

**Escola Superior de Desporto de Rio Maior**

**Avaliação da Coordenação Motora em Tarefas de  
Motricidade Fina e Grossa em Doentes de  
Parkinson: Revisão Sistemática e Estudo  
Transversal**

**Dissertação**

**Mestrado em Atividade Física e Saúde**

**Susana Dutra de Lacerda Alvernaz Rodrigues**

**Orientação:**

**Professor Doutor Marco António Colaço Branco**

**Professor Doutor David Paulo Ramalheira Catela**

Março, 2024



## **Dedicatória**

Dedico este trabalho ao meu “Avô Tó” que foi diagnosticado com a Doença de Parkinson. Ele foi a principal inspiração para este trabalho.

## **Agradecimentos**

A conclusão desta etapa não teria sido possível sem o apoio de diversas pessoas que direta ou indiretamente contribuíram para a sua realização e a quem quero agradecer:

Às pessoas mais próximas e importantes da minha vida, a minha mãe e o meu pai. Por estarem sempre presentes, me apoiarem e acreditarem em mim. Por me incentivarem a nunca desistir dos meus sonhos e objetivos. À minha prima Cláudia por, mesmo sem saber, ter sido uma fonte de motivação para continuar.

Quero agradecer aos meus amigos, Beatriz, João e Marisa. Pela ajuda, por nunca terem duvidado das minhas capacidades e me darem força. Agradeço também aos meus colegas de trabalho, e amigos, do ginásio Go Gym e em especial à minha chefe, Lisa, por toda a compreensão e apoio quando foi necessário.

Quero agradecer do fundo do coração ao meu orientador Professor Doutor Marco Branco, pela paciência interminável comigo, por todo o apoio, pelas sugestões e principalmente por nunca ter desistido de mim e deste trabalho. À Professora Doutora Cristiana Mercê que foi um apoio imprescindível, sem ela uma parte muito importante deste trabalho não teria sido possível. E ao meu co-orientador Professor Doutor David Catela por todas as sugestões, partilhas de conhecimento e experiência que foram sem dúvida enriquecedoras e importantes para a conclusão deste trabalho.

Serei eternamente grata a todos.

Para terminar gostaria de agradecer à Neurologista do Hospital da Horta, Sara Duarte, pela sempre pronta disponibilidade e simpatia. A todos os participantes do estudo pelo seu tempo e disponibilidade. E ao Hospital da Horta e ao Centro de Saúde da Ilha do Pico pela colaboração.



## **Avaliação da Coordenação Motora em Movimentos de Motricidade Fina e Grossa em Doentes de Parkinson: Revisão Sistemática e Estudo Transversal**

### **Resumo**

A doença de parkinson é uma doença neurodegenerativa que afeta entre 1% a 2% dos indivíduos com mais de 65 anos e 3% a 5% dos indivíduos com mais de 85 anos. Esta doença caracteriza-se, por alterações nas funções motoras dos pacientes nomeadamente ao nível da motricidade fina e grossa. Esta dissertação pretende verificar o estado da arte acerca do efeito do exercício físico na coordenação motora fina e grossa em pacientes de Parkinson e, avaliar a recorrência em tarefas de motricidade fina e grossa nestes pacientes. Para o primeiro objetivo foi feita uma revisão sistemática com a pesquisa pelos termos *“Parkinson”*, *“Exercise”*, *“Physical Activity”*, *“Train”* e *“Coordinat”*. Para o segundo objetivo foram recolhidos dados com sensores inerciais sobre os quais foram aplicados os métodos não-lineares da análise da quantificação da recorrência. Os resultados mostram que o exercício físico tem benefícios no desenvolvimento da coordenação motora fina e grossa, no entanto, é referido que deve existir um aprofundamento da análise destes tipos de motricidade, nomeadamente, aprofundar o tipo de análise das tarefas. No segundo estudo, verifica-se que os pacientes de Parkinson têm maior capacidade de coordenação nas tarefas de motricidade grossa, que nas tarefas de motricidade fina a mão preferida apresenta maior recorrência e determinismo, demonstrando maior dificuldade em coordenar este tipo de tarefas.

**Palavras-chave:** Parkinson, Motricidade Fina, Motricidade Grossa, Exercício Físico

## ***Motor Coordination Assessment of Fine and Gross Motor Movements in Parkinson's Disease Patients: Systematic Review and Cross-Sectional***

### ***Abstract***

*Parkinson's disease is a neurodegenerative disease that affects 1% to 2% of individuals over the age of 65 and 3% to 5% of individuals over the age of 85. This disease is characterized by changes in the motor functions of patients, especially at the level of fine and gross motor skills. This dissertation aims to verify the state of the art about the effect of physical exercise on fine and gross motor coordination in Parkinson's patients and to evaluate the recurrence in fine and gross motor tasks in these patients. For the first objective, a systematic review was performed by searching for the terms "Parkinson's", "Exercise", "Physical Activity", "Train" and "Coordinat". For the second objective data were collected with inertial sensors on which the nonlinear methods of recurrence quantification analysis were applied. The results show that physical exercise has benefits in the development of fine and gross motor coordination, however, it is mentioned that there should be a deeper analysis of these types of motricity, namely, to deepen the type of analysis of the tasks. In the second study, it is verified that Parkinson's patients have greater coordination ability in gross motor skills tasks, that in fine motor skills tasks the preferred hand has greater recurrence and determinism, showing greater difficulty in coordinating this type of tasks.*

