

CURSO DE CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO – TCC		
(X) PRÉ-PROJETO	() PROJETO	ANO/SEMESTRE:2020.2

DETECÇÃO DE PARKINSON ATRAVÉS DE DESENHOS EM ESPIRAL DE ARQUIMEDES E ONDAS UTILIZANDO PROCESSAMENTO DE IMAGENS

Sidnei Lanser

Prof. Aurélio Faustino Hoppe – Orientador

1 INTRODUÇÃO

De acordo com a Biblioteca Virtual em Saúde do Ministério da Saúde (2015, p. 1), a doença de Parkinson (DP) é “uma doença neurológica que afeta os movimentos da pessoa. Causa tremores, lentidão de movimentos, rigidez muscular, desequilíbrio, além de alterações na fala e na escrita”. Para Andrade *et al.* (2017) a DP ou mal de Parkinson, é uma das doenças neurodegenerativas com maior prevalência na população mundial, manifestando-se nos mais variados tipos de pessoas, sendo mais frequente em pessoas com idade acima dos 50 anos.

Fonoff (2019b) apontam que o Parkinson é uma doença crônica degenerativa, com características evolutivas, que se manifestam em 1% da população mundial acima dos 65 anos. Além disso, também afirma que o Parkinson não afeta somente aqueles que sofrem da doença, mas também os que convivem com o paciente, uma vez que em um estágio avançado e sem o tratamento adequado, o paciente pode ficar incapaz até mesmo para cuidar de si mesmo.

Fonoff (2019a) afirma que o Parkinson é uma doença que não tem cura, porém tratamentos medicamentosos podem ajudar a controlar os sintomas. Kaszubska (2019, p. 1) destaca que muitos tratamentos são eficazes, mas, quando a doença é descoberta de forma precoce. Porém, o mais comum é que os casos sejam apenas descobertos quando os pacientes já se encontram em estágios mais avançados, passando a apresentar sintomas reconhecíveis (presença de tremores, rigidez nas pernas, braços e tronco, lentidão e diminuição dos movimentos e instabilidade na postura), que geralmente surgem quando muitas células nervosas do cérebro já sofreram danos irreversíveis.

Segundo Goulart e Pereira (2005) para determinar o estágio e a evolução da doença, os médicos normalmente utilizam alguma escala de classificação onde, existem diversos tipos de escalas que foram desenvolvidas devido a diversidade dos sintomas, sendo elas a escala de graus de incapacidade de Hoehn e Yahr, escala de Sydney, escala unificada de avaliação da doença de Parkinson, chamada de Unified Parkinson's Disease Rating Scale (UPDRS), Parkinson Activity Scale (PAS), entre outras. Tais escalas avaliam desde a condição clínica geral, incapacidades, função motora e mental até a qualidade de vida dos pacientes. Nos exames clínicos, os médicos normalmente analisam as extremidades em situação de repouso sobre uma superfície, além de movimentos realizados em atividades cotidianas (LEITE, 2010).

De acordo com Legrand *et al.* (2017) para mensurar a gravidade do distúrbio, pode-se realizar um teste padrão onde o paciente precisa desenhar uma espiral arquimediana. Watase (2019) aponta que ela é caracterizada por ter uma distância de separação uniforme em toda suas voltas, a qual equivale à $2\pi b$. Já Almeida (2011) ressalta que a espiral arquimediana, ou espiral de Arquimedes, tem vários atributos os quais fazem com que ela tenha o uso atrativo em testes para detecção do tremor humano, entre eles, seu formato simples e fácil de entender e sua suavidade e raio crescente, o qual reduz a ocorrência de falso positivos causados por mudança na direção do movimento. Neste sentido, Chakraborty *et al.* (2020) apontam que o desenho de espirais e ondas, assim como a caligrafia, pode ser facilmente distinguida de uma pessoa para outra, bem como de uma pessoa portadora de DP.

Diante deste contexto, este trabalho propõe o desenvolvimento de um método que identifique a doença de Parkinson a partir de desenhos de espirais de Arquimedes e ondas utilizando processamento de imagens e aprendizado de máquina.

1.1 OBJETIVOS

O objetivo deste trabalho é desenvolver um método que identifique portadores da doença de Parkinson a partir de desenhos de espirais de Arquimedes e ondas.

Os objetivos específicos são:

- a) avaliar a aplicabilidade das técnicas de aprendizado de máquina e processamento de imagens quanto a detecção da DP a partir de desenhos em espirais de Arquimedes e ondas;
- b) analisar a eficiência dos métodos desenvolvidos;
- c) contribuir para a detecção da DP em estágios iniciais.

2 TRABALHOS CORRELATOS

Neste capítulo são apresentados três trabalhos correlatos que possuem semelhanças a proposta deste projeto. A seção 2.1 apresenta o trabalho de Mucha *et al.* (2018), que realizaram uma comparação dos métodos tradicionais para detecção da disgrafia com o uso de Cálculo Fracionário. A seção 2.2 descreve o trabalho de Smits *et al.* (2014) que avaliaram se a caligrafia padronizada poderia fornecer medidas quantitativas para distinguir pacientes que possuem ou não a doença de Parkinson. A seção 2.3 discorre sobre o trabalho de Zham *et al.* (2017) ao qual analisaram a velocidade e pressão da caneta para caracterizar a doença de Parkinson.

