

IX ConFiMe

PCD 2966384
UNIDADE FFR
ACERVO BCRP BC



Prof. Carlos Ernesto Garrido Salmon

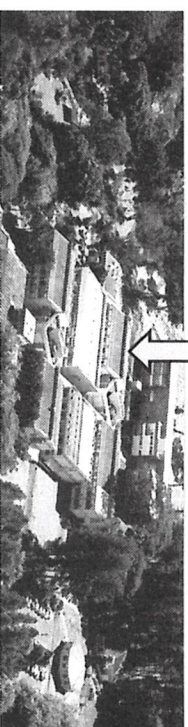


Prof.ª Renata Leoni

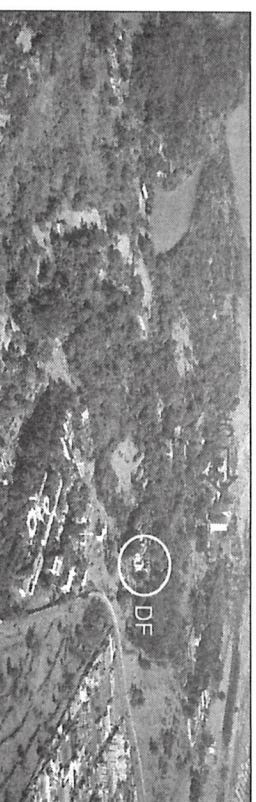
Imagens de Perfusão Sanguínea Cerebral por Arterial Spin Labeling

Prof.ª Dr.ª Renata Leoni

Campinas
Julho/2018



Departamento de Física – FFLC/USP



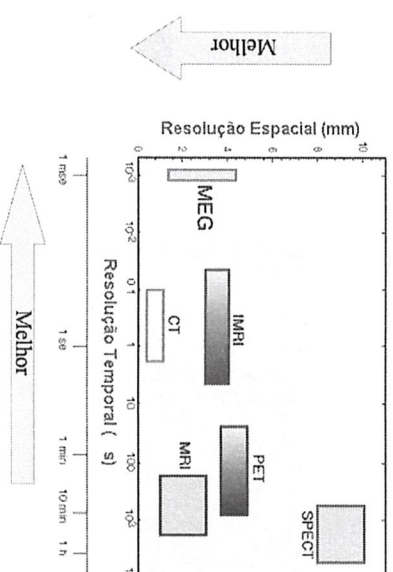
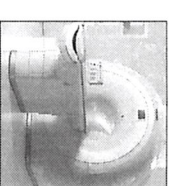
USP – campus Ribeirão Preto

Missão: Estudo estrutural e funcional do cérebro usando técnicas não invasivas para gerar conhecimento básico e metodologia a serem aplicados na prática clínica

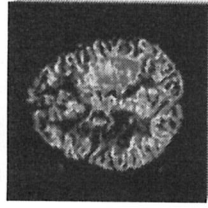
- ✓ Acoplamento neuro-vascular-metabólico (TMS, EEG, fMRI, ASL, fMRS)
- ✓ Conectividade estrutural e funcional (TMS, DTI, fMRI, ASL)
- ✓ Técnicas quantitativas de IRM (relaxometria, transferência de magnetização, difusão, espectroscopia, fMRI, ASL) em diferentes patologias (epilepsia, doença de Alzheimer, esclerose múltipla, Parkinson, etc.)

Imagens por Ressonância Magnética (IRM)

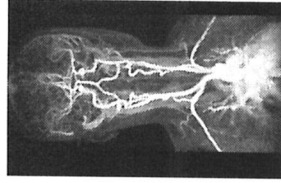
- ^1H e interação com campos magnéticos
- Não invasiva
- Sensível a diferentes tecidos
- Flexível (diversas aplicações)



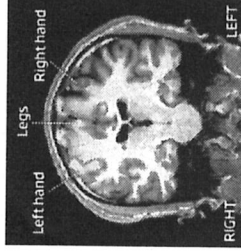
Imagens por Ressonância Magnética (IRM)



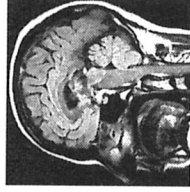
Perfusão cerebral



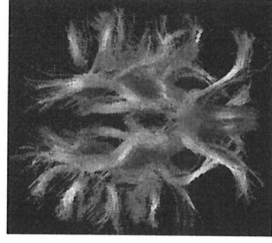
Angiografia



Funcional



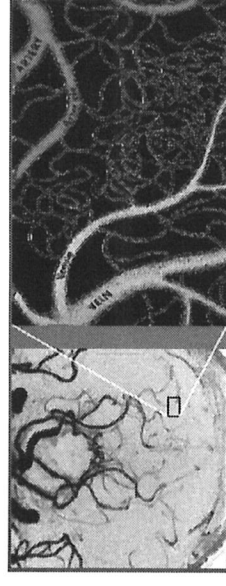
Anatômica



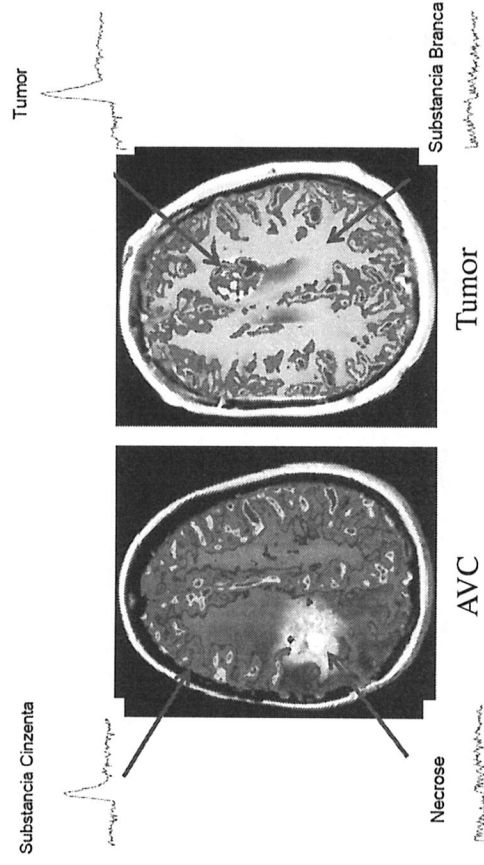
Difusão
(fibras nervosas no cérebro humano)