**Keywords:** *Parkinson's, Fine Motor Skills, Gross Motor Skills, Physical Exercise*

## Índice

<b><i>Dedicatória</i></b> .....	<b><i>ii</i></b>
<b><i>Agradecimentos</i></b> .....	<b><i>iii</i></b>
<b><i>Resumo</i></b> .....	<b><i>v</i></b>
<b><i>Abstract</i></b> .....	<b><i>vi</i></b>
<b>Lista de abreviaturas</b> .....	<b>ix</b>
<b>Lista de figuras</b> .....	<b>x</b>
<b>Lista de tabelas</b> .....	<b>xii</b>
<b><i>CAPÍTULO 1</i></b> .....	<b><i>xiii</i></b>
<b>INTRODUÇÃO E ENQUADRAMENTO CONCEPTUAL</b> .....	<b>xiii</b>
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>14</b>
1.1 Enquadramento Conceptual .....	14
1.2 Etiologia e Diagnóstico .....	16
1.3 Enquadramento Teórico .....	17
1.4 Métodos Não-lineares .....	18
1.5 Objetivos .....	22
1.6 Referências .....	22
<b><i>CAPÍTULO 2</i></b> .....	<b><i>25</i></b>
<b>EFEITOS DO EXERCÍCIO FÍSICO NA COORDENAÇÃO MOTORA EM DOENTES DE PARKINSON: REVISÃO SISTEMÁTICA</b> .....	<b>25</b>
<b>2. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>26</b>
2.1 METODOLOGIA .....	28
2.2 Apresentação de resultados .....	30
2.3 Discussão .....	37
2.4 Conclusões .....	39
2.5 Referências .....	40
<b><i>CAPÍTULO 3</i></b> .....	<b><i>43</i></b>
<b>ANÁLISE DA QUANTIFICAÇÃO DA RECORRÊNCIA EM TAREFAS DE MOTRICIDADE FINA E GROSSA EM DOENTES DE PARKINSON</b> .....	<b>43</b>
<b>3. Introdução</b> .....	<b>44</b>
3.1 Métodos .....	45

3.2 Apresentação e Discussão dos Dados .....	49
3.3 Conclusão .....	70
3.4 Potencialidades e Limitações .....	70
3.5 Referências .....	71
<b>CAPÍTULO 4.....</b>	<b>74</b>
<b>DISCUSSÃO GERAL E CONCLUSÕES .....</b>	<b>74</b>
<b>4. Discussão Geral e Conclusões .....</b>	<b>75</b>
4.1. Referências .....	77
<b>Referências Bibliográficas.....</b>	<b>79</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>85</b>
1. Caracterização da Amostra do GP .....	86
2. Caracterização da Amostra do GT .....	87
3. Consentimento Informado GP .....	88
4. Consentimento Informado GT .....	89
5. Questionário GP.....	90
6. Questionário GT.....	91
7. Parecer Comissão de Ética do Instituto Politécnico de Santarém .....	92
8. Parecer Comissão de Ética do Hospital da Horta .....	93