2.1 IDENTIFICATION AND MONITORING OF PARKINSON'S DISEASE DYSGRAPHIA BASED ON FRACTIONAL-ORDER DERIVATIVES OF ONLINE HANDWRITING

Mucha *et al.* (2018) compararam um conjunto de características cinemáticas normalmente observadas em análises quantitativas da disgrafia¹ em portadores da doença de Parkinson com base em Cálculo Fracionário². Para isso, os autores, utilizaram 9 amostras de diferentes exercícios de caligrafia escritos no idioma Tcheco e desenho, de 33 pessoas portadoras da doença de Parkinson e 36 pessoas saudáveis. Os autores destacam que todos os pacientes eram destros, estavam bem descansados durante os testes, e sentados de forma confortável, para que houvesse o mínimo de interferência possível de fatores exteriores. A Figura 1 apresenta os exemplos de caligrafia e desenho utilizados nos testes.

Figura 1 – Exercícios de caligrafia e desenho



Fonte: Mucha *et al.* (2018).

Segundo Mucha *et al.* (2018), os dados foram coletados e quantificados em medidas como velocidade, aceleração e as características baseadas em Cálculo Fracionário extraídas para diferentes valores de α (alfa), variando de 0.1 a 1.0, com passos de 0.1 entre cada. As características foram descritas utilizando a média, mediana, desvio padrão e máximo. Tais características foram divididas em nove conjuntos de acordo com o tipo do movimento (à superfície, no ar e combinado) e a abordagem de cálculo.

Para avaliar e comparar o poder das características da caligrafia e discriminar os portadores de Parkinson dos saudáveis, Mucha *et al.* (2018) realizaram uma análise de classificação binária, no qual cada elemento deve ser classificado dentre dois grupos. Para isso, os autores utilizaram árvores de gradiente elevado, especificamente o algoritmo XGBoost, que foi escolhido devido a sua capacidade de alcançar bom desempenho, mesmo para árvores de pequeno porte.

Para treinar e avaliar os modelos, Mucha *et al.* (2018) utilizaram validação cruzada estratificada de 10 vezes com 20 repetições para os modelos de aprendizagem supervisionados. Avaliou-se o desempenho dos modelos treinados através do Coeficiente de Correlação de Matthew (CCM), Classificação de Precisão (CP), sensibilidade (SEN) e especificidade (SPE). Já em relação a avaliação da relevância das características da caligrafia para prever os valores das características clínicas selecionadas, Mucha *et al.* (2018) aplicaram a análise de regressão multivariada, árvore de impulso (XGBoost) e algoritmos de aprendizagem supervisionada. Neste caso, os modelos de regressão foram avaliados pelo Erro Médio Absoluto (EMA), Erro Médio Quadrático (EMQ) e taxa de Erro Estimada (EE).

Mucha *et al.* (2018) concluem que em comparação com os parâmetros convencionais, as características da caligrafia derivada por cálculo fracionário correlacionado são mais significativas que as características clínicas dos pacientes e proporcionou uma avaliação da gravidade da doença (erro em torno de 12%). Por outro lado, a

¹ Disgrafia: é a incapacidade do indivíduo de produzir uma escrita que seja “culturalmente aceitável” (RODRIGUES; CASTRO; CIASCA, 2008).

² Cálculo Fracionário: ramo da física matemática o qual trata de equações integro-diferenciais. (MAINARDI, 2010).

maior precisão de classificação (97,14%) foi obtida pelos parâmetros convencionais, enquanto o melhor resultado obtido utilizando o cálculo fracionário foi de 87,14%. Mucha *et al.* (2018) sugerem que a utilização do cálculo fracionário em combinação com tarefas devidamente selecionadas (contínuas e/ou repetitivas, como a espiral Arquimediana) poderia melhorar a avaliação computadorizada da severidade da doença de Parkinson.

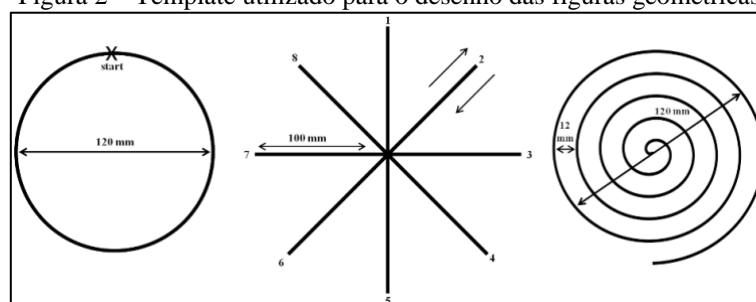
Por fim, Mucha *et al.* (2018) também apontam que os resultados obtidos ainda precisam ser confirmados por pesquisas científicas subsequentes, uma vez que o estudo tem várias limitações e sugestões de melhorias, como por exemplo, o fato do *dataset* ser pequeno para generalizá-lo, ou pelo fato de utilizarem apenas medidas cinemáticas. Além disso, também destacam que para avaliar melhor as características de discriminação da doença de Parkinson pelo Cálculo Fracionário, outros tipos de recursos como temporais, espaciais e dinâmicos, devem ser considerados, assim como outras aproximações (como de Caputo) ou medidas (como a Entropia).