Perfusão sanguínea cerebral

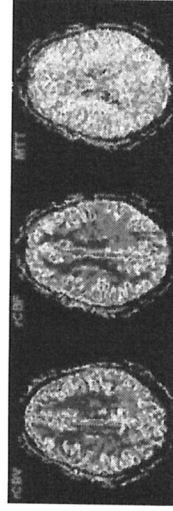
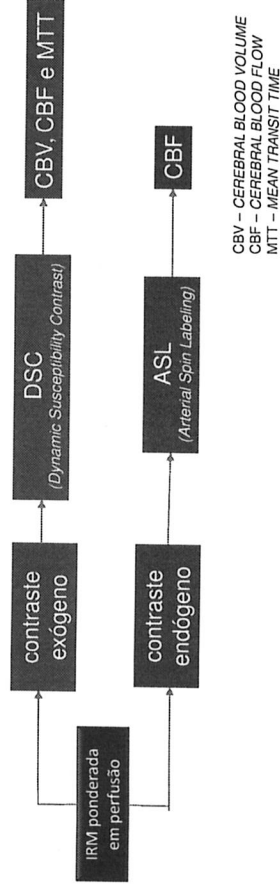
- Descreve a passagem de sangue através da rede vascular
- Garante a entrega de oxigênio e nutrientes aos tecidos
- Essencial para a viabilidade e funcionamento de todos os tecidos
- Afetada por condições patológicas como tumor, acidente vascular, alterações nas paredes do vasos, etc.



DSC – Mapas de CBV

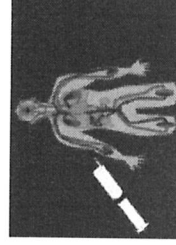
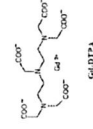


Sobreposição do mapas de CBV às imagens ponderadas em T1



- Desvantagens: injeção de contraste, não pode ser repetida no mesmo dia

CBV – CEREBRAL BLOOD VOLUME
CBF – CEREBRAL BLOOD FLOW
MTT – MEAN TRANSIT TIME



ASL

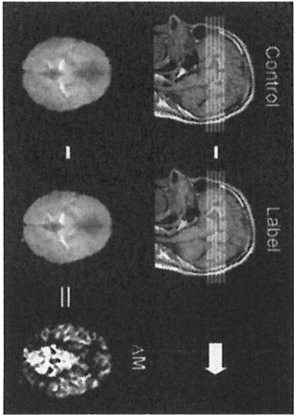
Arterial Spin Labeling (marcação dos spins arteriais)

Técnica de ressonância magnética não-invasiva para a quantificação de mapas de fluxo sanguíneo cerebral

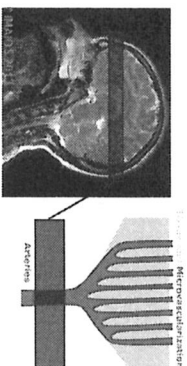
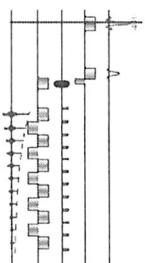
Utiliza pulsos de radiofrequência para marcar magneticamente os spins da água presente no sangue arterial (contraste endógeno)

ASL – Marcação dos Spins Arteriais

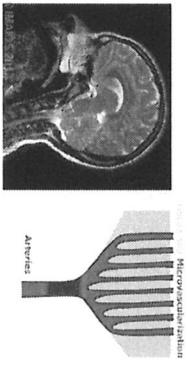
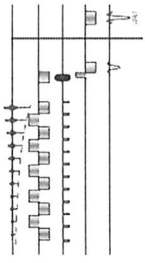
$CBF \propto \Delta M$



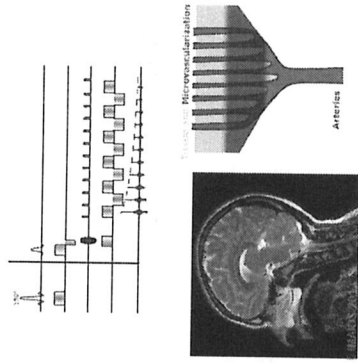
Calamante *et al.*, JCBFM 1999
Petersen *et al.*, Br J Radiol 2006
Detre *et al.*, Curr Opin Neurol 2009



Pulso de 180° para marcação do sangue



Tempo para o sangue fluir até a região de interesse



Tempo para o sangue fluir até a região de interesse

GRE-EPI

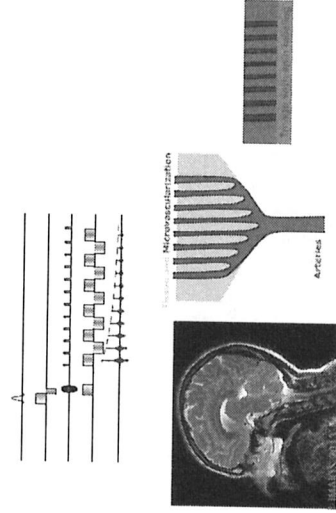
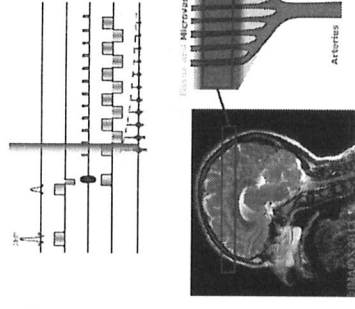


