



Universidade de Brasília

**O valor de velocidade medido pela ressonância magnética por contraste de fase é a média das velocidades individuais dos spins contidos no voxel?**

Prêmio de Iniciação Científica  
1º Lugar

Eduardo Gaspar Gonzalez  
João Luiz Azevedo de Carvalho

XXIV Congresso Brasileiro de Engenharia Biomédica — Uberlândia — 17 de outubro de 2014

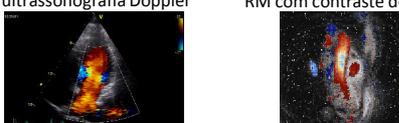


Universidade de Brasília

**Introdução**

- Ressonância magnética (RM)
  - Mede a concentração de núcleos  $^1\text{H}$  (*spins*)
  - Exame cardiovascular completo
- Fluxo sanguíneo: contraste de fase (CF)

ultrassonografia Doppler      RM com contraste de fase



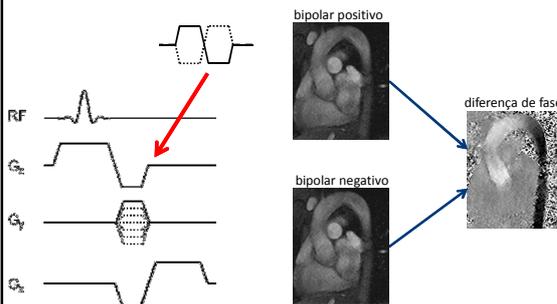

Universidade de Brasília

**Contraste de fase**

bipolar positivo

bipolar negativo

diferença de fase



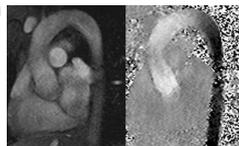

Universidade de Brasília

**Contraste de fase**

mapa de densidade  $^1\text{H}$

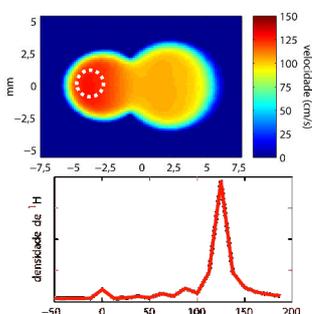
mapa de velocidade dos spins

- cada *voxel*: 1 valor de velocidade
- Supõe que todos os spins em um *voxel* se movem com a mesma velocidade



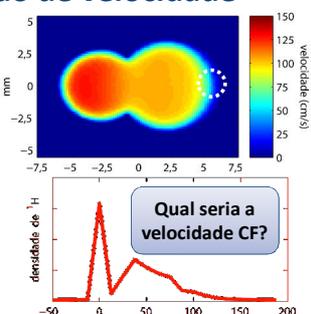

Universidade de Brasília

**Distribuição de velocidade**




Universidade de Brasília

**Distribuição de velocidade**



Universidade de Brasília PGEA

### Objetivo do trabalho

Investigar a **relação matemática** entre:

distribuição de velocidades  
e  
velocidade medida por CF

→ **contraste de fase** → ?

Universidade de Brasília PGEA

### Hipótese

“A velocidade medida por CF em um *voxel* é igual à média das velocidades individuais dos *spins* contidos nesse *voxel*”

$$v_{cf} \approx \bar{v}$$

distribuição de velocidade  $\rho(v')$

$$\bar{v} = \frac{\int v' \rho(v') dv'}{\int \rho(v') dv'}$$

Universidade de Brasília PGEA

### Metodologia

- Obter distribuições de velocidade a partir de mapas de velocidade obtidos por CFD
- Calcular  $v_{cf}$  e  $\bar{v}$  a partir dessas distribuições
- Comparar  $v_{cf}$  com  $\bar{v}$
- Repetir para diferentes tamanhos de voxel

Universidade de Brasília PGEA

### Obtendo distribuições de velocidade

densidade de  $^1H$       velocidade

$\rho(\vec{r}, v') = \rho(\vec{r}) \delta(v' - v(\vec{r}))$

→ **borramento espacial** → distribuição espaço-velocidade  $\tilde{\rho}(\vec{r}, v')$

