



PUC Minas Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais

ICEI - Curso de Ciência da Computação

Disciplina: Processamento e Análise de Imagens

Prof. Alexei Machado

Trabalho Prático

Métodos de segmentação e reconhecimento de imagens aplicados ao diagnóstico da Doença de Alzheimer

Data de entrega: dia anterior à primeira data de apresentação no cronograma, pelo Canvas

Valor: 35 pontos

Penalidade por atraso: Valor total, não se admite atraso!

Grupos: 3 ou 4 componentes

Descrição:

Assim como o envelhecimento natural, algumas doenças neurológicas causam variações volumétricas de estruturas do cérebro. Neste trabalho, você analisará um subconjunto de imagens de ressonância magnética do cérebro de pessoas saudáveis e com déficits cognitivos de diversos graus para auxiliar o diagnóstico da Doença de Alzheimer, bem como caracterizar perdas causadas pelo envelhecimento. A Fig. 1 exemplifica o efeito da doença e do envelhecimento na anatomia cerebral.

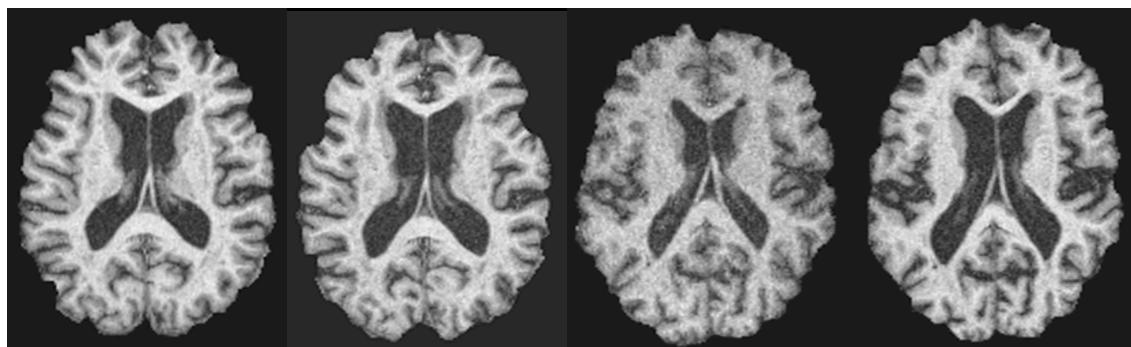


Fig. 1. Da esquerda para a direita: indivíduo X normal de 80 anos; indivíduo X com 85 anos; indivíduo Y normal com 79 anos; indivíduo Y após desenvolver demência, aos 86 anos.

O dataset utilizado é um subconjunto do OASIS 2 Dataset¹. Esse conjunto consiste em uma coleção longitudinal (tomados em tempos diferentes) de 150 indivíduos com idades entre 60 e 96 anos. Cada indivíduo foi examinado em duas ou mais visitas, separadas por pelo menos um ano para um total de 373 sessões de imagem. Para cada indivíduo foram feitos exames de ressonância magnética

¹ <https://sites.wustl.edu/oasisbrains/home/oasis-2/>



PUC Minas Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais

ICEI - Curso de Ciência da Computação

Disciplina: Processamento e Análise de Imagens

Prof. Alexei Machado

ponderados em T1. Os indivíduos são todos destros e incluem homens e mulheres. Destes, 72 foram caracterizados como não dementes ao longo do estudo e 64 dos indivíduos incluídos foram caracterizados como dementes no momento de suas visitas iniciais e permaneceram assim para exames subsequentes, incluindo 51 indivíduos com doença de Alzheimer leve a moderada. Outros 14 indivíduos foram caracterizados como não dementes no momento de sua visita inicial e foram posteriormente caracterizados como dementes em uma outra visita. Cada volume original no formato Nifti² foi pré-processado por um script em R, através da extração do cérebro com a biblioteca fslr e convertidos para 8 bits por pixel. Os volumes foram registrados com o auxílio da biblioteca RNiftyReg através de transformação afim com o Atlas de Montreal (MNI152), de modo a otimizar a sobreposição de estruturas equivalentes. Foram extraídos os planos axial 120, sagital 112 e coronal 134.

