

# ANÁLISE DE DIFERENTES MÉTODOS DE PROCESSAMENTO DE IMAGENS EM RESSONÂNCIA MAGNÉTICA COM A TÉCNICA DE ARTERIAL SPIN LABELING (ASL)

**Palavras-Chave:** ASL, perfusão, pós-processamento

**Autores(as):**

**Hermes de Souza Magalhães Junior, IFGW – Universidade Estadual de Campinas**

**Prof. Dr. André Monteiro Paschoal (orientador), IFGW - Universidade Estadual de Campinas**

---

## INTRODUÇÃO:

Arterial Spin Labeling (ASL) é uma técnica de ressonância magnética ponderada por perfusão, na qual agentes de contraste exógenos não são necessários para quantificar parâmetros relacionados à perfusão, entre eles o fluxo sanguíneo cerebral (CBF). As imagens são adquiridas através da rotulagem magnética do sangue arterial, cujos átomos de hidrogênios servem como um traçador endógeno e por isso, trata-se de um método completamente não invasivo para a avaliação do CBF. A partir das imagens adquiridas com esta técnica, após a realização de um pós-processamento, faz-se a quantificação da perfusão sanguínea cerebral em unidades fisiológicas.

A perfusão sanguínea cerebral é descrita pela razão entre a pressão de perfusão sanguínea e a resistência vascular cerebral. Aqui, a perfusão será expressa em ml/100g de tecido/min. O valor típico encontrado em adultos saudáveis oscila em torno de 50 ml/100g/min. Variações nesses valores podem identificar possíveis problemas em vasos sanguíneos e/ou na hemodinâmica cerebral, que podem ocasionar um aumento ou diminuição do fluxo sanguíneo chegando em determinadas regiões do cérebro, que pode ser um biomarcador, por exemplo, para tumores (aumento de perfusão) ou acidente vascular cerebral (AVCs, no caso de redução da perfusão).

Dessa forma, entende-se a importância do estudo do método Arterial Spin Labeling. Como já mencionado, ASL tem a vantagem de medir a perfusão sanguínea de forma quantitativa e não invasiva. Devido aos resultados obtidos nos últimos anos, ASL é uma técnica bastante promissora, o que pode ajudar a difundir cada vez mais o seu uso na rotina clínica de hospitais e centros de diagnósticos.

Para a marcação do sangue arterial, um pulso de radiofrequência (RF) é aplicado para alterar a magnetização dos spins do sangue, em comparação com os spins no tecido cerebral estático, que permanecem alinhados com o campo magnético estático gerado pelo equipamento de ressonância magnética. Embora o método ASL tenha se tornado mais popular nos últimos anos, ele apresenta algumas limitações, como uma baixa relação sinal-ruído e a necessidade de uma pipeline complexa para pós-processamento e quantificação do CBF, o que dificulta a rápida disseminação do método na prática clínica.

Esse pós-processamento é necessário pois os dados brutos que são obtidos do aparelho de MRI necessitam desse trabalho para que possam ser interpretados e possam servir para uso clínico.

Nos últimos anos, a *Open Science Initiative for Perfusion Imaging* (OSIPI) organizou o primeiro desafio focado em ASL com o objetivo de padronizar as pipelines de processamento e identificar as melhores práticas. Assim, este estudo irá comparar os resultados obtidos com os principais softwares para processamento de dados ASL disponíveis na literatura.

Dessa forma, o vigente trabalho tem como objetivo comparar diferentes pipelines de pós-processamento para imagens ASL, utilizando dados previamente coletados, para investigar qual dos seguintes pipelines apresentará menor flutuação estatística e fornecerá uma melhor precisão nas medições dos parâmetros quantitativos relacionados à perfusão.

## METODOLOGIA:

Este projeto utilizará dados publicamente disponíveis usados no *ISMRM-OSIPI ASL Challenge* (figura 1), compartilhados através de um repositório na plataforma OSF (<https://osf.io/6xyu3/>). O conjunto de dados consiste em um dado criado a partir de dados populacionais e 9 dados sintéticos simulados usando a plataforma ASLDRO (<https://asldro.readthedocs.io/en/stable/>).