## Lista de abreviaturas

**AQR** – Análise de Quantificação de Recorrência;

**APPHRED** - *American Alliance For Health, Physical Education, Recreation and Dance*

**DP** – Doentes de Parkinson;

**dp** – Desvio Padrão;

**FTT** – *Finger Tapping Test*;

**GT** – Grupo Típico;

**GP** – Grupo de Parkinson;

**Hz** – *Hertz*;

**IPAQ** - *International Physical Activity Questionnaire*

**LDI** - Linhas de Identificação;

**PRs** – Pontos de Recorrência;

**RR** – *Recurrence Rate*;

**SL** – Sentar - Levantar (*Chair- Stand Test*);

**SNC** – Sistema Nervoso Central;

**SN** – Substância Negra;

**%REC** – Percentagem de Recorrência;

**%DET** – Percentagem de Determinismo.

## **Lista de figuras**

Figura 1 Diagrama de Fluxo dos Artigos Pesquisados .....	31
Figura 2 a - Sensor Inercial Teste FTT; b - Sensor Inercial Teste SL .....	47
Figura 3. Gráfico de Recorrência de um Sujeito do Grupo Típico (a - S21) e de um Sujeito do Grupo Parkinson (b – S03) na Execução do teste SL no Plano Sagital.....	49
Figura 4. Gráfico de Recorrência do Sujeito do Grupo Típico (a – S21) e do Sujeito do Grupo Parkinson (b – S01) na Execução do Teste SL no Plano Sagital. ....	50
Figura 5 Gráfico de Recorrência dos Sujeitos do Grupo Parkinson (a - S02), (b - S03) e (c - S04) na Execução do Teste SL no Plano Sagital. ....	51
Figura 6. Gráfico de Recorrência do Sujeito do Grupo Parkinson (S07) na Execução do Teste SL no Plano Sagital. ....	52
Figura 7. Gráfico de Recorrência dos Sujeitos do Grupo Parkinson (a - S09) e (b - S10) na Execução do Teste SL no Plano Sagital. ....	53
Figura 8. Gráfico de Recorrência dos Sujeitos do Grupo Típico (a - S12), (b - S13) e (c - S14) na Execução do Teste SL no Plano Sagital.....	54
Figura 9 Gráfico de Recorrência dos Sujeitos do Grupo Típico (a - S15), (b - S16) e (c - S17) na Execução do Teste SL no Plano Sagital.....	54
Figura 10 Gráfico de Recorrência dos Sujeitos do Grupo Típico (a - S18) e (b - S19) na Execução do Teste SL no Plano Sagital .....	55
Figura 11. Gráfico de Recorrência dos Sujeitos do Grupo Típico (a - S20) e (b - S22) na Execução do Teste SL no Plano Sagital .....	56
Figura 12 Gráfico de Recorrência do Sujeito do Grupo Típico (a - Dom e b – NDom, S12) e Sujeito do Grupo Parkinson (c – Dom e d – NDom, S04) na Execução do Teste FTT no Plano Sagital .....	57
Figura 13 Gráfico de Recorrência do Sujeito do Grupo Parkinson (a - Dom e b – NDom, S01) na Execução do Teste FTT no Plano Sagital .....	58
Figura 14 Gráfico de Recorrência do Sujeito do Grupo Parkinson (a - Dom e b – NDom, S02) na Execução do Teste FTT no Plano Sagital .....	59
Figura 15 Gráficos de Recorrência dos Sujeitos do Grupo Parkinson (a - Dom e b – NDom, S03) e (c – Dom e d – NDom, S04) e (e – Dom e f - NDom, S05) na Execução do Teste FTT no Plano Sagital.....	60
Figura 16 Gráficos de Recorrência dos Sujeitos do Grupo Parkinson (a - Dom e b – NDom, S06) e (c – Dom e d – NDom, S07) e (e – Dom e f - NDom, S08) na Execução do Teste FTT no Plano Sagital.....	61

Figura 17 Gráficos de Recorrência dos Sujeitos do Grupo Parkinson (a - Dom e b – NDom, S09) e (c - Dom e d – NDom, S10) na Execução do Teste FTT no Plano Sagital .....	62
Figura 18 Gráficos de Recorrência do Sujeito do Grupo Parkinson (a - Dom e b – NDom, S11) na Execução do Teste FTT no Plano Sagital .....	63
Figura 19 Gráficos de Recorrência do Sujeito do Grupo Típico (a - Dom e b – NDom, S12) na Execução do Teste FTT no Plano Sagital .....	63
Figura 20 Gráficos de Recorrência do Sujeito Grupo Típico (a - Dom e b – NDom, S13) na Execução do Teste FTT no Plano Sagital .....	64
Figura 21 Gráficos de Recorrência do Sujeito do Grupo Típico (a - Dom e b – NDom, S14) na Execução do Teste FTT no Plano Sagital .....	64
Figura 22 Gráficos de Recorrência do Sujeito do Grupo Típico (a - Dom e b – NDom, S15) na Execução do Teste FTT no Plano Sagital .....	65
Figura 23 Gráficos de Recorrência do Sujeito do Grupo Típico (a - Dom e b – NDom, S16) na Execução do Teste FTT no Plano Sagital .....	65
Figura 24 Gráficos de Recorrência do Sujeito do Grupo Típico (a - Dom e b – NDom, S17) na Execução do Teste FTT no Plano Sagital .....	66
Figura 25 Gráficos de Recorrência do Sujeito do Grupo Típico (a - Dom e b – NDom, S18) na Execução do Teste FTT no Plano Sagital .....	66
Figura 26 Gráficos de Recorrência do Sujeito do Grupo Típico (a - Dom e b – NDom, S19) na Execução do Teste FTT no Plano Sagital .....	67
Figura 27 Gráficos de Recorrência do Sujeito do Grupo Típico (a - Dom e b – NDom, S20) na Execução do Teste FTT no Plano Sagital .....	67
Figura 28 Gráficos de Recorrência do Sujeito do Grupo Típico (a - Dom e b – NDom, S21) na Execução do Teste FTT no Plano Sagital .....	68
Figura 29 Gráficos de Recorrência do Sujeito do Grupo Típico (a - Dom e b – NDom, S22) na Execução do Teste FTT no Plano Sagital .....	68

## Lista de tabelas

Tabela 1 Estágios da DP segundo a escala de Hoehn & Yahr (modificada)(Tiago et al., 2001) .....	17
Tabela 2 Padrões nos PRs e os seus significados .....	21
Tabela 3 Sintetização dos Estudos .....	32
Tabela 4 Caracterização da Amostra .....	46

## CAPÍTULO 1

### INTRODUÇÃO E ENQUADRAMENTO CONCEPTUAL

## **1. INTRODUÇÃO**

A presente dissertação está organizada em IV capítulos. O capítulo I descreve a organização da dissertação, faz uma introdução ao tema, o estado da arte, uma apresentação do modelo teórico, as hipóteses e os objetivos gerais. O capítulo II consiste em uma revisão sistemática sobre os efeitos do exercício físico na coordenação motora em doentes de Parkinson. O capítulo III descreve o estudo de coordenação motora de motricidade fina e grossa em indivíduos com a doença de Parkinson, utilizando métodos matemáticos não lineares. Por fim, o capítulo IV apresenta as conclusões e recomendações gerais. Os apêndices encontram-se no final deste documento.

### **1.1 Enquadramento Conceptual**

#### **1.1.1 Doença de Parkinson**

A doença de Parkinson (DP) é a segunda doença neurodegenerativa mais comum a seguir ao Alzheimer (Earhart & Falvo, 2013). A DP surge geralmente entre os 50 e os 80 anos de idade, com um aumento acentuado na sétima década de vida (Cabreira & Massano, 2019).