Os seguintes dados demográficos e clínicos estão disponíveis em uma planilha CSV:

- Group: classe do paciente. Demented = Demente, NonDemented = Não demente, Converted = Inicialmente não demente mas que se tornou demente durante o estudo;
- Visit: Número da visita;
- MR Delay: dias entre a 1^a consulta e o exame;
- Age: Idade no momento da aquisição da imagem (anos);
- Sex: sexo (M/F);
- Educ: Anos de educação;
- Hand: Mão dominante (L/R);
- CDR: Classificação Clínica de Demência (0 = sem demência, 0,5 = DA muito leve, 1 = DA leve, 2 = DA moderada)
- NSE: Status socioeconômico avaliado pelo Índice de Posição Social de Hollingshead e classificado em categorias de 1 (status mais alto) a 5 (status mais baixo);
- MMSE: Pontuação do Mini-Exame do Estado Mental do MMSE (intervalo de 0 = pior a 30 = melhor);
- eTIV: Volume intracraniano total estimado (cm³);
- nWBV Volume cerebral total normalizado, expresso como uma porcentagem de todos os voxels na imagem mascarada pelo atlas que são rotulados como substância cinzenta ou branca pelo processo automatizado de segmentação de tecidos;

² O formato pode ser visualizado com o aplicativo MRIcron (<https://people.cas.sc.edu/rorden/mricron/install.html>)



PUC Minas Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais

ICEI - Curso de Ciência da Computação

Disciplina: Processamento e Análise de Imagens

Prof. Alexei Machado

Para a especificação das etapas, calcule os seguintes números:

DS=(soma dos números de matrícula dos componentes do grupo) mod 3

NR=(soma dos números de matrícula dos componentes do grupo) mod 2

NC=(soma dos números de matrícula dos componentes do grupo) mod 2

ND=((soma dos números de matrícula dos componentes do grupo) mod 4

a) O dataset será:

- coronal se DS=0;
- sagital se DS=1;
- axial se DS=2;

b) Se NR=0, o regressor raso será o regressor linear, senão será o XGBoost.

c) Se NC=0, o classificador raso será o XGBoost , senão será o SVM.

d) O classificador/regressor profundo será:

- ResNet50 se ND=0;
- DenseNet se ND=1;
- EfficientNet se ND=2;
- MobileNet se ND=3;

Especificações do programa:

1) O trabalho deve ser feito em grupos, cujos nomes devem ser informados até o dia 14/9 nas planilhas abaixo e não poderão ser alterados. Os alunos que não se cadastrarem serão agrupados pelo professor de forma arbitrária.

Campus Lourdes:

<https://docs.google.com/spreadsheets/d/11blwde891gWPDAkHzeKodnFZbXZ7K4iDxzcpdkSfS0/edit?usp=sharing>

Campus Coração Eucarístico: https://docs.google.com/spreadsheets/d/13KB5RBTIDkkRt9an-vbLVvg3BaORwXKJFgJmDZ-P_ds/edit?usp=sharing

2) O programa deve ser implementado em C++, Python ou Java EM UM ARQUIVO FONTE ÚNICO compilável. Notebooks não são aceitos.

3) É permitido o uso de funções elementares de bibliotecas. Por função elementar entende-se uma função básica de manipulação de imagens, cujo resultado não seja a solução final do problema. Ex: leitura de arquivos, cálculo de histogramas, filtros, cálculo de distâncias, conversão entre formatos de imagens, cálculo de características, classificadores.



