UNIVERSIDADE FEEVALE

GUILHERME STEFFEN BAUERMANN

##### Análise comparativa de modelos de redes neurais no apoio ao telediagnóstico da Doença de Parkinson (DP) através de sinais de voz.

(Título Provisório)

###### Anteprojeto de Trabalho de Conclusão

Novo Hamburgo

2022

GUILHERME STEFFEN BAUERMANN

##### Análise comparativa de modelos de redes neurais no apoio ao telediagnóstico da Doença de Parkinson (DP) através de sinais de voz.

(Título Provisório)

Anteprojeto de Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado como requisito parcial

à obtenção do grau de Bacharel em

Ciência da Computação pela

Universidade Feevale.

Orientador: Gabriel da Silva Simões

Novo Hamburgo

2022

# RESUMO

A Doença de Parkinson (DP) é a segunda maior doença neurodegenerativa que afeta pessoas idosas atualmente. A DP não possui cura até o presente momento, somente tratamento que, se realizado de forma prévia, pode contribuir muito para a qualidade de vida dos portadores da doença. O seu diagnóstico é dado atualmente através de exames clínicos e de MRI (Métodos Radiológicos e Imagens) que envolvem custos elevados e idas presenciais ao consultório médico ou através dos sintomas motores que se tornam aparentes quando a doença já está em um grau avançado. Dentre os sintomas da DP, anomalias na fala dos pacientes como disfonia e disartria são identificadas em 90% dos casos. Embora imperceptíveis ao ouvido humano, estes sintomas podem ocorrer até 5 anos antes dos sintomas motores e podem ser identificados com o uso de algoritmos de Aprendizado de Máquina. Além do diagnóstico precoce, a utilização destas técnicas aplicadas aos dados de gravações de voz coletados de pacientes e controles saudáveis abre as portas para o desenvolvimento de modelos de previsão e ferramentas de telediagnóstico e telemonitoramento. Dentre diversas técnicas de Aprendizado de Máquina aplicadas, estudos apontaram um alto desempenho ao utilizar Redes Neurais Artificiais. Devido à complexidade e ao alto custo computacional destes algoritmos, os modelos normalmente são aplicados em computadores mais robustos como servidores. Este estudo tem como finalidade realizar uma análise comparativa dos resultados obtidos através da aplicação de diferentes arquiteturas de redes neurais à um *dataset* de sinais de voz, buscando identificar o melhor resultado baseado na acurácia e custo computacional. A manipulação do dataset e a implementação dos algoritmos serão realizados com o uso da linguagem Python, cujo aumento da popularidade se deve à flexibilidade, suporte à diferentes paradigmas e a disponibilidade de diversas bibliotecas para manipulação, visualização e apresentação dos dados, dentre elas *Numpy*, *Pandas*, *Matplotlib* e *Seaborn*, e bibliotecas para implementação de algoritmos de Redes Neurais como *Tensor Flow* e *Keras*.

Palavras-chave: Doença de Parkinson; Aprendizado de Máquina; Redes Neurais; Otimização; Smartphone.

# ABSTRACT

Parkinson's Disease (PD) is the second largest neurodegenerative disease affecting elderly people today. PD has no cure to date, only treatment that, if performed in advance, can greatly contribute to the quality of life of patients with the disease. Its diagnosis is currently given through clinical examinations and MRI (Radiological Methods and Images) that involve high costs and face-to-face visits to the doctor's office or through the motor symptoms that become apparent when the disease is already at an advanced stage. Among the symptoms of PD, speech anomalies in patients such as dysphonia and dysarthria are identified in 90% of cases. Although imperceptible to the human ear, these symptoms can occur up to 5 years before motor symptoms and can be identified using Machine Learning algorithms. In addition to early diagnosis, the use of these techniques applied to voice recording data collected from patients and healthy controls opens the door to the development of predictive models and telediagnosis and telemonitoring tools. Among several applied Machine Learning techniques, studies showed a high performance when using Artificial Neural Networks. Due to the complexity and high computational cost of these algorithms, the models are usually applied to more robust computers such as servers. This study aims to perform a comparative analysis of the results obtained through the application of different architectures of neural networks to a dataset of voice signals, seeking to identify the best result based on accuracy and computational cost. The manipulation of the dataset and the implementation of the algorithms will be carried out using the Python language, whose increase in popularity is due to its flexibility, support for different paradigms and the availability of several libraries for manipulation, visualization and presentation of data, among them Numpy, Pandas, Matplotlib and Seaborn, and libraries for implementing Neural Network algorithms such as Tensor Flow and Keras.

