**Lista de abreviaturas**

AVC Acidente Vascular Cerebral

TC Tomografia computadorizada

**2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

**2.1 Acidente Vascular Cerebral – AVC**

2.1.1 Fatores de risco da doença

2.1.2 Diagnóstico em tomografias computadorizadas (TC)

**2.2 Aprendizado de Máquina**

2.2.1 Modelos de Aprendizado Supervisionado

2.2.1.1 Regressão Logística

2.2.1.2 Floresta Aleatória

**2.3 Aprendizagem profunda**

2.3.1 Neurônios artificiais

2.3.2 Redes Neurais

2.3.3 Rede Neural Convolucional

**2.4 Eventuais problemas e soluções**

2.4.1 Sobre ajuste e generalização exagerada

2.4.2 Data augmentation

2.4.3 Validação cruzada

**2.5 Métricas para avaliação de desempenho**

2.5.1 Acurácia

2.5.2 Matriz de confusão

2.5.3 Taxa de Falso Negativo e Falso Positivo

2.5.4 Curva ROC

**2.1 Acidente vascular cerebral – AVC**

O Acidente Vascular Cerebral (AVC) está entre as doenças de maior destaque que existem, sendo uma das principais causas de morte, incapacitação física e internação em todo o mundo. Tal doença é caracterizada pela alteração do fluxo sanguíneo que ocorre na região cerebral, impedindo que o sangue, e consequentemente o oxigênio, chegue às células da região, causando a morte das mesmas. A morte dessas células danifica o funcionamento do cérebro e pode deixar graves sequelas nas vítimas da doença.

A alteração do fluxo de sangue do cérebro pode se originar da obstrução total ou parcial de alguma artéria da região, o que é conhecido como acidente vascular cerebral isquêmico, ou simplesmente infarto cerebral. Esse tipo de AVC é o mais comum entre os casos da doença e pode ocorrer devido a um trombo (caso de trombose) ou êmbolo (caso de embolia) presente na vítima.

Uma outra origem da alteração do fluxo de sangue mencionada é o caso do rompimento de determinado vaso sanguíneo do cérebro, o que causa uma hemorragia na região. Esse caso caracteriza o acidente vascular cerebral hemorrágico. Tal rompimento de determinado vaso altera o nível da pressão intracraniana e pode dificultar também a chegada de sangue em outras áreas não afetadas. Embora seja menos comum, esse tipo de AVC é o mais grave, tendo maiores índices de mortalidade quando comparado ao outro tipo abordado (AVC isquêmico).

Com relação ao sintomas presentes nas vítimas, dor de cabeça forte sem causa aparente; fraqueza ou formigamento da face, braço ou perna (especialmente em apenas um dos lados do corpo); alteração da fala e/ou da compreensão; alteração da visão de um ou ambos os olhos; e dificuldade, ou incapacidade, de se movimentar são sintomas bastante comuns em ambos os tipos da doença.

Em específico para o caso de acidente vascular cerebral isquêmico, tem-se de forma comum os sintomas de tontura e perda de equilíbrio ou coordenação. Já para o caso de AVC hemorrágico pode ocorrer também náusea, vômito, confusão mental e, em alguns casos, perda de consciência. Em tal caso também podem aparecer os sintomas de sonolência exagerada, alterações na frequência cardíaca e respiratória, e até mesmo convulsões. Vale ressaltar que é de grande importância que um indivíduo com os sintomas apresentados procure assistência médica o mais rápido possível. Dessa forma, a doença pode ser diagnosticada e tratada rapidamente, possivelmente resultando em maiores chances de sobrevivência da vítima e menores sequelas.