2.2 STANDARDIZED HANDWRITING TO ASSESS BRADYKINESIA, MICROGRAPHIA AND TREMOR IN PARKINSON'S DISEASE

Smits *et al.* (2014) fizeram um estudo a fim de avaliar se a caligrafia padronizada pode fornecer medidas quantitativas para distinguir pacientes que possuem ou não a doença de Parkinson em uma combinação semelhante de sexo e idade. Os autores desenvolveram *scripts* customizados em Matlab para analisar as tarefas de desenho e escrita, identificando através da velocidade de movimento, a bradicinesia³ e, do tamanho da escrita, a micrografia⁴. Além disso, também se analisou a frequência para estabelecer o tremor em repouso.

Segundo Smits *et al.* (2014) foram avaliados 10 pacientes portadores da doença de Parkinson (6 homens e 4 mulheres) em fases relativamente iniciais, com idade média de 69 anos (intervalo de 63-81) e 10 pacientes não portadores da doença (6 homens e 4 mulheres), com idade média de 68 anos (intervalo de 61-78), todos destros. Cada participante realizou cinco tarefas, na mesma ordem para limitar a variabilidade dos resultados das tarefas, sendo estas: uma tarefa de repouso; traçado em círculo, desenho de linhas em oito direções diferentes e espiral (Figura 2); escrita de e- e l em loop (Figura 3), e uma frase completa para avaliar a micrografia.

Figura 2 – Template utilizado para o desenho das figuras geométricas



Fonte: Smits *et al.* (2014).

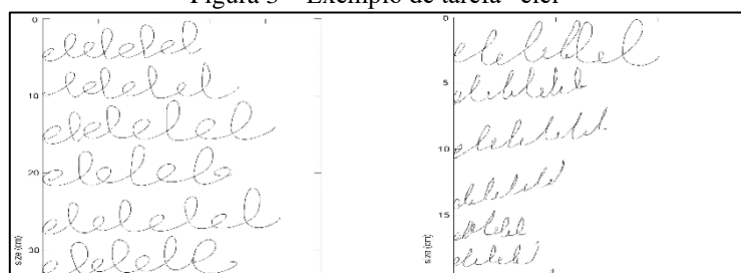
De acordo com Smits *et al.* (2014) examinou-se a densidade espectral⁵, que no pico mais elevada atingiu mais de 30 (mm/s²)/Hz para três pacientes com a doença de Parkinson, os quais foram avaliados clinicamente como tendo o tritador de repouso, enquanto para os demais participantes o resultado foi menor que 2 (mm/s²)/Hz. Os autores também observaram que o comprimento das frases e a altura do guião da frase não diferiram significativamente entre os pacientes portadores de Parkinson e os saudáveis. Já a altura da letra 'e' e a largura e altura da letra 'l' na tarefa 'elel' eram menores nos portadores de Parkinson, mas não tanto quanto a largura da letra 'e', que era significativamente menor nos pacientes com Parkinson ($p \leq 0.0014$). Além disso, nenhum outro efeito significativamente relevante foi encontrado em relação ao tamanho da escrita e à redução progressiva do tamanho da escrita, conforme pode ser visto na Figura 3.

³ Bradicinesia: é definida como uma lentidão de movimentos, fraqueza, tremor e rigidez (BERARDELLI *et al.*, 2001).

⁴ Micrografia: é uma diminuição gradual do tamanho da grafia (SIMONET *et al.*, 2019).

⁵ Densidade espectral: é um conceito que é diversas vezes aplicado em processamento de sinais (REIS, 2013).

Figura 3 – Exemplo de tarefa “elel”



Fonte: Smits *et al.* (2014).

Smits *et al.* (2014) também notaram que os pacientes com DP realizam movimentos significativamente mais lentos do que o saudáveis. Além disso, os autores ainda relatam que os grupos foram semelhantes em função da idade, apontando diminuição da velocidade de movimento nos pacientes com Parkinson, reflexo da bradicinesia e não apenas a lentidão relacionada com a idade. No entanto, as características de bradicinesia mostraram grandes diferenças entre os dois grupos. Contudo, Smits *et al.* (2014) destacam que quase todas as características mostraram uma clara diferença entre os grupos ($p < 0,05$), embora nem todos tenham sobrevivido à correção Bonferroni, que é um método para lidar com problemas de comparações múltiplas. Além disso, este estudo não inclui uma comparação com o exame clínico dos sintomas motores da doença.

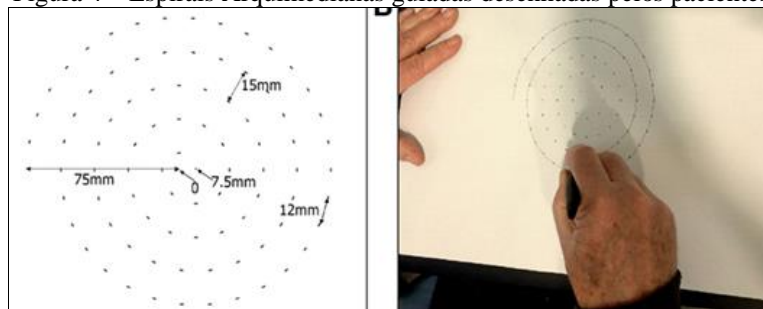
Smits *et al.* (2014) concluem que as tarefas de caligrafia padronizada podem fornecer medidas quantitativas para a avaliação da bradicinesia, micrografia e tremor e, que várias destas medidas distinguiram os portadores da doença de Parkinson clinicamente diagnosticados, dos que não há possuem. No entanto, ressaltam que o pequeno número de amostras pode produzir resultados estatisticamente insignificativos.