Em 1817, James Parkinson fez a primeira descrição dos sinais da doença que, mais tarde, adotou o seu nome (Goetz, 2011; Kempster et al., 2007). A principal estrutura do sistema nervoso central (SNC) afetada por esta doença são os gânglios da base. Estes são constituídos por várias estruturas, incluindo a substância negra (SN) e o corpo estriado (Rodrigues, 2015). Estas estruturas desempenham um papel fundamental no desempenho do controlo motor e, para além disso, estabelecem ligação com estruturas do cérebro, como o córtex motor e sistema límbico, que são responsáveis pelo controlo de programas sensoriomotores e de aspetos cognitivos (Myers et al., 2010). A degeneração dos neurónios dopaminérgicos na SN e a diminuição da quantidade de dopamina no corpo estriado são os principais responsáveis pelos sintomas associados à DP (Lew, 2007; Rodrigues, 2015). Isto porque a dopamina é o neurotransmissor responsável pela regulação dos movimentos, do humor, das emoções e também tem um papel fundamental na aprendizagem e ao nível das funções cognitivas (Rodrigues, 2015).

A DP, a nível motor, é caracterizada por uma síndrome clínica conhecida universalmente por Parkinsonismo, que inclui quatro características principais: bradicinesia, tremor de

repouso, rigidez e perturbações da postura e da marcha. Estas características podem não ser observadas em todos os doentes, pelo menos num determinado período de tempo (Massano & Bhatia, 2012). Bradicinesia: refere-se a uma lentidão com progressiva perda de amplitude e velocidade dos movimentos alternados e repetitivos. Tremor de repouso: é caracterizado por um movimento oscilatório involuntário que ocorre quando a parte afetada do corpo está relaxada e apoiada em alguma superfície e sem ação de forças gravitacionais; estes movimentos costumam estar entre os 3-6Hz e a amplitude pode variar entre 1cm e mais de 10cm de largura. Rigidez: é referente ao aumento do tónus muscular sentido durante a movimentação passiva de um segmento ao longo de todo o movimento. Perturbações da postura e da marcha: os indivíduos com DP adotam uma postura tipicamente fletida devido à perda de reflexos posturais; marcha é lenta com uma base estreita e os passos curtos e arrastados; o balanço dos membros superiores é de menor amplitude e as mudanças de direção, durante a marcha, são lentas e realizadas com vários passos de pequena amplitude (Cabreira & Massano, 2019; Massano & Bhatia, 2012).

Além dos sintomas motores, tornam-se evidentes numerosos sintomas não motores que afetam o doente no seu dia a dia (Lew, 2007). A hiposmia (perda do olfato), depressão, obstipação e a perturbação do comportamento do sono REM<sup>1</sup> desenvolvem-se frequentemente até 5 a 10 anos antes da apresentação de sintomas motores (Caproni & Colosimo, 2020). A apatia, alucinações, dor nas articulações e músculos, insónias, sonolência durante o dia, urgência e frequência em urinar assim como a incontinência, a hipotensão ortostática, disfunção da sudorese, alterações cognitivas, fadiga, perda de motivação e ansiedade são também alguns sintomas comuns de se desenvolverem à medida que a doença evolui (Caproni & Colosimo, 2020; Earhart & Falvo, 2013; Jankovic, 2008).

Existem estudos consideráveis que sugerem que a atividade física ou o exercício proporcionam benefícios para os indivíduos com DP. Estes benefícios incluem melhorias no funcionamento físico e na qualidade de vida do sujeito e podem também influenciar favoravelmente a progressão da doença (Earhart & Falvo, 2013).

---

<sup>1</sup> Uma das fases do ciclo do sono.

## 1.2 Etiologia e Diagnóstico

As taxas de incidência da DP estão estimadas entre 8 a 18 por 100.000 pessoas/ano (Balestrino & Schapira, 2020), afetando entre 1% a 2% dos indivíduos com mais de 65 anos e 3% a 5% dos indivíduos com mais de 85 anos (Earhart & Falvo, 2013). Além disso, esta é uma doença que afeta os homens duas vezes mais frequentemente do que as mulheres, mas as mulheres têm uma taxa de mortalidade mais elevada e uma progressão mais rápida da doença (Cerri et al., 2019).

É difícil estimar o prognóstico de um doente individualmente, pois a DP é complexa e de grande heterogeneidade (Cabreira & Massano, 2019). Não existe uma causa específica conhecida para a DP, mas acredita-se que esta é provavelmente o resultado de múltiplos fatores, incluindo o envelhecimento normal, a predisposição genética e as exposições ambientais (Lew, 2007). A deterioração cognitiva e a disfunção autonómica precoce têm sido indicadas como fatores preditores independentes de pior prognóstico (Cabreira & Massano, 2019). Além disso, estudos recentes apontam que baixos valores da vitamina B12 podem estar associados a pior prognóstico da DP (Cardoso, 2018).

Ainda não existe um biomarcador ou teste que nos permita afirmar categoricamente o diagnóstico da doença, à exceção de testes genéticos específicos, úteis apenas numa minoria de casos (Cabreira & Massano, 2019). Apesar disso, a resposta dos sintomas motores à administração de levodopa<sup>2</sup>, é uma característica importante para o diagnóstico da DP (Balestrino & Schapira, 2020) e é necessário, também, que o sujeito apresente o sintoma de bradicinesia, que deve ocorrer em combinação com o tremor de repouso, rigidez ou ambos. No entanto, as alterações posturais, e especialmente a instabilidade postural, são deixadas de fora (Tysnes & Storstein, 2017). No geral, é sempre aconselhado obter um diagnóstico da DP com um neurologista, preferencialmente, especialista em desordem do movimento (Caproni & Colosimo, 2020).