Keywords: Parkinson's Disease; Machine Learning; Neural networks; Optimization; Smartphone.

SUMÁRIO

MOTIVAÇÃO ...........................................................................................................................5

OBJETIVOS ..............................................................................................................................9

METODOLOGIA ....................................................................................................................10

CRONOGRAMA .....................................................................................................................12

BIBLIOGRAFIA .....................................................................................................................13

#  MOTIVAÇÃO

A Doença de Parkinson (DP), conhecida como Mal de Parkinson, é a segunda doença neurodegenerativa mais comum, que afeta o sistema nervoso central. Até 2013 estimava-se que havia entre 7 e 10 milhões de pessoas no mundo afetadas pela DP e aproximadamente 100 mil pessoas só na Turquia. (SAKAR *et al*., 2013). Atualmente este número ultrapassa os 10 milhões ao redor do mundo. A estimativa atual é de que cerca de 3% da população com mais de 60 anos sofre com os sintomas da doença, com um pico de incidências identificadas em pessoas de idade com 65 anos ou mais (VITAL *et al*, 2021). Até o presente momento não existe cura para a DP, somente tratamento através de métodos terapêuticos e medicamentos que visam melhorar a qualidade de vida do paciente.

A causa conhecida da doença é a degeneração progressiva e morte dos neurônios responsáveis pela produção de dopamina, encontrados na área do cérebro conhecida como substância escura. A Dopamina é uma substância que transmite mensagens do mesencéfalo às demais áreas do cérebro e é responsável pelo funcionamento harmônico das funções motoras do corpo humano. Com a falta desta substância, os portadores da doença são acometidos por diversos sintomas motores e não motores. Dentre os sintomas motores, destacam-se tremores, rigidez, bradicinesia, congelamento de marcha e instabilidade postural. Estudos apontam que quando estes sintomas são percebidos, em torno de 50% dos neurônios produtores de dopamina já foram perdidos (KARABYR *et al.,* 2020).

O diagnóstico da DP é normalmente dado por meio clínico, através de consultas presenciais ao consultório médico, onde são realizados exames de caminhada e escrita à mão e exames MRI como Ressonância Magnética e Tomografia. O diagnóstico clínico é realizado com base nas medidas *UPDRS Unified Parkinson’s Disease Scale* que é subjetivo e depende da experiência do médico. A conclusão dos exames em muitas situações é dada somente após o uso de medicamentos e de um longo acompanhamento. Além do tempo despendido pelo médico e pelo paciente, os custos envolvidos também se tornam altos. O que faz com que muitas vezes o diagnóstico seja realizado de forma tardia.

Entre os sintomas não motores da DP, que incluem deficiência cognitiva, distúrbios do sono e depressão, um dos mais destacados e que está presente em 90% dos casos de DP é a fala prejudicada, caracterizado principalmente pela disfonia e pela disartria. (ZHANG, Y., 2017). Segundo pesquisas, este sintoma pode aparecer até 5 anos antes do diagnóstico clínico (TSANAS *et. al*, 2012). Embora seja quase imperceptível para o ouvido humano, anomalias na fala e na voz podem ser identificadas através do uso de técnicas de extração de características de gravações de voz e da aplicação de algoritmos de aprendizado de máquina e redes neurais (KEHILI; KARIM; ADNEN, 2020).