2.3 DISTINGUISHING DIFFERENT STAGES OF PARKINSON'S DISEASE USING COMPOSITE INDEX OF SPEED AND PEN-PRESSURE OF SKETCHING A SPIRAL

Zham *et al.* (2017) utilizaram o Índice Composto de Velocidade e Pressão da Caneta (CISP) como característica para analisar a gravidade da doença de Parkinson. Os autores qualificam a gravidade dos sintomas motores de todos os pacientes usando a parte III da Escala de Classificação Unificada da doença de Parkinson (UPDRS)⁶ e para a avaliação geral da fase da doença é usada a Escala de Hoehn e Yahr Modificada (H&Y)⁷.

De acordo com Zham *et al.* (2017) os pacientes desenharam espirais Arquimedianas guiadas em uma folha A3 no qual a velocidade, pressão da caneta e CISP foram computadas e analisadas a fim de obter sua correlação com a gravidade da doença. A Figura 4 apresenta exemplos de espirais arquimedianas.

Figura 4 – Espirais Arquimedianas guiadas desenhadas pelos pacientes



Fonte: Zham *et al.* (2017).

Segundo Zham *et al.* (2017) o Teste U de Mann-Whitney⁸ confirmou que o Índice Composto de Velocidade e Pressão da Caneta é adequado para distinguir os pacientes que possuem a doença de Parkinson dos que não a possuem, enquanto o Teste de Kruskal-Wallis⁹ confirmou que é significativamente diferente para a doença de Parkinson SL-1 e SL-3. Isso mostra que o CISP pode ser usado durante o esboço em espiral para

⁶ UPDRS: escala da DP que avalia os sinais, sintomas e determinadas atividades dos pacientes por meio do autorrelato e da observação clínica. (MELLO; BOTELHO, 2010).

⁷ H&Y: escala de avaliação da incapacidade dos portadores da DP capaz de indicar seu estado geral de forma rápida e prática. (MELLO; BOTELHO, 2010).

⁸ Teste U: também conhecido como teste de Wilcoxon, compara a distribuição dos dados de uma mesma amostra avaliada mais de uma vez. (CAMPOS *et al.*, 2016)

⁹ Teste de Kruskal-Wallis: é um teste não paramétrico para comparar mais de duas amostras sem o uso de controle local. (PONTES, 2000)

diferenciar os portadores da doença entre SL-1 E SL-3, mas não SL-2. Já o teste não paramétrico da amostra k Kruskal-Wallis mostra que existe diferença estatisticamente significativa entre os grupos para CISP, enquanto que a velocidade e pressão da caneta não mostraram diferença estatisticamente significativa. Isto indica que a velocidade e a pressão da caneta por si só não são adequadas para diferenciar entre os diferentes níveis de severidade.

De acordo com Zham *et al.* (2017), a velocidade, a pressão da caneta, e a CISP de esboço de uma espiral estão negativamente correlacionadas com a severidade da doença de Parkinson. Eles concluem que embora estas três características tenham sido significativamente afetadas pela gravidade da doença, a correlação foi mais forte com a CISP de esboço, uma vez que a análise estatística mostrou uma diferença significativa da CISP entre SLs 1 e 3, mas não para a velocidade e a pressão da caneta. Contudo, a CISP não foi capaz de diferenciar entre SL1 e SL2 ou entre SL2 e SL-3.

3 PROPOSTA DO MÉTODO

Este capítulo tem como objetivo apresentar a justificativa para o desenvolvimento do trabalho, assim como seus requisitos e a metodologia e desenvolvimento a ser usada. Ao fim são apresentadas as fontes bibliográficas, as quais são utilizadas para fundamentar o estudo.

3.1 JUSTIFICATIVA

No Quadro 1 há comparativo entre os trabalhos que embasam este estudo sobre a identificação da doença de Parkinson, sendo que as linhas apresentam as características e as colunas os trabalhos.

Quadro 1 – Comparativo entre trabalhos correlatos

Correlatos Características	Mucha <i>et al.</i> (2018)	Smits <i>et al.</i> (2014)	Zham <i>et al.</i> (2017)
Tipo de patologia detectada	Disgrafia	- Bradicinesia - Micrografia	Parkinson
Tipo da atividade	- Desenho em espiral - Escrita	- Repouso - Desenho em linha, círculo e espiral - Escrita	Desenho em espiral
Técnica analisada	Cálculo Fracionário	Caligrafia padronizada	CISP
Taxa de assertividade	87.14%	Não disponível	CISP sob ROC = 86,2% ROC sob CISP = 83,2%
Amostras avaliada (portadores/saudáveis)	33/36	10/10	27/28
Quantidade de exercícios avaliados	9	5	1

Fonte: elaborado pelo autor.

Conforme pode ser observado no Quadro 1, a patologia detectada em cada um dos estudos é diferente. Enquanto Mucha *et al.* (2018) detectam apenas a disgrafia, Smits *et al.* (2014) detectam a bradicinesia e também a micrografia. Já Zham *et al.* (2017) focam na doença de Parkinson.