Imagem marcada

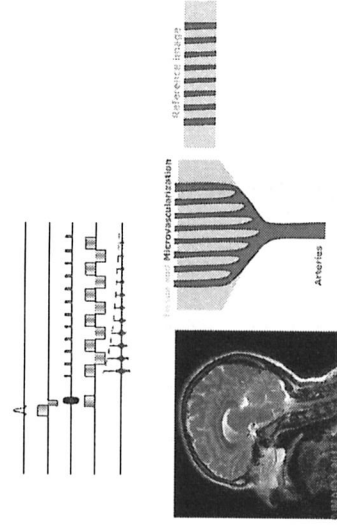
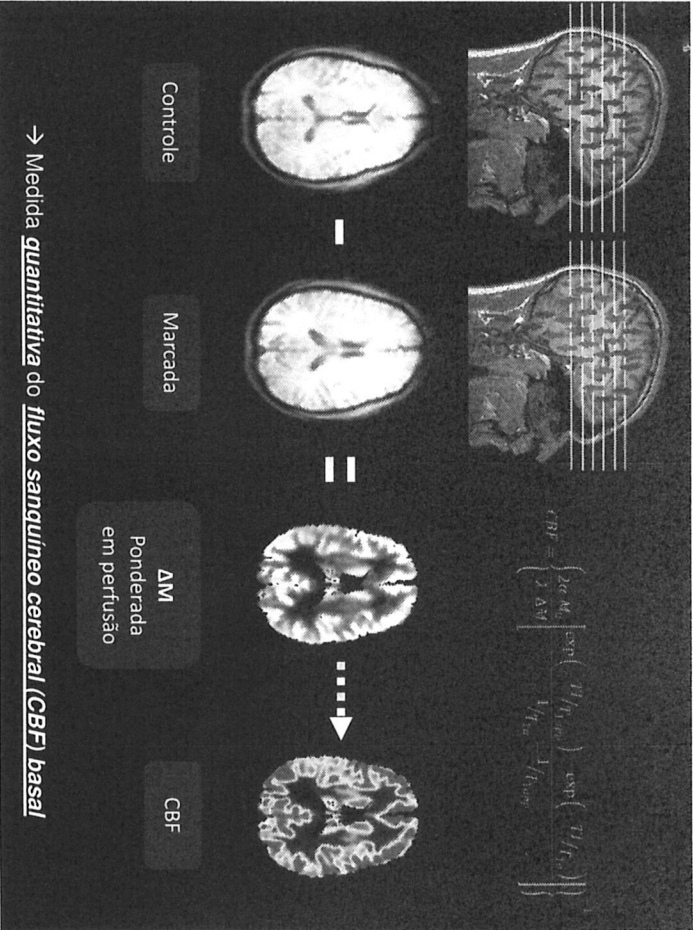


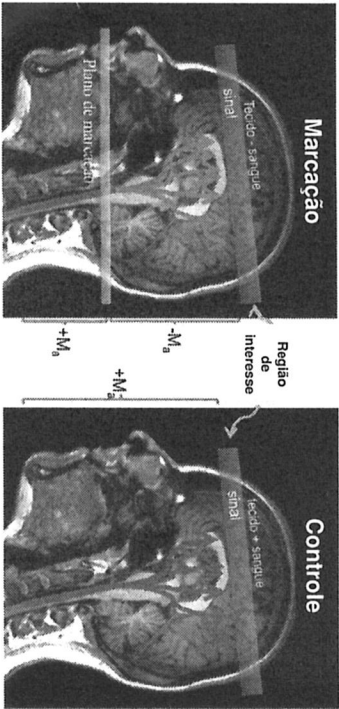
Imagem controle



pCASL

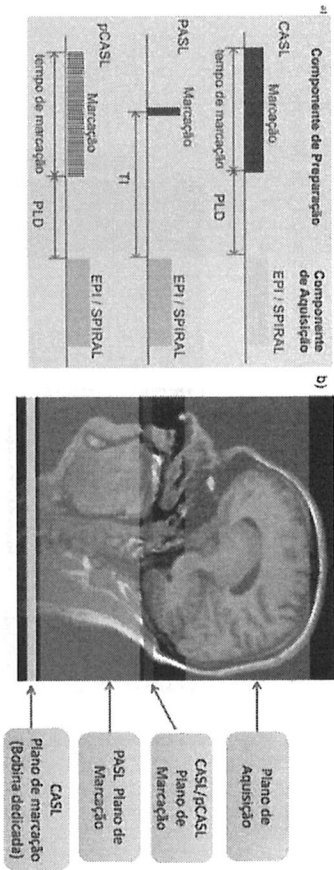
Pseudocontinuous Arterial Spin Labeling

Uma região relativamente pequena, mais distante da fatia de interesse, é marcada com um trem de pulsos de RF.

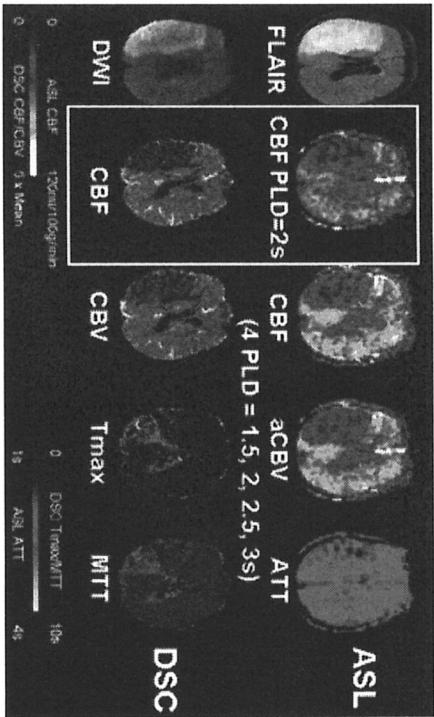


Tipos de ASL

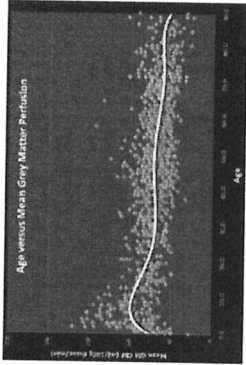
- Continuous Arterial Spin Labeling (CASL)
- Pulsed Arterial Spin Labeling (PASL)
- Pseudocontinuous Arterial Spin Labeling (pCASL)