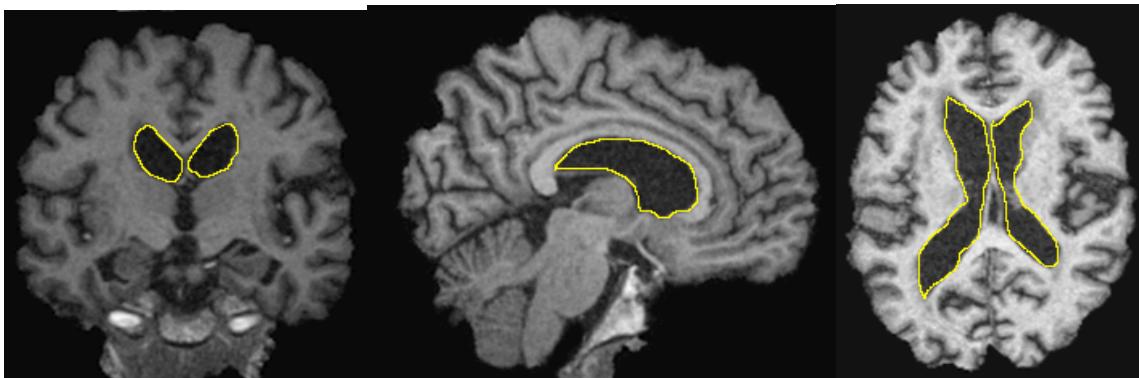
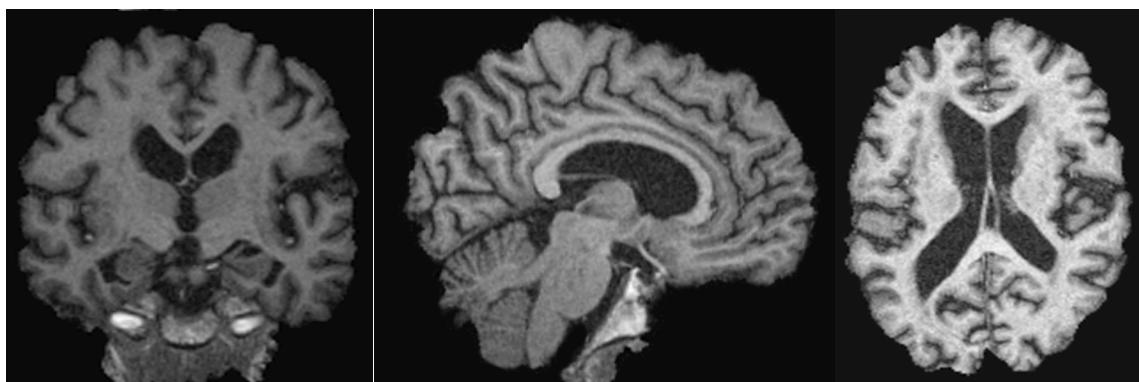
PUC Minas Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais

ICEI - Curso de Ciência da Computação

Disciplina: Processamento e Análise de Imagens

Prof. Alexei Machado

- 4) Implemente um ambiente totalmente gráfico com um menu para as funcionalidades do aplicativo. Deve haver uma função de acessibilidade, como a de aumento do corpo dos textos dos menus.
- 5) Implemente a funcionalidade de leitura e exibição das imagem com opção de zoom. As imagens nos formatos Nifti, PNG e JPG podem ter qualquer resolução.
- 6) Implemente a funcionalidade de segmentação dos ventrículos laterais, usando qualquer método.



- 7) Caracterize os ventrículos através de descritores de área, circularidade, excentricidade, e mais 3 outros à escolha. Crie uma planilha com os valores, de forma complementar à planilha fornecida no dataset.
- 8) Gere gráficos de dispersão (scatterplots), plotando os valores das características calculadas no item anterior, aos pares. Plotar os valores obtidos para cada imagem. A cor do ponto deve indicar a classe. Escolha preto para a classe Converted, azul para NonDemented e vermelho para Demented. O gráfico permitirá verificar se uma característica separa bem as classes.