O tipo de atividade realizada para a avaliação do paciente em cada um dos estudos é muito semelhante, tendo em todos os três trabalhos uma ou mais atividades de desenho, uma ou mais atividades de escrita (exceto para Zham *et al.* (2017)). Smits *et al.* (2014) também utilizam atividades relacionadas ao tremor e repouso.

Já em relação ao número de exercícios aplicados, pode-se observar que apenas o trabalho de Zham *et al.* (2017) utilizou um exercício, mas que ainda assim, é o exercício de desenho de espirais, presente também no trabalho de Mucha *et al.* (2018) e de Smits *et al.* (2014). Apesar de Smits *et al.* (2014) utilizarem 5 exercícios, o exercício de desenho de linha contempla 8 direções diferentes. Os demais exercícios avaliados no estudo de Mucha *et al.* (2018) e de Smits *et al.* (2014) são semelhantes, se diferindo apenas pelos exercícios de repouso e desenho em círculo, utilizados no estudo de Smits *et al.* (2014).

Todas as abordagens de análise foram distintas. Enquanto Mucha *et al.* (2018) analisa a técnica de Cálculo Fracionário, Smits *et al.* (2014) analisam a caligrafia padronizada e Zham *et al.* (2017) optaram pelo Índice Composto de Velocidade e Pressão da Caneta (CISP). Todos os trabalhos têm um número semelhante de amostras avaliadas com e sem a doença e Parkinson. Porém, a quantidade de amostras pode ser considerada pequena, uma vez que Mucha *et al.* (2018) foram os que aplicaram em um número maior de pessoas, 69 no total.

Quanto a taxa de assertividade, nota-se que Mucha *et al.* (2018) e Zham *et al.* (2017) possuem uma taxa muito semelhante, com diferença de menos de 1%. Smits *et al.* (2014) não apresentam uma taxa de assertividade para seu estudo.

Diante do cenário descrito, pode-se perceber que nenhum dos trabalhos utiliza a atividade de desenho de onda como método avaliativo, ao qual será um dos nossos métodos junto com o método de desenho de espiral que é utilizado em todos os trabalhos. Além disso, outro diferencial deste trabalho é a utilização de técnicas de aprendizado do tipo rede neurais convolucionais para detectar o desenho gerado e, que posteriormente será utilizado para estabelecer um grau similaridade em relação a um gabarito, neste caso, a partir de técnicas de processamento de imagens. Contudo, espera-se contribuir e até mesmo facilitar, a detecção da doença de Parkinson em estágios iniciais da doença, no qual, poderá contribuir com a qualidade de vida de pessoas identificadas com DP, quanto em relação aos seus familiares.

3.2 REQUISITOS PRINCIPAIS DO PROBLEMA A SER TRABALHADO

Abaixo são apresentados os requisitos funcionais (RF) e os requisitos não funcionais (RNF) do método que será desenvolvido. O método deverá:

- a) utilizar desenhos de espirais e ondas para detecção da DP (RF);
- b) realizar o realce e melhoramento das imagens (ruídos, distorções e problemas de iluminação) utilizando técnicas processamento de imagens (RF);
- c) utilizar técnicas de aprendizado de máquina para a detecção dos desenhos (RF);
- d) estabelecer e disponibilizar o grau de similaridade entre os gabaritos e os desenhos feitos pelos usuários (RF);
- e) ser desenvolvida na linguagem de programação Python (RNF);
- f) utilizar as bibliotecas OpenCV para o processamento de imagens e Keras para o aprendizado de máquina (RNF);
- g) ser capaz de realizar a análise em um tempo máximo de 1 minuto (RNF).

3.3 METODOLOGIA

O trabalho será desenvolvido observando as seguintes etapas:

- a) levantamento bibliográfico: pesquisar e estudar sobre Parkinson, processamento de imagem, aprendizado de máquina e trabalhos correlatos;
- b) pesquisa e escolha do método desenho: pesquisar qual é o método de desenho mais efetivo para o cenário, seja este desenho a mão livre, ligação de pontos, contorno ou outro;
- c) composição do *dataset*: coletar imagens da internet de desenhos manuais de ondas e espirais para compor um *dataset* de casos saudáveis e casos portadores de Parkinson, e caso não haja um número satisfatório de imagens, coletar também exemplos pessoalmente juntamente com profissionais especialistas na doença;
- d) rotulação das imagens que compõe o *dataset*: rotular as imagens que compõe o *dataset* separando-as em tipo de exercício, tipo de amostra (saudável ou portador de Parkinson) e em imagens de teste e treinamento da CNN;
- e) definição da arquitetura da rede neural: definir a arquitetura da rede neural mais aderente ao processo de detecção do desenho feito pelo usuário;
- f) desenvolvimento do método de detecção dos desenhos: a partir do item (e) implementar o método que irá detectar desenhos utilizando a linguagem Python e a biblioteca Keras;
- g) análise dos resultados: avaliar se o método desenvolvido consegue identificar os desenhos corretamente assim verificando sua acurácia e desempenho;
- h) levantamento de formas para calcular a similaridade: pesquisar métodos de processamento de imagens utilizados para extrair/estabelecer medidas a partir de imagens;
- i) desenvolvimento: a partir do item (h) desenvolver o método que calculará a similaridade entre o gabarito e o desenho feito pelo usuário utilizando a linguagem Python e a biblioteca OpenCV;
- j) testes do método de similaridade: avaliar a assertividade do método e juntamente com o especialista da área verificar se o método, como um todo, pode ser utilizado para a detectar a doença de Parkinson.