Além da possibilidade do indivíduo ser diagnosticado sem a necessidade da visita ao consultório médico, este tipo de exame não é intrusivo e abre as portas para a construção de plataformas de telediagnóstico e telemonitoramento. Diversos pesquisadores têm investigado as características da fala para o diagnóstico da DP.

A identificação da doença de forma precoce pode permitir que os pacientes tenham acesso a remédios e outros serviços capazes de melhorar a qualidade de vida, incluindo fisioterapia ou fonoaudiologia. Estima-se que em torno de 20% das pessoas com DP permanecem sem diagnóstico (MONTAÑA; CAMPOS-ROCA; PÉREZ, 2018) e, em muitos casos, o paciente piora devido às más condições médicas disponíveis em áreas de baixa renda (ZHANG, Y., 2017). A idade é o principal fator de risco para ocorrência da Doença de Parkinson. (HARIHARAN; POLAT; SINDHU, 2014), sendo assim, o aumento nas suas ocorrências está também associado ao aumento na expectativa de vida do ser humano e da população de idosos. De acordo com a ONU (2022) a parcela da população global com 65 anos ou mais aumentará de 10% em 2022 para 16% em 2050.

Estudos como o realizado por Zhang Y. (2017) apontam que o uso de técnicas de aprendizado de máquina tem potencial para fornecer o diagnóstico da Doença de Parkinson a um baixo custo e com um nível de acurácia comparável ao diagnóstico médico.

Há alguns anos pesquisadores têm trabalhado com algoritmos de Aprendizado Profundo e Redes Neurais no processamento da fala e de sinais de voz, em muitas ocasiões utilizando para identificação de patologias na voz (KHOJASTED *et al.*, 2018). A diferença entre estes algoritmos e os convencionais algoritmos de aprendizado de máquina é o suporte ao aprendizado não supervisionado com base em dados brutos, além da capacidade de identificar as características mais relevantes para obtenção de melhores resultados. O Aprendizado profundo é capaz de extrair características relevantes de um grande conjunto de dados e de modelos de alta abstração. (KHOJASTED *et al.*, 2018). Experimentos têm sido realizados com a finalidade de comparar os resultados de diversas técnicas de Aprendizado de máquina, como o realizado por Mostafa *et al.* (2018), onde o algoritmo de Redes Neurais teve a segunda maior acurácia dentre os 3 algoritmos utilizados. O estudo realizado por Wan *et al*. (2018), também apresentou resultados melhores ao aplicar um algoritmo *Deep Multi-Layer Perceptron* (DMLP) aos *datasets* utilizados para diagnóstico e monitoramento da Doença de Parkinson.

Alguns estudos realizados tiveram como finalidade a implementação de um protótipo de aplicativo (ZHANG L. *et al*., 2020; ZHANG Y., 2017) baseado em Redes Neurais para coleta e classificação da DP através de gravações de voz, utilizando o microfone embutido no *smartphone* para a captura de áudio. Devido à exigência atual de poder computacional para o processamento de uma rede neural, a maioria dos modelos identificados na pesquisa é baseado em arquiteturas cliente/servidor (ZHANG L. *et al*., 2020; ZHANG Y., 2017). Desta forma, a aplicação acaba sendo responsável pela coleta dos dados e apresentação dos resultados e todo o processamento é realizado pelo servidor através de uma conexão de internet.

De acordo com a ONU (2022), mais de um terço da população mundial não possui acesso à internet, ou seja, 2,9 bilhões de pessoas, o que torna o uso de tecnologias dependentes de acesso algo inalcançável em algumas regiões do globo. Essa situação também se deve à desigualdade, conforme apontado pelo relatório da União Internacional de Telecomunicações (UIT) (ONU, 2022). Embora tenha havido um crescimento global de 10% no número de usuários de acesso à internet durante o primeiro ano da pandemia COVID-19, este número não reflete a conectividade nos 46 países menos desenvolvidos, onde pouco mais de um quarto da população já esteve online (ONU, 2022).