2.1.1 Fatores de risco da doença

**Existem alguns fatores que aumentam a probabilidade da ocorrência do acidente vascular cerebral, facilitando o desencadeamento da doença. Estes são denominados fatores de risco e podem ser inerentes à vida humana, maus hábitos, estilo de vida inadequado ou até mesmo questões genéticas. Os principais fatores são:**

* **Hipertensão**
* **Diabetes**
* **Obesidade**
* **Tabagismo**
* **Consumo excessivo e frequente de álcool e drogas**
* **Estresse**
* **Idade avançada (envelhecimento)**
* **Histórico familiar**
* **Sexo masculino**
* **Colesterol elevado**
* **Doenças cardiovasculares (principalmente as que produzem arritmia cardíaca)**
* **Sedentarismo**
* **Doenças do sangue**

2.1.2 Diagnóstico em tomografias computadorizadas (TC)

Além da análise de fatores de risco e sintomas, outra forma de identificar o quadro de acidente vascular cerebral em vítimas da doença é através da análise de tomografias computadorizadas. Os quadros de AVC podem apresentar características aparentes quando analisados em tais tomografias, permitindo a identificação da doença e o nível de ocorrência da mesma em determinado cérebro.

Áreas hipodensas (mais escuras) que impedem a visualização de determinada região possivelmente indicando perda de tecido total ou parcial naquele local, por exemplo, é uma característica comum nos quadros da doença. A tomografia computadorizada vem sendo utilizada como principal forma de diagnosticar quadros de AVC para definir um possível tratamento. As figuras abaixo são exemplos de cada caso utilizado neste trabalho, sendo uma para caso de AVC hemorrágico, uma para isquêmico e uma para caso de normalidade (sem presença da doença):

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  |  |
| Condição normal | AVC Hemorrágico | AVC Isquêmico |

**2.2 Aprendizado de Máquina**

O Aprendizado de Máquina é uma área da inteligência artificial que lida com o a criação de programas “inteligentes”, capazes de aprender determinados conceitos sem serem explicitamente programados para isso, capazes de adquirir conhecimento, de aprender e tomar decisões a partir desse aprendizado. Tal área explora também a capacidade de programas e sistemas conseguirem realizar previsões sobre determinadas situações, aprendendo através da análise de dados já existentes sobre tais situações.

Envolvendo conceitos estatísticos, reconhecimento de padrões e programação, a área de Aprendizado de Máquina possibilita que resultados sejam especulados de acordo com acontecimentos passados semelhantes, através de um processamento dos dados usando o reconhecimento de padrões. **Um sistema de aprendizado é um programa de computador que toma decisões baseadas em experiências acumuladas através da solução bem sucedida de problemas anteriores [1].**

Com relação à criação de uma solução utilizando conceitos de Aprendizado de Máquina, o processo geralmente envolve duas etapas, o treinamento e a avaliação. A etapa de treinamento é quando um determinado conjunto de dados é passado para o modelo processá-lo, aprendendo a reconhecer padrões e também a fazer previsões. A etapa de avaliação consiste em passar dados semelhantes ao determinado conjunto de dados utilizado no treino para que o desempenho do modelo seja medido, analisando os resultados esperados com os resultados obtidos.

No campo do Aprendizado de Máquina, existem três tipos diferentes de aprendizado: aprendizado supervisionado, aprendizado não supervisionado e aprendizado por reforço. Os algoritmos de Aprendizado de Máquina utilizados neste trabalho pertencem à área de aprendizado supervisionado e, portanto, apenas esta será abordada com mais detalhes.

2.2.1 Aprendizado Supervisionado

O Aprendizado supervisionado utiliza dados rotulados no treinamento do modelo, o qual prevê uma**variável dependente** a partir de uma ou mais **variáveis independentes**. Existem diversos algoritmos desse tipo de aprendizado, sendo os principais: regressão linear, regressão logística, máquina de suporte vetorial, árvores de decisão, k-vizinhos mais próximos, floresta aleatória, entre outros. Os utilizados neste trabalho para desenvolver o classificador de fatores de risco foram apenas a Regressão Logística e o Classificador de Floresta Aleatória.