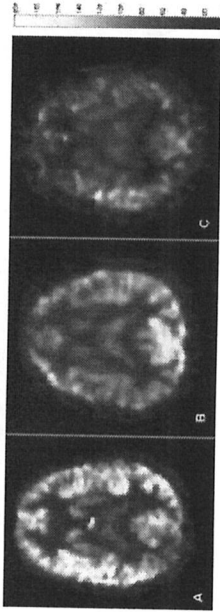
ASL x DSC



Envelhecimento saudável

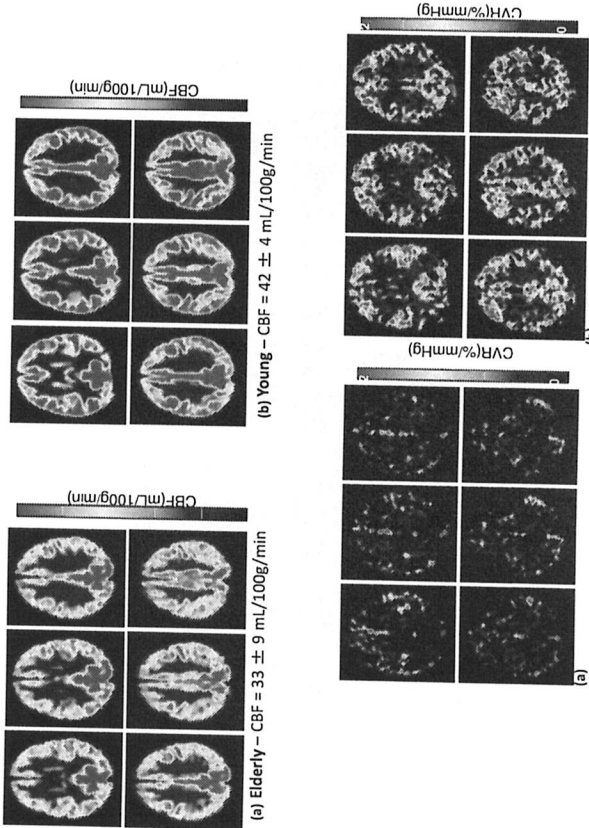


- PASL
- 959 sujeitos normais
- CBF mais altos entre 5 e 15 anos
- CBF decresce depois dos 30 anos



Dados de voluntários saudáveis. (a) Criança de 10 anos (CBF = 94 mL/100g tecido/min). (b) Adulto de 40 anos (CBF = 70 mL/100g tecido/min). (c) Idoso de 80 anos (CBF = 49 mL/100g tecido/min).

Pollock et al., MRI 2009



Mean CVR maps for (a) Elderly and (b) Young groups. Reduced CVR in global gray matter and greater variability of CVR values in elderly.

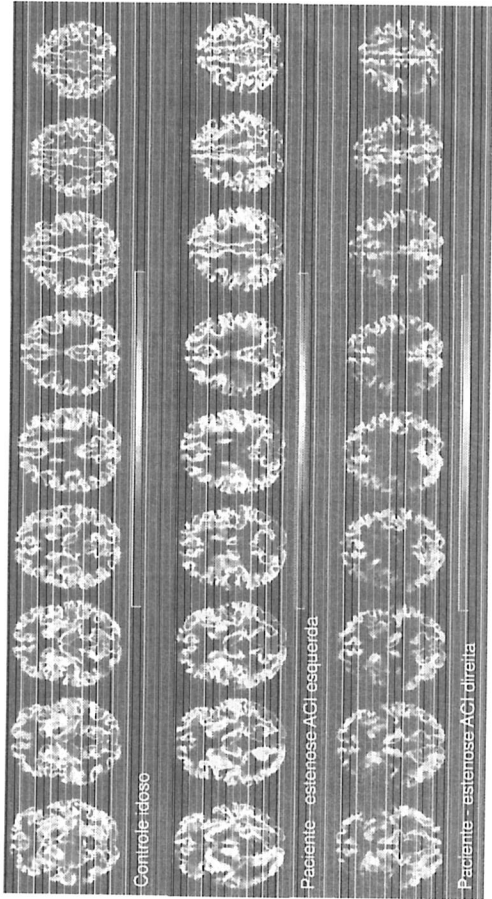
Cerebral blood flow and vasoreactivity in aging:
an arterial spin labeling study

R.F. Leoni¹, I.A.F. Oliveira¹, O.M. Pontes-Neto², A.C. Santos³ and J.P. Leite²

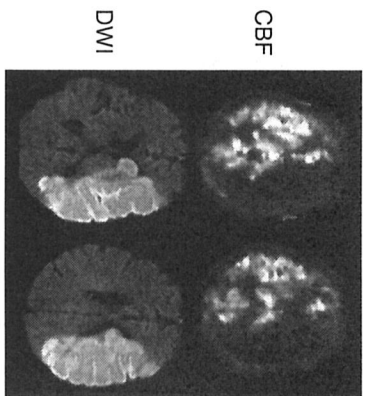
¹Departamento de Física, Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, SP, Brasil
²Departamento de Neurociências e Ciências do Comportamento, Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, SP, Brasil
³Divisão de Radiologia, Departamento de Clínica Médica, Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, SP, Brasil

Biomarcadores de Ressonância Magnética e Performance Cognitiva em
Estenose Carotídea Assintomática

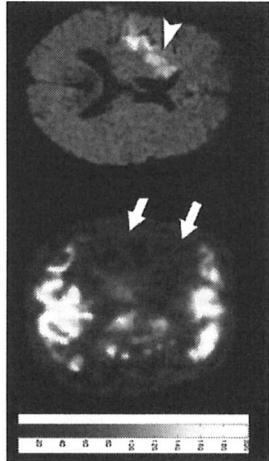
Tese de doutorado – Ana Paula C. A. Ferreira