PUC Minas Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais

ICEI - Curso de Ciência da Computação

Disciplina: Processamento e Análise de Imagens

Prof. Alexei Machado

- 9)** Separe os dados em 2 conjuntos sorteados **aleatoriamente**: o conjunto de treino deve ter 80% dos pacientes (com todos os exames das suas visitas). O de teste terá os exames dos demais pacientes. O dataset deve conter apenas 2 classes: Demented e NonDemented. Para a classe Converted, inclua os exames com CDR=0 na classe NonDemented e os de CDR>0 na Demented. Cada classe deve ser separada na proporção de 4:1 nos conjuntos de treino e teste para garantir balanceamento. Do conjunto de treino, selecione 20% para validação (escolha dos hiperparâmetros com melhores resultados). **Não pode haver mistura de exames do mesmo paciente entre os conjuntos de treino e teste!**
- 10)** Implemente os classificadores (raso e profundo) sorteados para seu grupo. Avalie a acurácia, sensibilidade e especificidade e mostre as matrizes de confusão de cada um (apenas para o Teste). Para o classificador raso, use as características calculadas. Para o classificador profundo use as próprias imagens como entrada. Ajuste os pesos já disponíveis nas biblioteca que foram treinados com o ImageNet (fine tuning). Plote os gráficos de aprendizado (acurácia de treino e teste após cada época).
- 11)** Implemente os regressores sorteados para estimar a idade do paciente no momento do exame. Para o método raso, use as características calculadas no item 7 como entrada. Para o profundo use as próprias imagens como entrada. As entradas em cada caso são suficientes para se obter uma boa predição? Exames efetuados em visitas posteriores resultam pelo menos em idades maiores que a de exames anteriores?
- 12)** Compare os resultados obtidos entre as soluções.

A documentação **EM FORMATO LATEX E SEU PDF CORRESPONDENTE** deve ser na forma de um artigo com estilo da SBC, contendo:

- a) A descrição do problema.
- b) Descrição do dataset e partições
- c) Descrição das técnicas implementadas para a solução, principalmente da segmentação e dos classificadores, hiperparâmetros e características.
- d) As referências das bibliotecas utilizadas na implementação.
- e) A descrição ambiente computacional e as medidas de tempo de treinamento
- f) Análise dos resultados obtidos nos testes, exemplos de erros e acertos dos métodos.
- g) Referências bibliográficas.



PUC Minas Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais

ICEI - Curso de Ciência da Computação

Disciplina: Processamento e Análise de Imagens

Prof. Alexei Machado

O que entregar:

Arquivo-fonte, planilhas e documentação em formato PDF e Latex. Coloque os arquivos na raiz de um diretório cujo nome deve ser o código do grupo fornecido pelo professor (Gnn). Comprima o diretório e poste no Canvas (link em drive não serve) até a hora especificada. APENAS UM DOS COMPONENTES DEVE SUBMETER. O tamanho total dos arquivos não deve ultrapassar 10 Mbytes. NÃO INCLUA A BASE DE DADOS! TABALHOS MAIORES QUE 10 MB NÃO SERÃO CORRIGIDOS.

ATENÇÃO - Causas da anulação da nota do trabalho:

- a) Trabalhos entregues fora do prazo;
- b) Trabalhos copiados de qualquer fonte, reaproveitados de outros semestres, em parte ou totalidade, ou gerados por Inteligência Artificial, receberão nota 0 (zero), independente de quem lesou ou foi lesado. É responsabilidade do grupo manter o sigilo sobre seu trabalho. O trabalho deve ser realizado exclusivamente pelos componentes do grupo, sem auxílio de terceiros. No caso de uso do GitHub, deixe o repositório em modo privado. É permitido apenas o uso de funções de bibliotecas, mas o código que chama as funções deve ser original do grupo.
- c) Ausência de documentação;
- d) Arquivos maiores que o limite de tamanho.
- e) Trabalhos postados por mais de um componente perdem 5 pontos.

Obs: Trabalhos de qualidade superior poderão ganhar pontos extras.

Artigo de referência:

Marcus, Daniel S., et al. "Open access series of imaging studies: longitudinal MRI data in nondemented and demented older adults." *Journal of cognitive neuroscience* 22.12 (2010): 2677-2684.