2.2.1.1 Regressão Logística

A Regressão Logística é um modelo estatístico capaz de modelar determinada probabilidade de um evento acontecer a partir da combinação linear de variáveis independentes entre si associadas a tal evento. Muito utilizado em situações de classificação binária, esse modelo classificador combina variáveis independentes com respectivos pesos atribuídos a elas de modo a obter um valor a partir deste processo. Tal valor é passado para uma função logística que resulta em uma probabilidade de o evento em questão acontecer.

De forma simplificada, o algoritmo de Regressão Logística – especificamente para casos binários (utilizado neste trabalho) – ajusta uma curva (função logística) que separa de forma eficiente os dados em duas classes distintas. Tal curva ajustada é obtida através da junção das seguintes equações:

(equação I)

(equação II)

Cada variável independente passada para o modelo é interpretada como e cada peso respectivamente associado é interpretado como (*i* varia de 0 a *n*, sendo este o número total de variáveis passadas para o modelo). Através da combinação linear de cada ponto é obtido o valor *z* (equação I). Tal valor é passado para uma função logística (equação II) e tem-se como resultado um valor (comumente determinado como ) entre 0 e 1. De forma nativa, se for maior ou igual a 0.5, então tem-se um caso da classe 1, senão, tem-se um caso da classe 0.

INSERIR IMAGEM DE FUNÇÃO LOGÍSTICA

Cada peso da equação é identificado como e este valor é gerado, inicialmente, de forma aleatória e ajustado durante a fase de treinamento (ajuste) do modelo. Tal fase ocorre de forma iterativa e utiliza um conjunto de valores de dimensão *m* x *n*, em que *m* é o número total de registros diferentes do conjunto de dados e *n* é o número total de variáveis de cada registro. Para cada iteração *j* (*j* varia de 0 a *m*), os valores são alterados de forma a atingirem valores mais otimizados (que geram menores erros) tanto para casos de classe 0 quanto para casos de classe 1.

Erros extremamente baixo não necessariamente compõem um modelo eficiente. A medida que um classificador é composto por pesos muito ajustados (com erro baixo), ele fica muito ajustado e, assim, com baixa capacidade de generalização. Esse caso é conhecido como sobreajuste e torna o modelo muito eficiente para classificar dados parecidos com os que foi treinado, porém classificando de forma equivocada dados não semelhantes.

EXPLICAR MELHOR E COLOCAR IMAGEM ILUSTRATIVA

2.2.1.2 Floresta Aleatória

**2.3 Aprendizagem profunda**

2.3.1 Neurônios artificiais

O neurônio artificial (ou matemático) é o principal componente das redes neurais e têm como base de seu funcionamento os neurônios reais, que compõem o sistema nervoso. Os neurônios reais, base do sistema nervoso, são células que estabelecem conexões entre si para transmitir impulsos nervosos pela região cerebral. O neurônio artificial é uma estrutura que simplifica o neurônio real, mantendo a principal característica dessas estruturas de criarem conexões entre si, recebendo informações provenientes de outros neurônios e passando elas adiante.

Os principais componentes de um neurônio artificial são as entradas, a função de ativação e saída. As entradas, geralmente representadas pela letra *x*, recebem a informação que chega para o neurônio. Tal informação é multiplicada por um determinado peso *w* e o resultado é passado para uma função de ativação, que processa os valores recebidos e retorna um determinado conjunto de valores, que servirão de entrada para um outro neurônio artificial conectado à rede.

Um outro componente muito comum nos neurônios das redes neurais artificiais é o viés (bias). Tal valor é processado junto com os dados *x\*w* na função de ativação como tentativa de tornar o neurônio não tendencioso, isto é, muito apegado aos dados que recebe. Isso é de grande importância para que a rede neural possa ficar não enviesada, tendo um melhor desempenho com relação a resultados corretos quando em contato com dados não conhecidos, graças à capacidade de generalização obtida.