AVC isquêmico



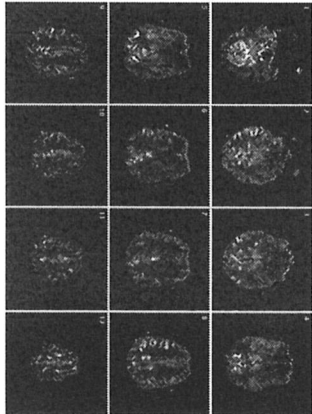
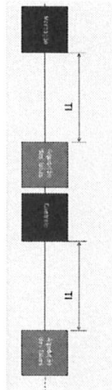
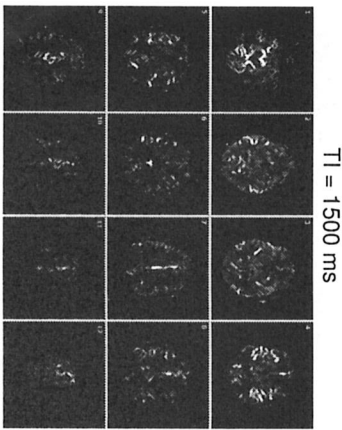
Hipofluxo ou tempos de trânsito variáveis?



Maldjian, ISMRM 2012

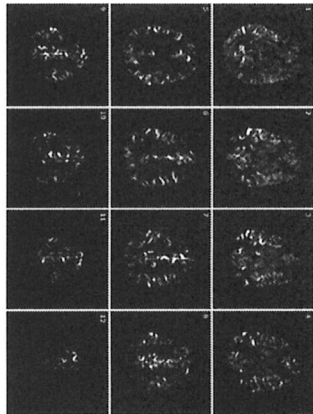
Mapas de CBF

Voluntário idoso

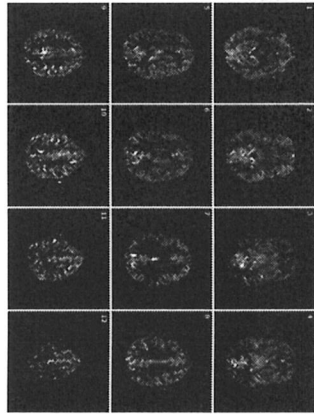


Mapas de CBF

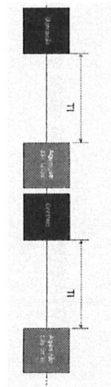
Paciente (idoso)



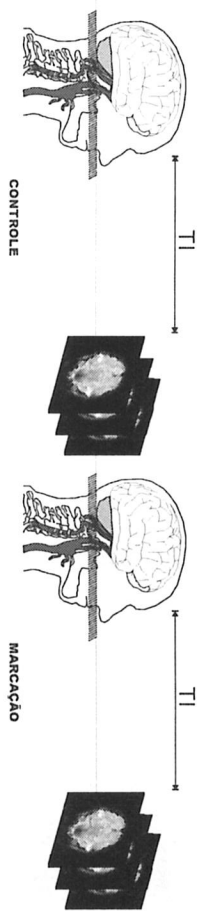
Fluxo mais lento → sangue ainda no meio intravascular



TI = 1500 ms



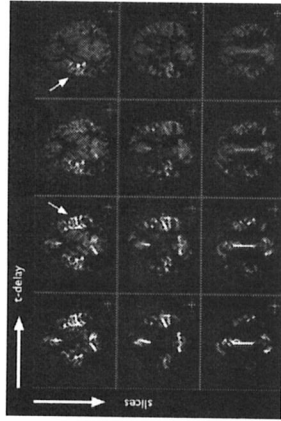
Single-TI (single-TI): as fatias são adquiridas apenas uma vez após o pulso de marcação



TI = ????

Estenose Carotídea

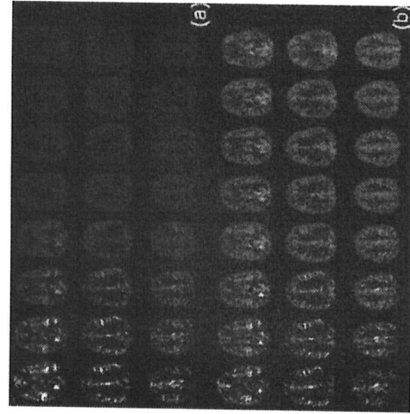
- Paciente de 75 anos com estenose da ACI direita



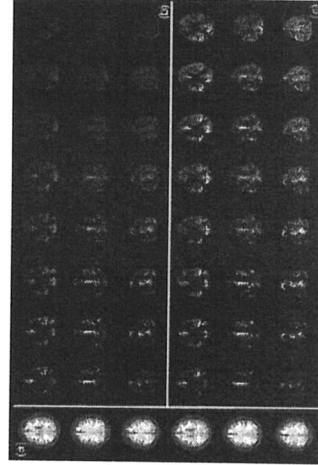
Pre-intervention multi-phase, multi-slice ASL scans show differences between right and left sides of brain.

Kawauchi and Sato, FieldStrength 2009

Improving Arterial Spin Labeling Acquisition to Reduce the Effect of Delayed Arrival Time
 Andre Monteiro Paschoal¹, Renata Ferranti Leoni¹, Antonio Carlos dos Santos², Bernd Uwe Foerster, and Fernando Fernandes Paiva³