É possível acompanhar e classificar a progressão dos sinais e sintomas motores da DP através da escala *Hoehn & Yahr* (HY – *Degree of Disability Scale*), pois esta indica o estado geral do sujeito com DP (Tiago et al., 2001). De unilateral para bilateral (estágio 1 para estágio 2), para a perda de reflexos posturais (estágios 3 e 4) e para a incapacidade de se deslocar em cadeira de rodas (estágio 5) (Caproni & Colosimo,

---

<sup>2</sup> Primeiro fármaco usado eficazmente para o tratamento da DP.

2020). Na Tabela 1 consegue-se visualizar a escala de *Hoehn & Yahr* (modificada), onde estão descritos os cinco estágios da doença.

Estágio 0	Nenhum sinal da doença
Estágio 1	Doença unilateral
Estágio 1,5	Envolvimento unilateral e axial
Estágio 2	Doença bilateral sem déficit de equilíbrio
Estágio 2,5	Doença bilateral leve, com recuperação no “teste do empurrão”
Estágio 3	Doença bilateral leve a moderada; alguma instabilidade postural ou capacidade de viver independente
Estágio 4	Incapacidade grave, ainda capaz de caminhar ou de permanecer de pé sem ajuda
Estágio 5	Confinado à cama ou cadeira de rodas, a não ser que receba ajuda

*Tabela 1 Estágios da DP segundo a escala de Hoehn & Yahr (modificada)(Tiago et al., 2001)*

### **1.3 Enquadramento Teórico**

#### **1.3.1 Sistemas Dinâmicos**

A teoria que suporta o desenvolvimento desta dissertação é a teoria dos sistemas dinâmicos (Kelso, 1999). Esta surge como uma estrutura viável para estudar o desempenho motor atlético, devido à grande existência de processos de coordenação e controlo do sistema do movimento humano. Pela perspetiva da teoria dos sistemas dinâmicos, o sistema do movimento humano é um conjunto de subsistemas co dependentes (musculosquelético, nervoso, circulatório e proprioceptivo) e que são compostos por elementos também dependentes uns dos outros (células sanguíneas, moléculas de oxigénio, tecido muscular, enzimas metabólicas, tecido conjuntivo e tecido ósseo) (Glazier et al., 2003).

Na teoria dos sistemas dinâmicos os padrões motores surgem da auto-organização entre os sistemas físicos e biológicos (Glazier et al., 2003; Kelso, 1999, 1999). Quando falamos em padrões devemos afastar o nosso pensamento das coisas e, em contrapartida, pensar na relação entre elas. O conceito de padrão não é fácil de se explicar; é mais fácil ver e imaginar, como por exemplo, o bater das asas de uma borboleta. Assim, podemos considerar que um padrão é um conjunto de ações e qualidades que têm tendência a tomar uma forma consistente ou característica (Kelso, 1999). A auto-organização significa apenas que o organismo se regula a si mesmo.

Goldfield (1995) propõe a auto-organização como forma de analisar os sistemas de ação. Esta proposta descreve como os processos do sistema motor, com todos os seus graus de liberdade, se comportam de forma não-linear e como produzem padrões espaço-temporais adaptáveis (Goldfield, 1995). Nesse sentido, alterações nos sistemas biológicos, como a DP, podem originar padrões de comportamento específicos, sendo observados durante a análise do movimento ou na coordenação de movimentos.

O fisiologista russo Bernstein (1967) definiu a coordenação motora como um padrão de movimento resultante do controlo dos vários graus de liberdade envolvidos num determinado movimento, reduzindo assim o número de variáveis independentes a controlar (M. T. Turvey, 1990). Embora um padrão de movimento possa ser bastante preciso, o processo até lá chegar pode ter grande variabilidade (Bernshteïn, 1967).

#### **1.4 Métodos Não-lineares**

Nas últimas décadas, um dos métodos não-lineares mais utilizados foi a Análise de Quantificação de Recorrência (AQR). A recorrência foi introduzida por Poincaré em 1890 e é uma característica fundamental de muitos sistemas dinâmicos (Marwan et al., 2018). A análise de recorrência de séries temporais pode ser utilizada para classificar diferentes sinais ou estados, para identificar transições na dinâmica, ou mesmo para investigar inter-relações, direções de acoplamento e sincronização entre diferentes séries temporais (Marwan et al., 2018). Esta é uma técnica que nos permite estudar sistemas dinâmicos e entender o seu comportamento, pois proporciona objetividade relativamente ao grau de determinismo, permite-nos caracterizar as mudanças de estado do sistema e chegar ao grau de complexidade e/ou aleatoriedade (Catela et al., 2015).