As etapas serão realizadas nos períodos relacionados no Quadro 2.

Quadro 2 – Cronograma de atividades a serem realizadas

etapas / quinzenas	2020				2021											
	nov.		dez.		jan.		fev.		mar.		abr.		maio		jun.	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
levantamento bibliográfico																
pesquisa e escolha do método desenho																
composição do <i>dataset</i>																
rotulação das imagens que compõe o <i>dataset</i>																
definição da arquitetura da rede neural																
desenvolvimento do método de detecção dos desenhos																
análise dos resultados																
levantamento de formas para calcular a similaridade																
desenvolvimento																
testes do método de similaridade																

Fonte: elaborado pelo autor.

4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este capítulo descreve brevemente sobre os assuntos que fundamentarão o estudo a ser realizado: Parkinson, processamento de imagem e aprendizado de máquina.

O parkinsonismo é composto por várias doenças que diminuem a neurotransmissão dopaminérgica nos gânglios da base, sendo classificado em: parkinsonismo primário, secundário, plus e heredodegenerativas, onde a doença de Parkinson correspondente ao parkinsonismo primário (SOUZA *et al.*, 2011). A doença de Parkinson é a segunda doença neurodegenerativa mais comum, afetando de 2 a 3% da população com mais de 65 anos (POEWE *et al.*, 2017). Como apontado por Earls e Lee (2020), a doença de Parkinson é patologicamente caracterizada pela má distribuição e agregação da proteína alfa-nucleica em inclusões insolúveis. Infelizmente, como apontado pelo Fonoff (2019a), ainda há um longo caminho até a cura do Parkinson, mas existem diversos tratamentos disponíveis.

Segundo Hosch (2014, p. 1), o processamento de imagem é um “conjunto de técnicas computacionais para analisar, melhorar, comprimir e reconstruir imagens”, tendo como principais componentes a importação, que condiz a captura da imagem, a análise e a manipulação da imagem. Silva e Mendonça (2005) destacam que o processamento de imagem vem crescendo muitos nas últimas décadas e abrange várias áreas de aplicação tais como saúde, segurança, jogos, entre outras.

A *Convolutional Neural Network* (CNN) é rede neural artificial que se tornou dominante em várias tarefas da visão computacional, sendo o método mais utilizado para qualquer tipo de problema de análise envolvendo uma imagem como dado de entrada, uma vez que esta tem muita habilidade para desenvolver uma representação interna de imagens bidimensionais (BROWNLEE, 2018).

De acordo com Yamashita *et al.* (2018) uma CNN é projetada para aprender automaticamente e de forma adaptável através de retropropagação. Ainda segundo o autor, ela se diferencia de outros métodos empregados na área pois primeiramente, não requer a extração de características de modo artesanal, segundo pois não requerem necessariamente segmentação de tumores ou órgãos por especialistas humanos, e terceiro pois ela é muito mais faminta por dados, devido aos seus milhões de parâmetros de aprendizagem.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, Maria Fernanda Soares de. **Análise Temporal da Relação entre o Tremor Fisiológico Cinético e o Envelhecimento com Base em Desenhos Digitalizados da Espiral de Arquimedes**. 2011. 145 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2011. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/14292/1/t.pdf>. Acesso em: 11 out. 2020.
- BERARDELLI, Alfredo et al. Mark. Pathophysiology of bradykinesia in Parkinson's disease. **Brain**, [S.L.], v. 124, n. 11, p. 2131-2146, 1 nov. 2001. Oxford University Press (OUP). <http://dx.doi.org/10.1093/brain/124.11.2131>. Disponível em: <https://academic.oup.com/brain/article/124/11/2131/302768>. Acesso em: 10 out. 2020.
- BIBLIOTECA VIRTUAL EM SAÚDE. **Doença de Parkinson**. [S.L.]:[s.n.], 2015. Disponível em: <https://bvsm.sau.gov.br/dicas-em-sau/2059-doenca-de-parkinson>. Acesso em: 02 set. 2020.
- BROWNLEE, Jason. **When to use MLP, CNN, and RNN neural networks**: What neural network is appropriate for your predictive modeling problem?. [S. L.], 19 ago. 2019. Disponível em: <https://machinelearningmastery.com/when-to-use-mlp-cnn-and-rnn-neural-networks/>. Acesso em: 10 out. 2020.

CAMPOS, Maene et al. Confiabilidade do Teste dos Cinco Dígitos em adultos brasileiros. **Jornal Brasileiro de Psiquiatria**, [S.L.], v. 65, n. 2, p. 135-139, jun. 2016. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/0047-2085000000114>. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0047-20852016000200135&script=sci_arttext. Acesso em: 12 out. 2020.

CHAKRABORTY, Sabyasachi et al. Parkinson's Disease Detection from Spiral and Wave Drawings using Convolutional Neural Networks: a multistage classifier approach. **2020 22Nd International Conference On Advanced Communication Technology (Icact)**, [S.L.], p. 298-303, fev. 2020. IEEE. <http://dx.doi.org/10.23919/icact48636.2020.9061497>. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/340552140_Parkinson's_Disease_Detection_from_Spiral_and_Wave_Drawings_using_Convolutional_Neural_Networks_A_Multistage_Classifier_Approach. Acesso em: 11 out. 2020.