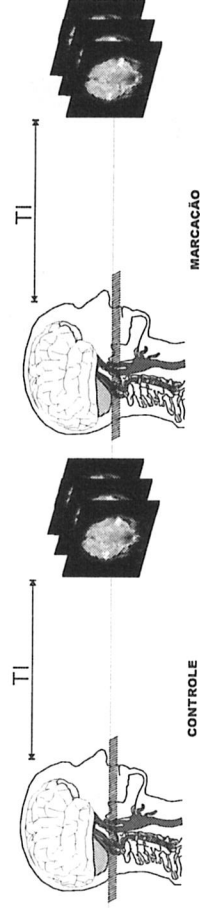


(a) método usual; (b) método proposto

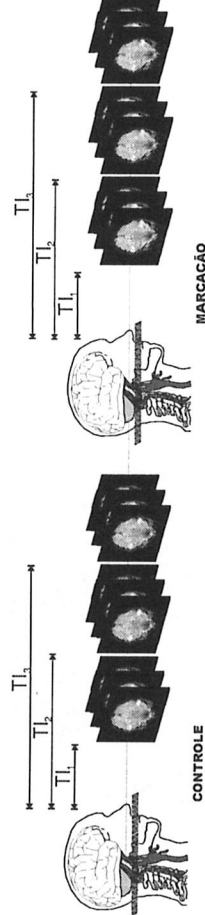


Paciente com estenose severa de ACI

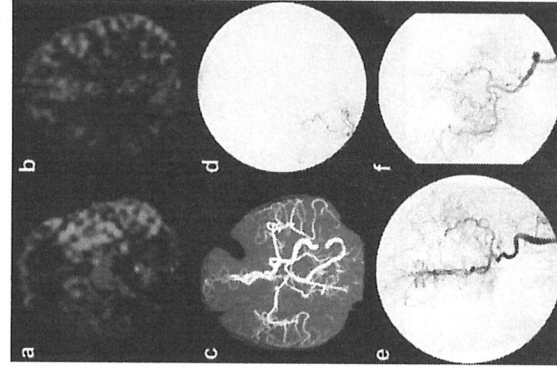
Single-TI (single-TI): as fatias são adquiridas apenas uma vez após o pulso de marcação



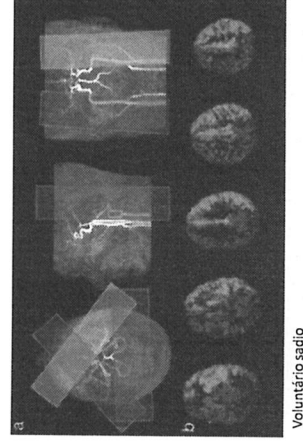
Multi-phase (multi-TI): as fatias são adquiridas algumas vezes após o pulso de marcação



Territórios Vasculares – Avaliação de fluxo colateral



Paciente com oclusão da ACI direita



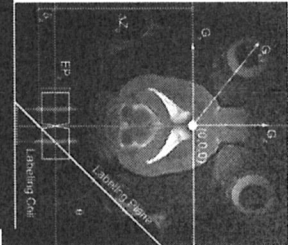
Voluntário sadio

- Território da ACI direita
- Território da ACI esquerda
- Território da circulação posterior

Chng et al., Stroke 2008

Arterial Spin Labeling Measurements of Cerebral Perfusion Territories in Experimental Ischemic Stroke

Renata F. Leoni · Fernando F. Paiva · Byoung-Tek Kang · Erica C. Henning · George C. Nachev · Alberto Taminis · Drailho B. de Araujo · Adonise C. Silva



Territórios Vasculares

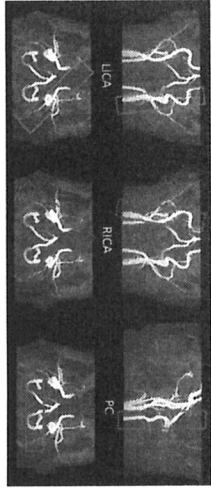


Figure 1: Labeling planning of the left internal carotid artery – LICA (green), right carotid artery – RICA (red), and posterior circulation – PC (blue) on MIPs of the circle of Willis of a healthy volunteer.

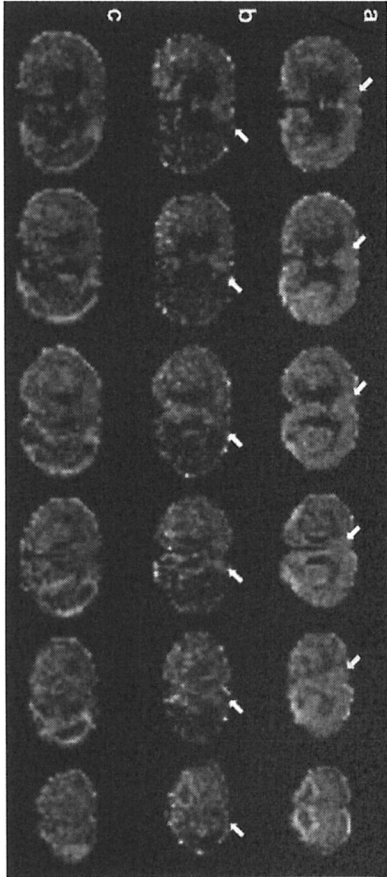
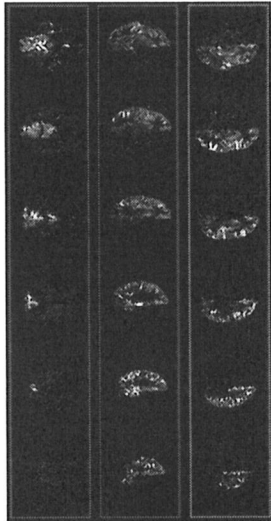
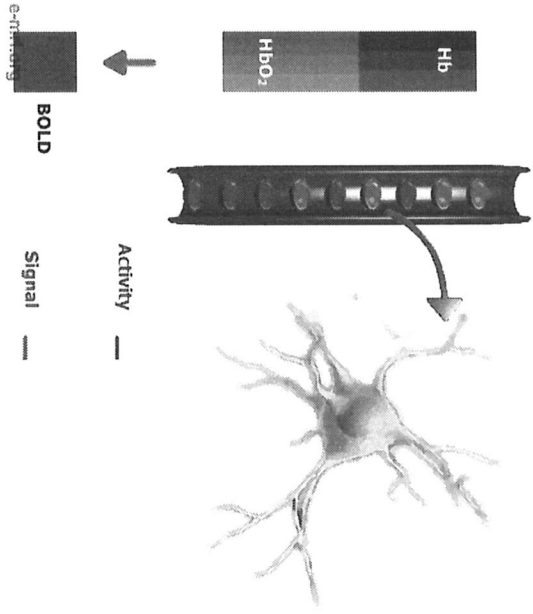


Figure 3: Perfusion territories of the left internal carotid artery (green), right carotid artery (red), and posterior circulation (blue).