A AQR é uma técnica que reconstrói uma série temporal no espaço para verificar pontos recorrentes, pontos que estão mais próximos uns dos outros, também conhecidos como pontos vizinhos. A base desta análise consiste em reconstruir uma esfera de raio ( $r$ ) centrada em um ponto  $x(i)$  no espaço reconstruído e contando os pontos que ficam por dentro desse raio. Se a distância entre o ponto e o centro da esfera for menor ou igual ao raio, o ponto será considerado recorrente (Riley & Webber, C., 2005). Esta técnica possui diversas variáveis para descrever o sistema e para que seja possível analisá-lo: i) percentagem de recorrência (%REC) – corresponde à percentagem de pontos recorrentes; ii) percentagem de determinismo (%DET) – reflete o determinismo, ou seja,

a regularidade do sistema; iii) *Maxline* – o maior comprimento dos segmentos de linha diagonais, ou seja, é uma medida de estabilidade global; iv) *Meanline* – média do comprimento dos segmentos de linhas diagonais, podendo ser interpretado como uma medida de periodicidade; v) *Entropy* – mede a complexidade do sistema e quanto mais complexo o sistema, maior a entropia; vi) *Relative Entropy* – uma medida que reduz a influência do número de comprimento das linhas utilizadas no cálculo da entropia (Mercê et al., 2013).

Em 1987, Eckmann et al. introduziu o método dos pontos de recorrência (PRs) para visualizar a recorrência de sistemas dinâmicos (Riley et al., 1999). Em todos os sistemas dinâmicos podem ser observadas recorrências, mas os padrões dos gráficos são bastante diferentes. O movimento periódico é refletido por diagonais longas e sem interrupções. A distância vertical entre estas linhas corresponde ao período da oscilação. O objetivo inicial dos PRs era visualizar trajetórias no espaço de fase; quanto mais curtas as diagonais nos PRs são, menos previsível o sistema é. O inverso da diagonal mais longa (exceto a diagonal principal para a qual  $i = j$ ) é proporcional ao maior expoente de Lyapunov do sistema (Marwan et al., 2007a).

#### 1.4.1 Estruturas nos Pontos de Recorrência

Os padrões típicos dos PRs estão associados a um comportamento específico do sistema. Os padrões de grande escala nos PRs, designados em como tipologia, podem ser classificados em homogêneos, periódicos, de deriva e perturbados:

- Os PRs homogêneos são típicos de sistemas estacionários em que os tempos de relaxação são curtos em comparação com o tempo abrangido pelos PRs. Um exemplo deste tipo de PRs é o de uma série temporal aleatória estacionária;
- Os sistemas periódicos e quase periódicos têm PRs com estruturas recorrentes diagonais orientadas, periódicas ou quase periódicas (linhas diagonais, estruturas quadriculadas).
- O *drift* é causado por sistemas com parâmetros que variam lentamente, ou seja, sistemas não estacionários. Os PRs não são muito importantes para a LDI (linhas de identificação).

As alterações bruscas da dinâmica, bem como os fenômenos extremos, provocam zonas ou bandas brancas nos PRs. Os PRs permitem encontrar e avaliar facilmente acontecimentos extremos e raros, utilizando a frequência das suas recorrências. Uma inspeção mais atenta dos PR revela também estruturas de pequena escala, a textura,

que pode ser tipicamente classificada em pontos simples, linhas diagonais, bem como linhas verticais e horizontais (a combinação de linhas verticais e horizontais forma obviamente grupos retangulares de pontos de recorrência); além disso, podem ocorrer até linhas abauladas (Marwan et al., 2007a).

- Podem ocorrer pontos de recorrência únicos e isolados se os estados forem raros, se persistirem apenas durante um período muito curto de tempo ou se flutuarem fortemente.

- Linha diagonal surge quando um segmento da trajetória corre quase em paralelo de outro segmento.

Note-se que também podem existir estruturas diagonais perpendiculares à LDI, representando segmentos paralelos da trajetória que correm em direções temporais opostas (segmentos espelhados). Isto é frequentemente um indício de uma incorporação inadequada.

Uma linha vertical (horizontal) (sendo  $v$  o comprimento da linha vertical) marca um intervalo de tempo em que um não se altera ou se altera muito lentamente

Assim, o estado fica retido durante algum tempo. Este é um comportamento típico dos estados laminares (intermitência).

- As linhas curvas são linhas com um declive não constante. A forma de uma linha curvada depende da relação temporal local entre os segmentos de trajetória próximos correspondentes.

Uma vez que o valor limite  $\varepsilon$  é finito (e normalmente cerca de 10% do raio médio do espaço de fase), podem ocorrer outras linhas diagonais longas diretamente abaixo e acima do LDI para dados suaves ou de alta resolução. Por conseguinte, as linhas diagonais num pequeno corredor em torno do LDI correspondem ao movimento tangencial da trajetória do espaço de fase, mas não a órbitas diferentes. Assim, para a estimativa de invariantes do sistema dinâmico, é melhor excluir todo este corredor e não apenas o LDI (Marwan et al., 2007a).

<b>Padrão</b>	<b>Significado</b>
Homogéneo	O processo está estacionário
Esbatimento até ao canto superior esquerdo e canto inferior direito	Dados não estacionários; o processo contém uma tendência ou deriva ( <i>drift</i> )