Figura 1: Logo do ASL MRI Challenge (<https://x.com/aslosipi>)

Os dados sintéticos são conjuntos de dados de fantasmas de ASL simulados usando um simulador de dados de ASL disponível (<https://archive.ismrm.org/2021/2731.html>) para fornecer dados com características reais. Dos 9 conjuntos de dados, 3 foram simulados baseados em sujeitos saudáveis, 3 foram baseados em dados de pacientes com alterações de perfusão e 3 se basearam em pacientes com alterações de perfusão aliado à inclusão de ruído por movimento durante a aquisição dos dados.

Já para os dados populacionais, será utilizado um objeto de referência digital (DRO) baseado em uma população pré-definida, com média de 84 participantes, considerando adultos e idosos saudáveis. Os parâmetros de aquisição de cada conjunto de dados estão mostrados na tabela 1.

Tabela 1: Uma visão geral da aquisição baseada na população e dos parâmetros sintéticos para uso em análise.			
A: Dados baseados em população:		B: Dados sintéticos:	
Sequência	2D PCASL	Sequência	3D PCASL
Tempo ao Eco	10.4 ms	Tempo ao Eco	10.4 ms
Tempo de Repetição: ASL/MO	4800/10,000 ms	Tempo de Repetição: ASL/MO	4800/10,000 ms
Tempo de Delay Inicial Pós-marcação	2025 ms (distâncias entre as fatias: 2025-3310 ms)	Tempo de Delay Inicial Pós-marcação	1800 ms
Duração da Marcação	1650 ms	Duração da Marcação	1800 ms

Tabela 1: Uma visão geral da aquisição baseada na população e dos parâmetros sintéticos para uso em análise.

Para o processamento dos dados, serão considerados os seguintes softwares. Durante o desenvolvimento do projeto, se fez necessária uma alteração dos softwares que serão utilizados neste trabalho. Um dos principais motivos foi a falta de tempo devido a complexidade apresentada por algumas pipelines anteriormente apresentadas. Um outro motivo, que resultou na alteração de um dos softwares, foi o interesse em ampliar o estudo para pipelines fora do desafio mencionado e analisar possíveis alterações nos resultados.

Os softwares que serão utilizados para análise de dados no relatório final são:

- **BASIL:** desenvolvido pela Universidade de Oxford, este método consiste em um grande número de ferramentas para quantificar a perfusão cerebral e analisar imagens ASL.
- **ASLPrep:** interface de última geração, robusta para variações nos protocolos de aquisição de escaneamento e que requer entrada mínima do usuário.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO:

Usando o software BASIL, podemos comparar os diferentes valores de perfusão média da massa branca e cinzenta dos cérebros estudados. Os valores se encontram na tabela 2 e mostra as diferenças encontradas entre os diferentes tipos de dados sintéticos. Um exemplo de uma imagem de perfusão pode ser vista na figura 2.

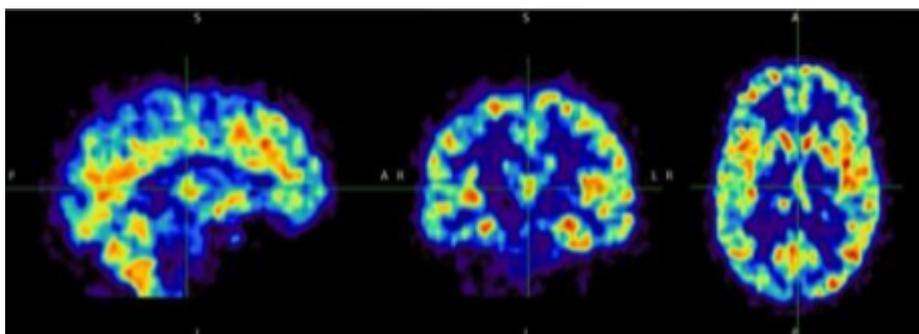


Figura 2: Mapa de perfusão sanguínea, pós-processado com o software BASIL.

Analisando os diferentes valores podemos identificar uma flutuação estatística baixa entre os dados de pessoas saudáveis, indicando uma boa resposta do software para realizar a medição dos valores de perfusão.