Contrast *BOLD*
 Blood Oxygenation Level Dependent

- Deoxi-Hb
 - paramagnética – diminui o sinal
- Oxi-Hb
 - diamagnética – não altera o sinal



fMRI – functional Magnetic Resonance Imaging

BOLD-fMRI

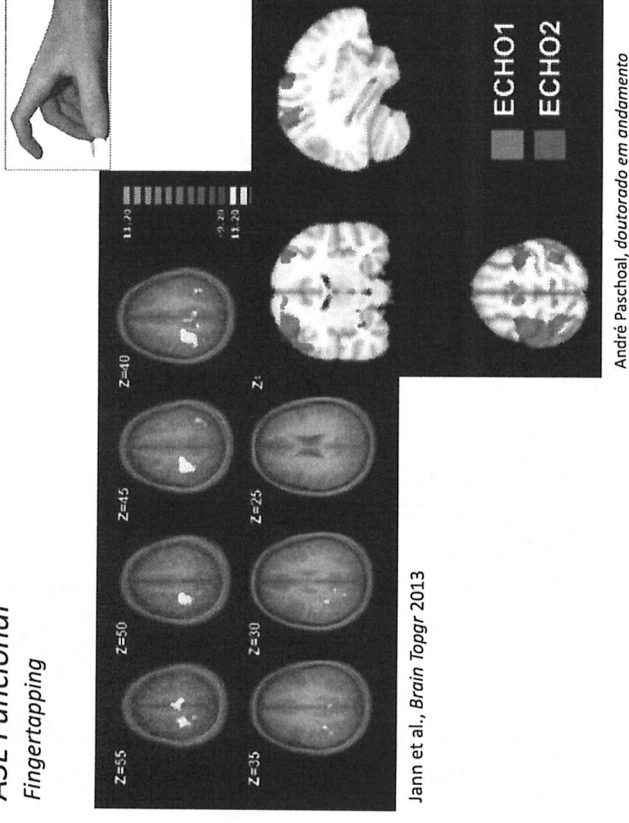
Desvantagens

- Sinal BOLD baseia-se em mudanças relativas da taxa de oxigenação do sangue → medidas relativas da atividade podem ser estimadas
- Sinal BOLD é modulado por diferentes fatores fisiológicos:
 - Fluxo sanguíneo cerebral (CBF)
 - Volume sanguíneo cerebral (CBV)
 - Consumo de oxigênio (CMRO₂)

ASL → Fluxo Sanguíneo Cerebral

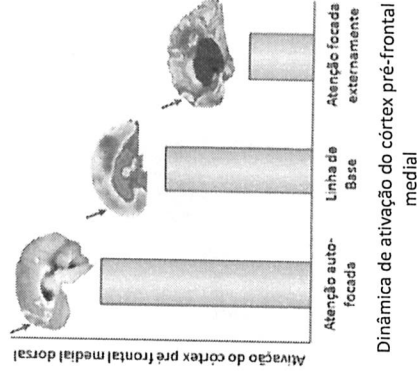
ASL Funcional

Fingertapping



E no estado de repouso?

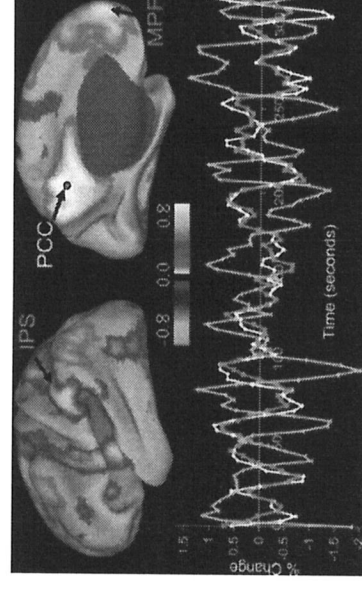
(sem estímulo ou tarefa)



Vantagens:

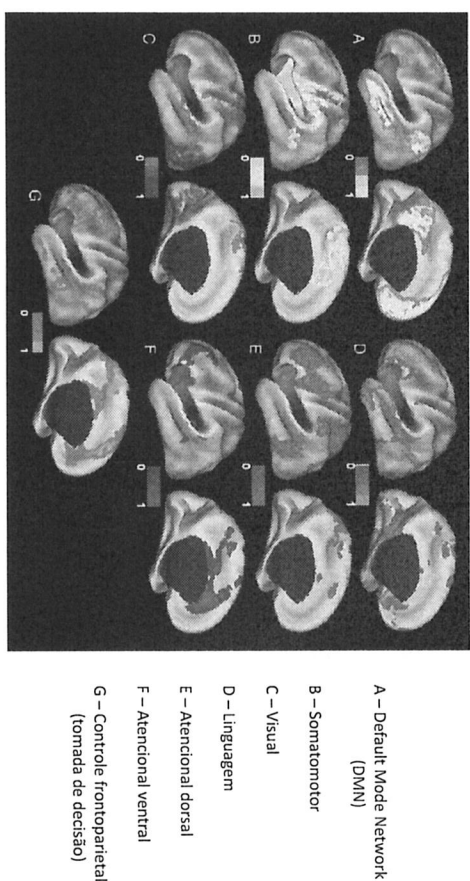
1. Mais fácil implementação
2. Menos dependente do sujeito
3. Independente da escolha de uma tarefa específica (estudos exploratórios)
4. Estudo da fisiologia basal

Cérebro humano → intrinsicamente organizado em redes funcionais dinâmicas anticorrelacionadas



PCC: córtex cingulado posterior (*precuneus*)
 MPF: córtex pré-frontal medial
 IPS: sulco intraparietal