Disrupções (bandas brancas)	Dados não estacionários; alguns estados são raros ou estão longe do normal; podem ter ocorrido transições
Periódico/quase periódico	Ciclicidades no processo; a distância temporal entre padrões periódicos (por exemplo, linhas) corresponde ao período; diferentes distâncias entre linhas diagonais longas revelam processos quase periódicos
Pontos sozinhos isolados	Forte flutuação no processo; se apenas ocorrerem pontos isolados, o processo pode ser um processo aleatório não correlacionado ou mesmo anti correlacionado
Linhas diagonais (paralelas à LDI)	A evolução dos estados é semelhante em diferentes épocas; o processo pode ser determinístico; se estas linhas diagonais ocorrerem ao lado de pontos isolados, o processo pode ser caótico (se estas linhas diagonais forem periódicas, podem ser observadas órbitas periódicas instáveis)
Linhas diagonais (ortogonais à LDI)	A evolução dos estados é semelhante em momentos diferentes, mas com o tempo invertido; por vezes, isto é uma indicação de uma incorporação insuficiente
Linhas/agrupamentos verticais e horizontais	Alguns estados não se alteram ou alteram-se lentamente durante algum tempo; indicação de estados laminares
Linhas abaloadas longas	A evolução dos estados é semelhante em épocas diferentes, mas com velocidade diferente; a dinâmica do sistema pode estar a mudar

*Tabela 2 Padrões nos PRs e os seus significados*

As afirmações anteriores são válidas para sistemas cujas frequências características são muito inferiores à frequência de amostragem da sua observação. Se a frequência de amostragem for apenas uma grandeza superior às frequências do sistema, e a sua razão não for um número inteiro, algumas recorrências não serão detetadas. Este efeito de discretização resulta em intervalos característicos alargados no gráfico de

recorrência, cujas aparências dependem das modulações das frequências dos sistemas (Marwan et al., 2007a).

#### 1.4.2 Medidas da complexidade (Análise quantitativa de recorrência, AQR)

*Recurrence Rate* (RR) é uma medida da densidade de pontos de recorrência. Note-se que corresponde à definição da soma de correlação, exceto a LDI que não é normalmente incluída. Além disso, o limite  $N \rightarrow \infty$ , RR é a probabilidade de um estado recorrer à sua vizinhança  $\varepsilon$  no espaço de fase.

Os processos com um comportamento não correlacionado ou fracamente correlacionado, estocástico ou caótico, provocam diagonais inexistentes ou muito curtas, enquanto os processos determinísticos provocam diagonais mais longas com menos pontos de recorrência únicos e isolados. Por conseguinte, o rácio de pontos de recorrência que formam estruturas diagonais em relação a todos os pontos e é introduzido como medida de recorrência determinística (ou previsibilidade) do sistema (Marwan et al., 2007a).

Considerando a importância deste método de análise e do estudo da coordenação motora em sujeitos com DP, tencionamos utilizar métodos não lineares para estudar a coordenação motora de motricidade fina e grossa em doentes de Parkinson.

### 1.5 Objetivos

Esta dissertação pretende verificar o estado da arte acerca do efeito do exercício físico na coordenação motora fina e grossa em pacientes de Parkinson e avaliar a recorrência em tarefas de motricidade fina e grossa nestes pacientes. Para o primeiro objetivo foi feita uma revisão sistemática com a pesquisa pelos termos “Parkinson”, “Exercise”, “Physical Activity”, “Train” e “Coordinat”. Para o segundo objetivo foram recolhidos dados com sensores inerciais sobre os quais foram aplicados os métodos não-lineares da análise da quantificação da recorrência.

### 1.6 Referências

- Balestrino, R., & Schapira, A. H. V. (2020). Parkinson disease. *European Journal of Neurology*, 27(1), 27–42. <https://doi.org/10.1111/ene.14108>
- Bernshtein, N. A. (1967). *The co-ordination and regulation of movements* ([1st English ed.]). Pergamon Press.

- Cabreira, V., & Massano, J. (2019). Doença de Parkinson: Revisão Clínica e Atualização. *Acta Médica Portuguesa*, 32(10), 661–670. <https://doi.org/10.20344/amp.11978>
- Caproni, S., & Colosimo, C. (2020). Diagnosis and Differential Diagnosis of Parkinson Disease. *Clinics in Geriatric Medicine*, 36(1), 13–24. <https://doi.org/10.1016/j.cger.2019.09.014>
- Cardoso, F. (2018). Vitamin B12 and Parkinson's Disease: What is the Relationship? *Movement Disorders*, 33(5), 702–703. <https://doi.org/10.1002/mds.27366>
- Catela, D., Branco, M., Seabra, A., & Mercê, C. (2015). *Catela, D., Branco, M., Seabra, A.P, & Mercê. C. (2015). Comportamento Motor: Constrangimentos & Affordances (Motor Behavior: Constraints & Affordances). (In press).*
- Cerri, S., Mus, L., & Blandini, F. (2019). Parkinson's Disease in Women and Men: What's the Difference? *Journal of Parkinson's Disease*, 9(3), 501–515. <https://doi.org/10.3233/JPD-191683>
- Earhart, G. M., & Falvo, M. J. (2013). Parkinson Disease and Exercise. Em R. Terjung (Ed.), *Comprehensive Physiology* (p. c100047). John Wiley & Sons, Inc. <https://doi.org/10.1002/cphy.c100047>
- Glazier, P. S., Davids, K., & Bartlett, R. M. (2003). *DYNAMICAL SYSTEMS THEORY: a Relevant Framework for Performance-Oriented Sports Biomechanics Research*.
- Goetz, C. G. (2011). The History of Parkinson's Disease: Early Clinical Descriptions and Neurological Therapies. *Cold Spring Harbor Perspectives in Medicine*, 1(1), a008862–a008862. <https://doi.org/10.1101/cshperspect.a008862>
- Goldfield, E. C. (1995). *Emergent forms: Origins and early development of human action and perception*. Oxford University Press.
- Jankovic, J. (2008). Parkinson's disease: Clinical features and diagnosis. *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry*, 79(4), 368–376. <https://doi.org/10.1136/jnnp.2007.131045>
- Kelso, J. A. S. (1999). *Dynamic patterns: The self-organization of brain and behavior* (3.print). MIT Press.
- Kempster, P. A., Hurwitz, B., & Lees, A. J. (2007). A new look at James Parkinson's Essay on the Shaking Palsy. *Neurology*, 69(5), 482–485. <https://doi.org/10.1212/01.wnl.0000266639.50620.d1>
- Lew, M. (2007). Overview of Parkinson's Disease. *Pharmacotherapy*, 27(12 Part 2), 155S–160S. <https://doi.org/10.1592/phco.27.12part2.155S>
- M. T. Turvey. (1990). Coordination. Em *Coordination* (Vol. 45, pp. 938–953).

