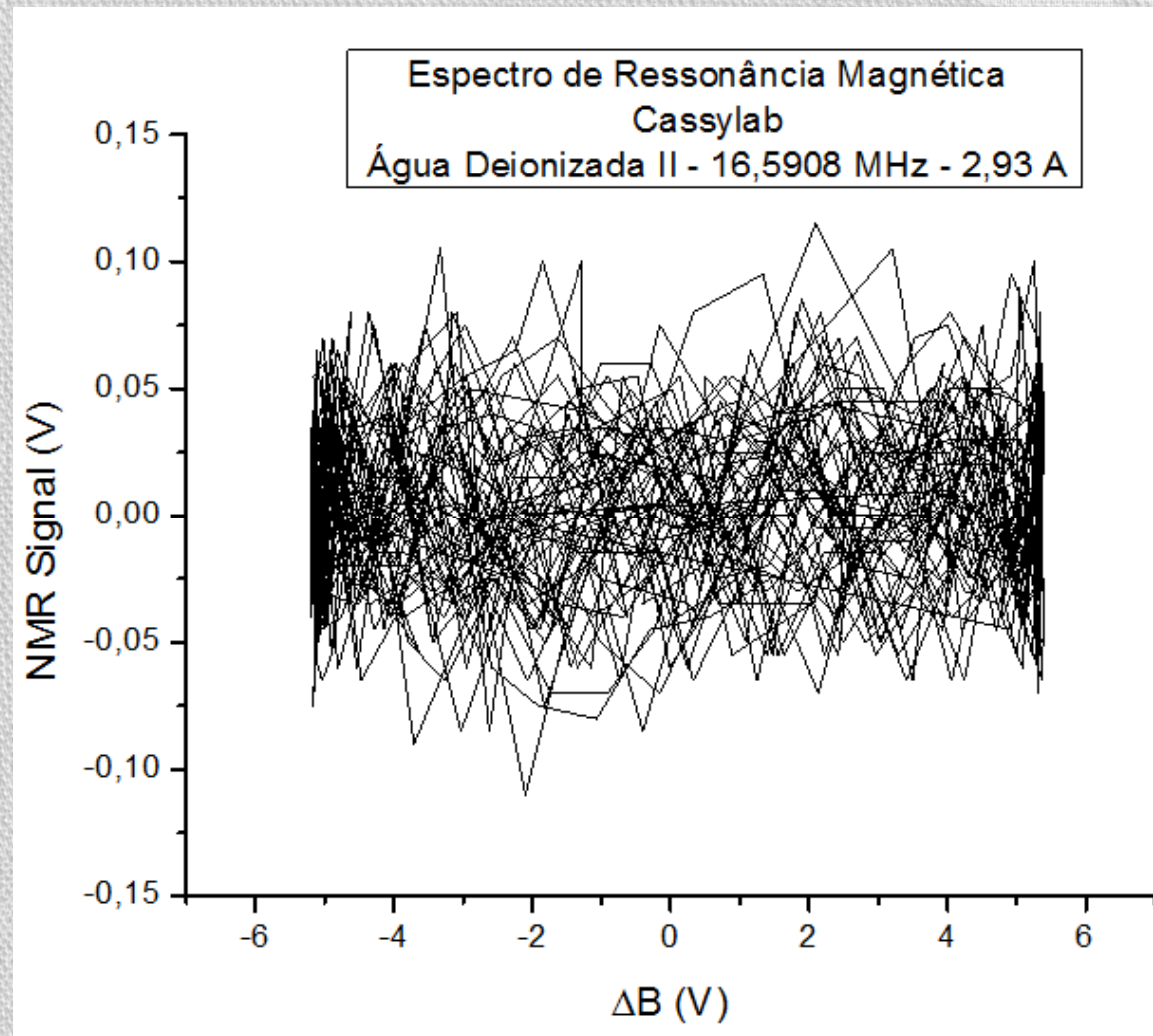
RESULTADOS E DISCUSSÕES



RESULTADOS E DISCUSSÕES



RESULTADOS E DISCUSSÕES



CONCLUSÕES

- Comparação qualitativa de amostras com diferentes concentrações de água
- Comparação qualitativa de núcleo de flúor e hidrogênio
- Calibração com água destilada/deionizada II
- Razão giromagnética pelo método experimental: 41,8(22) MHz
compatível com valor teórico: 42,58 MHz

SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

- Meios de diminuição do erro – frequências –
 - melhora na aquisição de dados?
 - Cassy Lab?
- Métodos de desidratação – balança de precisão
- Análise química qualitativa
- Análise quantitativa: quantidade de átomos de hidrogênio em cada grupo molecular
- Razão giromagnética de outros núcleos

AGRADECIMENTOS

- **Dr. Paulo Roberto Costa (IFUSP)** pela indicação de referências bibliográficas, pela paciência e sugestões para a análise dos dados, procedimentos experimentais e principalmente pelas conversas que auxiliaram no entendimento da teoria envolvida nos processos de ressonância magnética nuclear.
- **Dra. Vera Lúcia Ribeiro Salvador (IPEN/CNEN/SP)** pelo fornecimento da água deionizada II e esclarecimentos de conceitos químicos importantes para análise deste trabalho.
- **Dr. Kazunori Watari (IFUSP)** pelas dicas de montagem experimental que resultaram em elucidações importantes para o tratamento teórico dos dados.
- Técnicos **Alvimar F. de Souza** e **Josiane Vieira Martins** pelo apoio na realização do experimento.
- **Dr. Nemitala Added (IFUSP)** pelo auxílio na montagem experimental.

REFERÊNCIAS

1. Smith, H. J. & Ranallo, F. N., *A Non-Mathematical Approach to Basic MRI*, Medical Physics Publishing Corporation, Madison, Wisconsin, 1989.
2. Gil, V. M. S. & Geraldés, C. F. G. C., *Ressonância Magnética Nuclear – Fundamentos, Métodos e Aplicações*, 2ª edição, Serviço de Educação e Bolsas, Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa, 2002.
3. http://www.ld-didactic.de/data_e/index.html, 06/06/2012.
4. <http://www.femm.info/wiki/HomePage>, 06/06/2012.
5. Griffiths, D. J., *Eletrodinâmica*, tradução Heloisa Coimbra de Souza; revisão técnica Antonio Manoel Mansanares, 3ª edição, Pearson Addison Wesley, São Paulo, 2011.
6. <http://physics.nist.gov/cuu/Constants/introduction.html>, 19/05/2012.
7. [http://en.wikipedia.org/wiki/Permeability_\(electromagnetism\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Permeability_(electromagnetism)), 16/06/2012.
8. “Instruction Sheet 514 606”, <http://www.ld-didactic.de/ga/5/514/514606/514606e.pdf>, 11/05/2012.
9. http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/physics/, 19/06/2012.
10. Harris, R. K., *Nuclear Magnetic Resonance – A Physicochemical View*, Longman Scientific & Technical, England, 1986.