Fonte: autoria própria

2.3.2 Redes Neurais

Redes neurais artificiais são estruturas do campo da inteligência artificial que possibilitam os computadores a processar dados baseado no comportamento do cérebro humano. Ao receber um conjunto de dados específico, uma rede neural é capaz de aprender com seus próprios erros e se aprimorar para melhorar sua performance e desempenho. A estrutura da rede é composta por um conjunto de neurônios agrupados em camadas interconectadas que possibilitam o computador a aprender, reconhecer padrões e tomar decisões inteligentes.

As redes neurais são bastante utilizadas em casos de processamento de imagens e vídeos, em especial um tipo específico chamada rede neural Convolucional, utilizado no desenvolvimento neste trabalho.

EXPLICAR MAIS

2.3.3 Rede Neural Convolucional

Referências

AVC

<https://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/saude-de-a-a-z/a/avc>

<https://bvsms.saude.gov.br/avc-acidente-vascular-cerebral/>

<http://departamentos.cardiol.br/dha/revista/8-3/acidente.pdf>

<https://dco-unesp-bauru.github.io/tcc-bcc-2020-2/BrunaLT/thesis-BrunaLT.pdf#page=39&zoom=100,113,261>

<https://scielo.br/j/rbepid/a/KFNpCf4NCd8mhcsT4FqJsHP/?lang=pt#:~:text=Segundo%20os%20registros%20no%20Sistema,tratamento%20do%20AVC1-4>.

<https://pebmed.com.br/como-identificar-o-avc-isquemico-na-tomografia-computadorizada/>

<https://www.medway.com.br/conteudos/como-identificar-os-sinais-precoces-do-avc-na-tc/>

ML

<https://profs.info.uaic.ro/~ciortuz/SLIDES/2017s/ml0.pdf>

[1] <https://dcm.ffclrp.usp.br/~augusto/publications/2003-sistemas-inteligentes-cap4.pdf>

<https://lamfo-unb.github.io/2017/07/27/tres-tipos-am/>

DP

<https://drauziovarella.uol.com.br/corpo-humano/neuronio/#:~:text=Compartilhar-,Neur%C3%B4nios%20s%C3%A3o%20as%20c%C3%A9lulas%20que%20caracterizam%20o%20sistema%20nervoso%2C%20respons%C3%A1veis,externo%20ou%20do%20pr%C3%B3prio%20organismo>.

<https://www.gsigma.ufsc.br/~popov/aulas/rna/neuronio_artificial/index.html#:~:text=O%20neur%C3%B4nio%20artificial%20%C3%A9%20um,Esquema%20do%20neur%C3%B4nio%20biol%C3%B3gico.&text=Viu%2Dse%20o%20c%C3%A9rebro%20como%20um%20sistema%20computacional>.

<https://aws.amazon.com/pt/what-is/neural-network/#:~:text=Uma%20rede%20neural%20%C3%A9%20um,camadas%2C%20semelhante%20ao%20c%C3%A9rebro%20humano>.

<https://towardsdatascience.com/why-we-need-bias-in-neural-networks-db8f7e07cb98>

<https://arxiv.org/abs/1511.08458>

<https://towardsdatascience.com/everything-you-need-to-know-about-neural-networks-and-backpropagation-machine-learning-made-easy-e5285bc2be3a>

<https://www.upgrad.com/blog/basic-cnn-architecture/#:~:text=other%20advanced%20tasks.-,What%20is%20the%20architecture%20of%20CNN%3F,the%20main%20responsibility%20for%20computation>.

<https://towardsdatascience.com/convolutional-neural-networks-explained-9cc5188c4939>

<https://www.jeremyjordan.me/convnet-architectures/>

[A Comprehensive Guide to Convolutional Neural Networks — the ELI5 way | by Sumit Saha | Towards Data Science](https://towardsdatascience.com/a-comprehensive-guide-to-convolutional-neural-networks-the-eli5-way-3bd2b1164a53)