 Pesquisas conduzidas nos últimos anos tiveram como finalidade otimizar o desempenho preditivo obtido com os conjuntos de dados existentes e desenvolver novos conjuntos de dados que possam representar com maior fidelidade as variações encontradas nas amostras.

 A tecnologia que tem ganhado cada vez mais popularidade para uso em *Data Science* é a linguagem Python. Além de ser uma linguagem flexível e de código aberto, possui um amplo suporte a diversos paradigmas de programação, como programação estruturada, orientada à objetos e funcional (IDSL/UFC, 2019). A linguagem também disponibiliza diversas ferramentas para facilitar a manipulação de dados através de bibliotecas, dentre elas destacam-se a *Numpy*, *Pandas*, *Matplotlib*, *Seaborn,* *Python Scrapy* e *Beautiful Soup* (IDSL/UFC, 2019). As bibliotecas *Numpy* e *Pandas* facilitam a manipulação dos conjuntos de dados, e permitem uma execução rápida através do uso de processamento paralelo.  *Matplotlib* é uma biblioteca de visualização de dados sólida, a partir da qual foram implementadas outras bibliotecas, como Seaborn e *Plotly*, capazes de gerar gráficos, tabelas, layouts gráficos e outros tipos de visualização de dados. *Python* *Scrapy* e *Beautiful* *Soup* podem ser utilizadas para extrair e coletar dados da web (IDSL/UFC, 2019). Algoritmos de aprendizado de máquina são técnicas complexas que envolvem o uso de funções de probabilidade, cálculos e matrizes avançadas, porém essa complexidade é bastante abstraída ao utilizar *Frameworks* desenvolvidos a partir da linguagem *Python*. A biblioteca *Scikit-Learn* implementa diversos algoritmos de aprendizado de máquina de maneira eficiente e de fácil entendimento (PEDROSA et al., 2011). A *Tensor Flow*, criada pelo Google, é utilizada para implementação de grandes redes neurais de forma eficiente, ao possibilitar a distribuição dos cálculos em diversos servidores com múltiplas GPUs (GÉRON, 2021; ABADI, 2015). A API *Keras* é outra ferramenta que pode ser utilizada para facilitar o treinamento e a execução de redes neurais (GÉRON, 2021).

A proposta deste Anteprojeto é realizar um comparativo entre os resultados obtidos através da aplicação de diferentes arquiteturas de Redes Neurais, implementadas com o uso de bibliotecas Python, à um conjunto de dados de gravações de voz de pacientes com Parkinson contra seus respectivos grupos de controle. O conjunto de dados que será utilizado foi obtido através da UCC, criado a partir de um trabalho desenvolvido por SAKAR et. al (2013). O comparativo terá como foco identificar quais das arquiteturas utilizadas é mais adequada no quesito custo-benefício, quando consideradas as métricas de acurácia preditiva e custo computacional.

OBJETIVOS

Objetivo geral

 Avaliar e comparar os resultados da aplicação de diferentes arquiteturas de Redes Neurais, implementadas com a partir do uso de bibliotecas da linguagem Python, ao *dataset* de gravações de voz a fim de identificar a que apresentou a melhor relação custo-benefício, considerando a maior acurácia preditiva e o menor custo computacional no diagnóstico da Doença de Parkinson.

Objetivos específicos

* Eleger o *Framework* e as ferramentas que serão utilizadas para a manipulação do conjunto de dados e aplicação dos Algoritmos de Redes Neurais;
* Aplicar algoritmos de Extração e Seleção de características ao conjunto de dados a fim de obter as características mais relevantes.
* Selecionar quatro diferentes arquiteturas de Redes Neurais a serem utilizadas no estudo.
* Implementar os algoritmos e treinar os modelos de redes neurais.
* Comparar e documentar os resultados.
* Apresentar a conclusão sobre os resultados.