EARLS, Rachael H.; LEE, Jae-Kyung. The role of natural killer cells in Parkinson's disease. **Experimental & Molecular Medicine**, [S.L.], p. 1-1, 24 set. 2020. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1038/s12276-020-00505-7>. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/s12276-020-00505-7>. Acesso em: 05 out. 2020.

FONOFF, Erich. **A doença de Parkinson tem cura?** [S. L.], 19 set. 2019a Disponível em: <https://www.erichfonoff.com.br/parkinson-tem-cura/>. Acesso em: 10 out. 2020.

FONOFF, Erich. **Doença de Parkinson** [S. L.], 10 set. 2019b Disponível em: <https://www.erichfonoff.com.br/doenca-de-parkinson/>. Acesso em: 09 out. 2020.

GOULART, Fátima; PEREIRA, Luciana X. Uso de escalas para avaliação da doença de Parkinson em fisioterapia. **Fisioterapia e Pesquisa**, [S. l.], v. 11, n. 1, p. 49-56, 2005. DOI: 10.1590/fpusp.v11i1.76385. Disponível em: <http://www.revistas.usp.br/fpusp/article/view/76385>. Acesso em: 13 out. 2020.

HOSCH, William L.; NIRALA, Satyavrat; BRITANNICA, The Editors Of Encyclopaedia. **Image processing**. 2014. Encyclopædia Britannica. Disponível em: <https://www.britannica.com/technology/image-processing>. Acesso em: 11 out. 2020.

KASZUBSKA, Gosia. **Screening technology to catch Parkinson's disease in its earliest stages could be available within three years, following an agreement between RMIT University and start-up company Jesse Medical**. 2019. Disponível em: <https://www.rmit.edu.au/news/all-news/2019/nov/screening-tech-detection-parkinsons>. Acesso em: 06 set. 2020.

LEGRAND, André Pierre; RIVALS, Isabelle; RICHARD, Aliénor; APARTIS, Emmanuelle; ROZE, Emmanuel; VIDAILHET, Marie; MEUNIER, Sabine; HAINQUE, Elodie. New insight in spiral drawing analysis methods – Application to action tremor quantification. **Clinical Neurophysiology**, [S.L.], v. 128, n. 10, p. 1823-1834, out. 2017. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.clinph.2017.07.002>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1388245717304881>. Acesso em: 12 out. 2020.

LEITE, Marco A.A.. Tremor essencial. **Revista Hospital Universitário Pedro Ernesto**. UERJ, v. 9, n. 1, p. 20-29, jan/jun. 2010. Disponível em: <https://www.e-publicacoes.uerj.br/index.php/revistahupe/article/view/9030/6923>. Acesso em: 12 out. 2020.

MAINARDI, Francesco. **Fractional calculus and waves in linear viscoelasticity**: an introduction to mathematical models. [S.L.]: Imperial College Press, 2010. 347 p. Disponível em: https://www.academia.edu/36319330/_Francesco_Mainardi_Fractional_Calculus_and_Waves_BookZZ_org_. Acesso em: 12 out. 2020.

MELLO, Marcella P. B. de; BOTELHO, Ana C. G.. Correlação das escalas de avaliação utilizadas na doença de Parkinson com aplicabilidade na fisioterapia. **Fisioterapia em Movimento**, [S.L.], v. 23, n. 1, p. 121-127, mar. 2010. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0103-51502010000100012>. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-51502010000100012. Acesso em: 12 out. 2020.

MUCHA, Jan et al. Identification and Monitoring of Parkinson's Disease Dysgraphia Based on Fractional-Order Derivatives of Online Handwriting. **Applied Sciences**, [S.L.], v. 8, n. 12, p. 2566-2566, 11 dez. 2018. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/app8122566>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2076-3417/8/12/2566>. Acesso em: 05 set. 2020.

POEWE, Werner et al. Parkinson disease. **Nature Reviews Disease Primers**, [S.l.], v. 3, n. 1, p. 1, 23 mar. 2017. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1038/nrdp.2017.13>. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/nrdp201713>. Acesso em: 05 out. 2020.

PONTES, Antonio Carlos Fonseca. **Obtenção dos níveis de significância para os testes de Kruskal-Wallis, Friedman e comparações múltiplas não-paramétricas**. 2000. 142 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Agronomia, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2000. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11134/tde-15032002-093020/en.php>. Acesso em: 11 out. 2020.

REIS, Julian Luiz. **Coordenação de isolamento para surtos de frente rápida utilizando o método da densidade espectral de energia**. 2013. 193 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2013. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/122932/326074.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 12 out. 2020.

RODRIGUES, Sônia das D.; CASTRO, Maria J. M. G. de; CIASCA, Sylvia M.. Relação entre indícios de disgrafia funcional e desempenho acadêmico. **Revista Cefac**, [S.L.], v. 11, n. 2, p. 221-227, 5 dez. 2008. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1516-18462008005000005>. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1516-18462009000200007&script=sci_arttext&tlng=pt. Acesso em: 10 out. 2020.

SILVA, Eduardo A.B. da; MENDONÇA, Gelson V.. Digital Image Processing. **The Electrical Engineering Handbook**, [S.L.], v. 1, n. 1, p. 891-910, 2005. Elsevier. <http://dx.doi.org/10.1016/b978-012170960-0/50064-5>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780121709600500645?via%3Dihub>. Acesso em: 06 out. 2020.