Redes cerebrais de repouso



Smyser et al., AJNR 2013

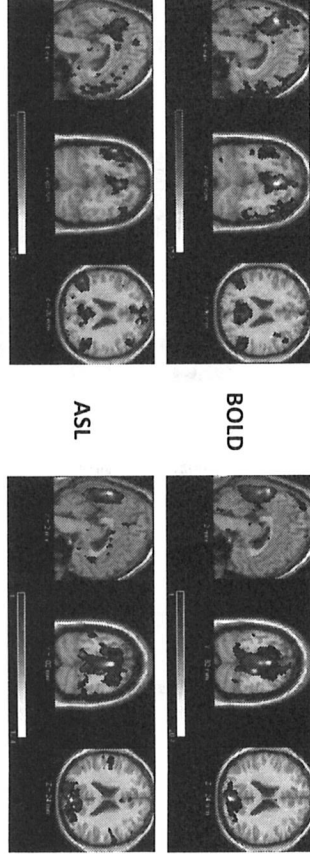
Magnetic Resonance Imaging
S1 (2018) 151-157
Contents lists available at ScienceDirect
journal homepage: www.elsevier.com/locate/mri

Original contribution

Effect	Subj	Simple	Sinc	Running
func	DMN Z = 34			
João	Visual Z = 30			
Ícaro	SMN Z = 44			

Fig. 2. Resting-state brain networks (default mode network - DMN, visual and sensory-motor - SMN) identified simple, sine and running subtraction methods without (I) and with (II) removal of residual motion artifacts and global signal fluctuations (PMARS). R-values indicate the spatial correlation with Harvard-Oxford functional atlas.

ASL Funcional
Repouso



Rede de Modo Padrão (DMN)

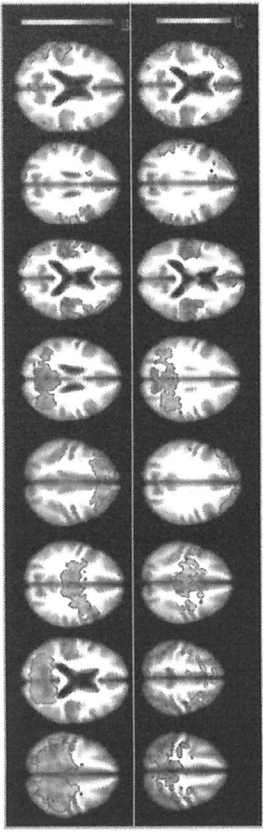
Rede Visual

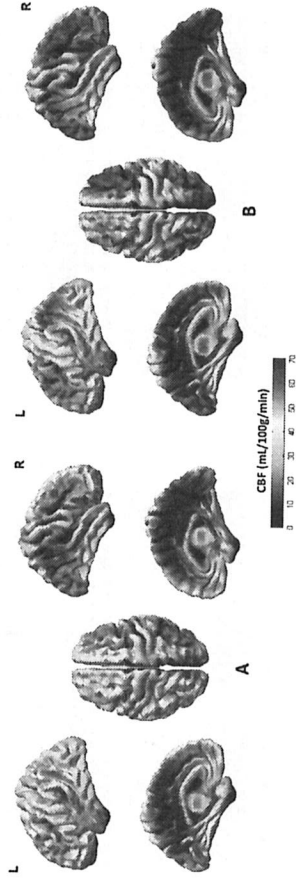
Mónaco et al., dissertação de mestrado 2017

Poster # 2173
INBRAIN
Brain connectivity assessment between rest condition and verbal fluency task through Arterial Spin Labeling
Paschoal, A.M.¹, Paula, F.F.², Leon, R.F.³
¹InBrain Lab, Department of Physics, University of São Paulo, Ribeirão Preto, SP, Brazil
²CERLING, Physics Institute of São Carlos, University of São Paulo, São Carlos, SP, Brazil
³UFPA, Universidade Federal do Pará, Belém, PA, Brazil

- Redes cerebrais obtidas por ICA
- Tarefa de linguagem x Repouso

CBF → Verbal Fluency task condition x Resting State condition



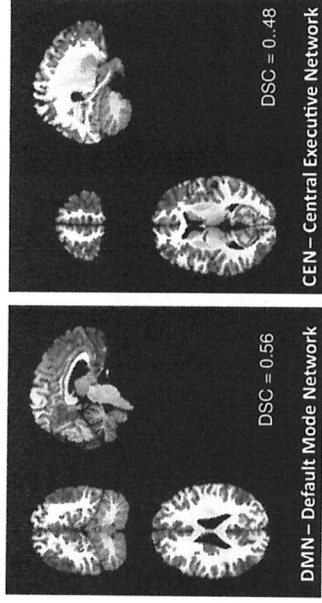


Pacientes com esquizofrenia **Controles saudáveis**

Redução de CBF principalmente em regiões do lobo frontal relacionadas com regulação e processamento das emoções.

ASL Arterial Spin Labeling

- ✓ Não-invasiva
- ✓ Robusta e reprodutível
- ✓ Mapamento do cérebro todo com boa resolução espacial
- ✓ Avaliação da perfusão cerebral basal, distribuição regional da vasorreatividade cerebral, dos territórios vasculares, da resposta hemodinâmica a tarefas, e das redes de repouso.



Redes cerebrais de repouso de pacientes (azul) e controles saudáveis (vermelho)

	PACIENTES COM ESQUIZOFRENIA					CONTROLES SAUDÁVEIS				
	IPL_L	IPL_R	mPFC	PCC	mPFC	IPL_L	IPL_R	PCC	mPFC	
DMN	42 ± 12	51 ± 14	64 ± 17	35 ± 10*	46 ± 9	50 ± 9	64 ± 13	43 ± 10		
CEN	LPFC_L	LPFC_R	IPS_L	IPS_R	LPFC_L	LPFC_R	IPS_L	IPS_R		
	35 ± 10	40 ± 9*	39 ± 14*	40 ± 12*	35 ± 8	45 ± 10	45 ± 11	45 ± 11		

Média ± desvio padrão
L: left, R: right
* $p < 0.05$ (FDR-corrected)
* $p < 0.05$ (uncorrected)



df.fclrp.usp.br/inbrain

leonirf@usp.br

OBRIGADA!!