Comparando esses dados com os dados de pessoas doentes, identificamos uma variação muito sensível no valor da perfusão na massa cinzenta cerebral, e uma variação mais significativa na perfusão da massa branca do cérebro, o que indica uma resposta adequada do método na detecção de variações dos valores em comparação a valores saudáveis.

Quando foi incluído o fator movimento nos dados, vemos que o software perde um pouco a exatidão entre os dados, flutuando mais entre eles, indicando uma possível dificuldade em encontrar valores mais padronizados para a detecção de alterações.

Mesmo apresentando algumas dificuldades, é possível identificar que o pós-processamento do ASL gera resultados convincentes para que seja implementado no uso clínico.

O outro software utilizado na pesquisa, até a data de envio desse resumo, estava apresentando problemas para rodar os dados, muito provavelmente por conta de algum erro de instalação, que está sendo trabalhado para ser resolvido. Dessa forma, uma análise estatística comparativa entre esses dois modelos ainda não será possível no presente resumo.

Dessa forma, foi realizada apenas uma análise comparativa cruzada entre os dados sintéticos. Com a resolução do problema, será feita uma comparação entre os dados populacionais também.

No entanto, devido a sua característica de mínima entrada no usuário, é esperado que os valores finais resultantes do processamento de dados com essa pipeline apresentem resultados ainda mais precisos e com menor flutuação entre eles, pois, nesse software, o fator de entrada do erro humano desaparece.

Tabela 2: Valores médios de perfusão sanguínea em (ml/100g de tecido/min) para os dados sintéticos no software BASIL.								
A: Pessoas saudáveis			B: Pessoas doentes			C: Pessoas doentes + movimento		
Dados:	Substância Cinzenta	Substância Branca	Dados:	Substância Cinzenta	Substância Branca	Dados:	Substância Cinzenta	Substância Branca
SUB-DR01	40.973	15.690	SUB-DR04	41.415	15.269	SUB-DR07	47.253	15.271
SUB-DR02	41.654	16.459	SUB-DR05	39.410	16.596	SUB-DR08	36.891	20.548
SUB-DR03	39.694	17.184	SUB-DR06	38.255	21.972	SUB-DR09	34.289	22.057

## CONCLUSÕES:

Ao final desta pesquisa, com a análise estatística comparativa feita entre essas duas pipelines utilizadas, é esperado que um método mais eficiente de pós-processamento de dados seja determinado, de forma que a flutuação estatística seja reduzida e a precisão das medidas quantitativas em comparação com o valor verdadeiro seja melhorada.

Com esta análise, esperamos ajudar profissionais em centros de saúde a fornecer um diagnóstico mais preciso e facilitar profissionais em campos de pesquisa, com dados mais precisos.

---

## **BIBLIOGRAFIA**

ANAZODO, U.; CROAL, P.; PASCHOAL, A. M. **OSIPI ASL MRI Challenge (2021)**. [S.l.: s.n.], 2021. DOI: 10.17605/OSF.IO/6XYU3. Disponível em: <<https://osf.io/6xyu3/>>

PETERSON, E. C.; WANG, Z.; BRITZ, G. **Regulation of cerebral blood flow**. [S.l.: s.n.], 2011. DOI: 10.1155/2011/823525.

BUXTON, R. B. et al. **“A general kinetic model for quantitative perfusion imaging with arterial spin labeling”**. Magn Reson Med, v. 40, n. 3, p. 383–396, 1998. ISSN 0740-3194 (Print) 0740-3194(Linking). Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9727941>>.

ASLOP, D. C.; et al., **“Recommended implementation of arterial spin-labeled Perfusion mri for clinical applications: A consensus of the ISMRM Perfusion Study group and the European consortium for ASL in dementia”**, Magn. Reson. Med., vol. 73, no. 1, pp. 102–116, 2015, doi: 10.1002/mrm.25197.

ANAZODO, U.; et al., **“The Open Source Initiative for Perfusion Imaging ( OSIPI ) ASL MRI Challenge”**, in Proceedings of the 29th Annual Meeting of the International Society of Magnetic Resonance in Medicine, Virtual Meeting, 2020, pp. 1–3.