SIMONET, Claire et al. The motor prodromes of parkinson's disease: from bedside observation to large-scale application. **Journal Of Neurology**, [S.L.], p. 1-1, 4 dez. 2019. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s00415-019-09642-0>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00415-019-09642-0>. Acesso em: 10 out. 2020.

SOUZA, Cheylla F. M et al. A Doença de Parkinson e o Processo de Envelhecimento Motor. **Revista Neurociências**, [S.L.], v. 19, n. 4, p. 718-723, 31 mar. 2001. Universidade Federal de Sao Paulo. <http://dx.doi.org/10.34024/rnc.2011.v19.8330>. Disponível em: <https://periodicos.unifesp.br/index.php/neurociencias/article/view/8330/5864>. Acesso em: 03 out. 2020.

SMITS, Esther J et al. Standardized Handwriting to Assess Bradykinesia, Micrographia and Tremor in Parkinson's Disease. **Plos One**, [S.L.], v. 9, n. 5, p. 1, 22 maio 2014. Public Library of Science (PLoS). <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0097614>. Disponível em: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0097614>. Acesso em: 01 out. 2020.

WATASE, Gabriela Sayuri. **Desenvolvimento de um software para a classificação de tremor de membro superior a partir de movimentos de escrita**. 2019. 35 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Biomédica, Universidade Federal do Abc, São Bernardo do Campo, 2019. Disponível em: <http://ebm.ufabc.edu.br/publications/TGs/TGIII2019.Q2/11006814.pdf>. Acesso em: 10 out. 2020.

YAMASHITA, Rikiya et al. Convolutional neural networks: an overview and application in radiology. **Insights Into Imaging**, [S.L.], v. 9, n. 4, p. 611-629, 22 jun. 2018. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s13244-018-0639-9>. Disponível em: <https://insightsimaging.springeropen.com/articles/10.1007/s13244-018-0639-9>. Acesso em: 06 out. 2020.

ZHAM, Poonam et al. Distinguishing Different Stages of Parkinson's Disease Using Composite Index of Speed and Pen-Pressure of Sketching a Spiral. **Frontiers In Neurology**, [S.L.], v. 8, p. 1, 6 set. 2017. Frontiers Media SA. <http://dx.doi.org/10.3389/fneur.2017.00435>. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fneur.2017.00435/full>. Acesso em: 25 set. 2020

ASSINATURAS

(Atenção: todas as folhas devem estar rubricadas)

Assinatura do(a) Aluno(a): _____

Assinatura do(a) Orientador(a): _____

Assinatura do(a) Coorientador(a) (se houver): _____

Observações do orientador em relação a itens não atendidos do pré-projeto (se houver):

FORMULÁRIO DE AVALIAÇÃO – PROFESSOR AVALIADOR

Acadêmico(a): _____

Avaliador(a): _____

ASPECTOS AVALIADOS ¹		atende	atende parcialmente	não atende
ASPECTOS TÉCNICOS	1. INTRODUÇÃO O tema de pesquisa está devidamente contextualizado/delimitado?			
	O problema está claramente formulado?			
	1. OBJETIVOS O objetivo principal está claramente definido e é passível de ser alcançado?			
	Os objetivos específicos são coerentes com o objetivo principal?			
	2. TRABALHOS CORRELATOS São apresentados trabalhos correlatos, bem como descritas as principais funcionalidades e os pontos fortes e fracos?			
	3. JUSTIFICATIVA Foi apresentado e discutido um quadro relacionando os trabalhos correlatos e suas principais funcionalidades com a proposta apresentada?			
	São apresentados argumentos científicos, técnicos ou metodológicos que justificam a proposta?			
	São apresentadas as contribuições teóricas, práticas ou sociais que justificam a proposta?			
	4. REQUISITOS PRINCIPAIS DO PROBLEMA A SER TRABALHADO Os requisitos funcionais e não funcionais foram claramente descritos?			
	5. METODOLOGIA Foram relacionadas todas as etapas necessárias para o desenvolvimento do TCC?			
	Os métodos, recursos e o cronograma estão devidamente apresentados e são compatíveis com a metodologia proposta?			
	6. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA (atenção para a diferença de conteúdo entre projeto e pré-projeto) Os assuntos apresentados são suficientes e têm relação com o tema do TCC?			
ASPECTOS METODOLÓGICOS	As referências contemplam adequadamente os assuntos abordados (são indicadas obras atualizadas e as mais importantes da área)?			
	7. LINGUAGEM USADA (redação) O texto completo é coerente e redigido corretamente em língua portuguesa, usando linguagem formal/científica?			
	A exposição do assunto é ordenada (as ideias estão bem encadeadas e a linguagem utilizada é clara)?			

PARECER – PROFESSOR AVALIADOR: (PREENCHER APENAS NO PROJETO)

O projeto de TCC ser deverá ser revisado, isto é, necessita de complementação, se:

- qualquer um dos itens tiver resposta NÃO ATENDE;
- pelo menos **5 (cinco)** tiverem resposta ATENDE PARCIALMENTE.

PARECER: () APROVADO () REPROVADO

Assinatura: _____ Data: _____

¹ Quando o avaliador marcar algum item como atende parcialmente ou não atende, deve obrigatoriamente indicar os motivos no texto, para que o aluno saiba o porquê da avaliação.