# METODOLOGIA

 A metodologia que será aplicada neste trabalho segue resumida através da Figura 1, onde constam destacados em vermelho a natureza, a forma de abordagem, os objetivos e os procedimentos técnicos utilizados.

 A natureza do trabalho é caracterizada como aplicada, pois serão implementados algoritmos de redes neurais com a utilização de bibliotecas da linguagem Python existentes para geração de quatro modelos preditivos, a fim de comparar os resultados em termos de acurácia preditiva e custo computacional, a fim de identificar a técnica mais adequada entre as selecionadas em relação ao problema levantado durante a pesquisa.

 Como os resultados do trabalho são comparáveis numericamente, sendo as medidas de desempenho o custo computacional em termos de hardware e o percentual de acurácia preditiva do modelo, a abordagem utilizada será quantitativa.

 As características dos objetivos deste estudo apontam para a pesquisa exploratória, pois tem como foco a busca de uma maior familiaridade com o problema levantado, para o desenvolvimento de uma solução.

 A partir dos procedimentos técnicos utilizados, podemos considerar o trabalho como bibliográfico e experimental. O procedimento bibliográfico será realizado através de pesquisas em artigos científicos, publicações, documentações de *frameworks* e livros que abordam algoritmos de aprendizado de máquina e redes neurais. Através desta pesquisa serão levantados os frameworks e algoritmos que serão aplicados no comparativo, assim como as ferramentas que serão utilizadas.

 O procedimento experimental será aplicado utilizando um ambiente de testes, onde será instalado o Software Anaconda, que será utilizado para instalação da Linguagem *Python* e demais ferramentas utilizadas para manipulação dos dados e desenvolvimento dos algoritmos de Aprendizado de Máquina e Redes Neurais. Com base nos resultados obtidos com o treinamento e a execução dos diferentes modelos implementados, será realizado um comparativo a fim de identificar o modelo mais adequado para o cenário proposto.

**Figura 1 - Classificação da pesquisa**



**Fonte: (adaptado de BEZ, 2011).**

Na busca por atingir os objetivos elencados por esta proposta de projeto, serão desenvolvidas as seguintes atividades:

* Revisão da literatura científica inicial;
* Preparação do ambiente experimental;
* Estudo e seleção das arquiteturas de redes neurais;
* Implementação dos algoritmos;
* Treinamento e coleta de resultados;
* Comparação dos resultados e documentação.

# CRONOGRAMA

Trabalho de Conclusão I

|  |  |
| --- | --- |
| Etapa  | Meses |
|  | Ago | Set | Out | Nov |
| Revisão da literatura científica inicial |  |  |  |  |
| Escrita do Anteprojeto |  |  |  |  |
| Entrega do Anteprojeto  |  |  |  |  |
| Revisão da literatura científica  |  |  |  |  |
| Escrita do TC1  |  |  |  |  |
| Entrega do TC1 |  |  |  |  |

Trabalho de Conclusão II

|  |  |
| --- | --- |
| Etapa  | Meses |
|  | Mar | Abr | Mai | Jun |
| Preparação do ambiente experimental  |  |  |  |  |
| Seleção dos Algoritmos de Redes Neurais  |  |  |  |  |
| Aplicação dos Algoritmos de Redes Neurais  |  |  |  |  |
| Documentação dos Resultados e comparações. |  |  |  |  |
| Escrita do TC II |  |  |  |  |
| Entrega do TC II |  |  |  |  |
| Banca de TCC |  |  |  |  |

# BIBLIOGRAFIA

ABADI, Martín *et al*. **TensorFlow: large-scale machine learning on heterogeneous systems**, 12th USENIX Symposium on Operating Systems Design and Implementation (OSDI’16), Savannah, GA USA, 2015.

IDSL/UFC. **Por que o Python é a Linguagem mais adotada na área de Data Science?**. Disponível em: <https://insightlab.ufc.br/por-que-o-python-e-a-linguagem-mais-adotada-na-area-de-data-science>. Acesso em 04 de set. 2022.