$\vec{r} = (x, y, z)$

$\varphi(\vec{r}) * \rho(\vec{r}, v')$

Universidade de Brasília PGEA

### Obtendo distribuições de velocidade

densidade de  $^1H$       velocidade

**1**  
(densidade uniforme)

simulação de dinâmica dos fluidos computacional

distribuição de velocidade  $\tilde{\rho}(\vec{r}, v')$

$\rho(\vec{r}, v') = \rho(\vec{r}) \delta(v' - v(\vec{r}))$

→ **borramento espacial** → distribuição de velocidade

realizado simulando diferentes tamanhos de voxel

Universidade de Brasília PGEA

### Simulando as medidas de CF

distribuição de velocidade  $\tilde{\rho}(\vec{r}, v')$

→ **modelo da aquisição** →  $\tilde{\rho}_1(\vec{r})$

$$\int \tilde{\rho}(\vec{r}, v') e^{-j2\pi k_1 v'} dv'$$

→ **modelo da aquisição** →  $\tilde{\rho}_2(\vec{r})$

$$\int \tilde{\rho}(\vec{r}, v') e^{-j2\pi k_2 v'} dv'$$

contraste de fase:

$$v_{cf}(\vec{r}) = \frac{v_{enc}}{\pi} \text{Arg} \left( \frac{\tilde{\rho}_2(\vec{r})}{\tilde{\rho}_1(\vec{r})} \right)$$

Universidade de Brasília **PGEA**

### Resultados: variando tamanho do voxel

- SER entre  $v_{cf}$  e  $\bar{v}$  para 31 cortes ao longo da bifurcação

- SER > 30 dB para todos os tamanhos de voxel  
– De fato,  $v_{cf} \approx \bar{v}$

Universidade de Brasília **PGEA**

### Resultados: análise qualitativa

- Comparação p/ 3 cortes  
– Voxel de 2 mm
- Note que  $v_{cf} \approx \bar{v}$

Universidade de Brasília **PGEA**

### Resultados: análise dos mapas de velocidade

- Mapas de contraste de fase e velocidade média praticamente idênticos
- Diferenças < 2,5 %

Universidade de Brasília **PGEA**

### Discussão

- Trabalhos anteriores:
  - Tratam separadamente a distribuição espacial,  $\rho(r)$ , e a distribuição de velocidades,  $\rho(v)$
  - Pressupõem que  $r$  já está segmentado em voxels
  - Não consideram o efeito do borramento
- Modelo proposto:
  - Trata a distribuição espaço-velocidade,  $\rho(r, v)$ , antes da discretização de  $r$
  - Considera o borramento (amostragem do espaço-k)
  - Permite calcular  $v_{cf}$  e  $\bar{v}$  para mapas de alta resolução

Universidade de Brasília **PGEA**

### Trabalhos futuros

- Relação entre erro no voxel e as características de  $\rho(v)$  nesse voxel (desvio padrão, assimetria, etc.)
- Considerar diferenças de intensidade devido a efeitos de realce de influxo e contraste T1
  - Trivialmente incorporados ao modelo proposto
- Efeito da perda de sinal devido à dispersão de fase
  - Voxels com maior dispersão de velocidade são mais suscetíveis a erros devido a ruído

Universidade de Brasília **PGEA**

### Conclusões

- Medidas obtidas por CF podem ser interpretadas como sendo a média das velocidades dos spins contidos em cada voxel
  - Mesmo para voxels parcialmente ocupados por spins estáticos ou na subcamada viscosa
- O modelo proposto pode ser usado para melhorar nosso entendimento acerca dos efeitos de volume parcial nos exames de CF



 **Universidade de Brasília** 

 **GPSIM**  
Grupo de Processamento de  
Sinais e Imagens Médicas

**Obrigado!**

joaoluz@pgea.unb.br  
<http://pgea.unb.br/~joaoluz>

Apoio:  **CNPq**  
Conselho Nacional de Desenvolvimento  
Científico e Tecnológico  
bolsa de IC

 **CAPEB**  
inscrição CBEB