GÉRON, Aurélion. **Mãos à obra: aprendizado de máquina com Scikit-Learn & TensorFlow**., set. 2021.

HARIHARAN, M. et al. “**A new hybrid intelligent system for accurate detection of Parkinson's disease**.” Computer methods and programs in biomedicine 113 3 (2014): 904-913.

KARABAYIR, Ibrahim *et al.* **Gradient boosting for Parkinson's disease diagnosis from voice recordings**. BMC Medical Informatics and Decision Malking, n. 228, ed. 20, Chicago, 13 abr. 2020.

KEHILI, Kehili; KARIM, Dabbabi; ADNEN, Cherif. **Early Parkinson detection using fully connected deep neural network based on vocal features**. IJCSNS International Journal of Computer Science and Network Security, v. 20 n. 6 p. 132-143, Tunisia, 2020.

KHOJASTED, Parham *et al*. **Parkinson’s disease diagnosis based on multivariate deep features of speech signal**. 2018 IEEE Life Sciences Conference (LSC), p. 187-190, Melbourne, Australia, 2018.

MONTAÑA, David; CAMPOS-ROCA, Yolanda; PÉREZ, Carlos J. **A diadochokinesis-based expert system considering articulatory features of plosive consonants for early detection of Parkinson’s disease**. Computer Methods and Programs in Biomedicine, v. 154, p. 89-97, Cáceres, 2018.

MOSTAFA, Salama A. *et al*. **Evaluating the performance of three classification methods in diagnosis of Parkinson’s disease**. In: Ghazali, R., Deris, M., Nawi, N., Abawajy, J. (eds) Recent Advances on Soft Computing and Data Mining. SCDM 2018. Advances in Intelligent Systems and Computing, v. 700, p. 43-52. Springer, Johor, 2018.

OLIVEIRA, Anne de Souza. **Identificação da doença de Parkinson com aprendizado profundo: uma revisão integrativa.** JHI Journal of Health Informatics, (CBI’s20), Manaus, dez. 2020.

ONU. **2,9 bilhões de pessoas nunca usaram a internet por falta de acesso.** Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/161450-29-bilhoes-de-pessoas-nunca-acessaram-internet>. Acesso em: 02 de set. 2022.

PEDROSA et al. **Scikit-learn: Machine Learning in Python**, JMLR 12, pp. 2825 – 2830,

(2011).

PRODANOV, Cleber C.; FREITAS, Ernani C. de. **Metodologia do trabalho científico:** métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico. 2ª ed. Novo Hamburgo: FEEVALE, 2013.

SAKAR, Betul Erdogdu *et al.* **Collection and analysis of a Parkinson speech dataset with multiple types of sound recordings**. IEEE JOURNAL OF BIOMEDICAL AND HEALTH INFORMATICS, v. 17, n. 4, Istanbul, jan.2013.

TSANAS, Athanasios *et al*. **Novel speech signal processing algorithms for high-accuracy classification of Parkinson's disease**. IEEE Transactions on Biomedical Engineering, v. 59, no. 5, p. 1264-1271, U.K., mai. 2012.

VITAL, T. Pandu Ranga *et al*. **Probabilistic neural network-based model for identification of Parkinson’s disease by using voice profile and personal data**. Arabian Journal for Science and Engineering, v.46 p. 3383-3407, Tekkali, jan. 2021.

WAN, Shaohua *et al.* **Deep multi-layer perceptron classifier for behavior analysis to estimate Parkinson’s disease severity using smartphones**. In: *IEEE Access*, v. 6, p. 36825-36833, jul. 2018.

ZHANG, Liang *et al.* **An intelligent mobile-enabled system for diagnosing Parkinson disease: development and validation of a speech impairment detection system.** In: JMIR Medical Informatics, Dalian, set. 2020.

ZHANG, Y. N. **Can a smartphone diagnose Parkinson disease? A deep neural network method and telediagnosis system implementation**, Hindawi Parkinson’s Disease (2017), Tianjin, 2017.