- Marwan, N., Carmenromano, M., Thiel, M., & Kurths, J. (2007). Recurrence plots for the analysis of complex systems. *Physics Reports*, 438(5–6), 237–329. <https://doi.org/10.1016/j.physrep.2006.11.001>
- Marwan, N., Webber, C. L., Macau, E. E. N., & Viana, R. L. (2018). Introduction to focus issue: Recurrence quantification analysis for understanding complex systems. *Chaos: An Interdisciplinary Journal of Nonlinear Science*, 28(8), 085601. <https://doi.org/10.1063/1.5050929>
- Massano, J., & Bhatia, K. P. (2012). Clinical Approach to Parkinson's Disease: Features, Diagnosis, and Principles of Management. *Cold Spring Harbor Perspectives in Medicine*, 2(6), a008870–a008870. <https://doi.org/10.1101/cshperspect.a008870>
- Mercê, C., Santos, C., Branco, M., & Catela, D. (2013). ANÁLISE DE RECORRÊNCIA NA SINCRONIZAÇÃO NÃO INTENCIONAL ENTRE CRIANÇAS DURANTE A EXECUÇÃO DO PASSE TOQUE AO LADO, DA GINÁSTICA AERÓBICA.
- Myers, J., Nieman, D. C., & American College of Sports Medicine (Eds.). (2010). *ACSM's resources for clinical exercise physiology: Musculoskeletal, neuromuscular, neoplastic, immunologic, and hematologic conditions* (2nd ed). Wolters Kluwer Health/Lippincott Williams & Wilkins Health.
- Riley, M. A., Balasubramaniam, R., & Turvey, M. T. (1999). Recurrence quantification analysis of postural fluctuations. *Gait & Posture*, 9(1), 65–78. [https://doi.org/10.1016/S0966-6362\(98\)00044-7](https://doi.org/10.1016/S0966-6362(98)00044-7)
- Riley, M. A. & Webber, C. (2005). *Tutorials in Contemporary Nonlinear Methods*. 407.
- Rodrigues, M. J. (2015). *Benefícios de um Programa Combinado de Exercício com Visualização Mental em Doentes com Parkinson*.
- Tiago, M. S. F., Almeida, F. O., Santos, L. S., & Veronezi, R. J. B. (2001). Instrumentos de avaliação de qualidade de vida na doença de Parkinson. *Revista Neurociências*, 18(4), 538–543. <https://doi.org/10.34024/rnc.2010.v18.8437>
- Tysnes, O.-B., & Storstein, A. (2017). Epidemiology of Parkinson's disease. *Journal of Neural Transmission*, 124(8), 901–905. <https://doi.org/10.1007/s00702-017-1686-y>

## CAPÍTULO 2

EFEITOS DO EXERCÍCIO FÍSICO NA COORDENAÇÃO MOTORA  
EM DOENTES DE PARKINSON: REVISÃO SISTEMÁTICA

## 2. INTRODUÇÃO

A Doença de Parkinson (DP) é uma doença crónica e degenerativa de carácter progressivo que afeta aproximadamente 6 milhões de pessoas mundialmente, tornando-se assim a segunda doença degenerativa mais comum, a seguir ao Alzheimer (Earhart & Falvo, 2013). A sua prevalência aumenta com a idade e afeta normalmente indivíduos acima dos 50 anos, sendo que em alguns estudos esta doença é duas vezes mais comum nos homens (Tolosa et al., 2021). Para tal pode contribuir o efeito protetor das hormonas sexuais femininas, e o maior cuidado para com a saúde deste sexo (Poewe et al., 2017). A incidência da DP pode ainda variar dentro de subgrupos definidos pela raça, etnia, genótipo ou ambiente. Sendo significativamente superior em indivíduos expostos a pesticidas, que tenham sofrido previamente de lesões cerebrais traumáticas, fumadores e consumidores de cafeína (Poewe et al., 2017). Apesar de se conhecer alguns dos fatores que contribuem para o seu aparecimento, a etiologia da DP ainda não é completamente conhecida (Tiago et al., 2001).

Esta patologia evidencia alguns sinais e sintomas motores clássicos, resultantes da deficiência do neurotransmissor dopamina na substância negra. Dentre eles pode-se citar: rigidez, bradicinesia<sup>3</sup>, tremor e instabilidade postural (Tiago et al., 2001). Para além destas perturbações no movimento, a DP apresenta uma multiplicidade de características não motoras, tais como: perturbações cognitivas (e.g., disfunção executiva frontal, défices de recuperação de memória, demência e alucinação), alterações no ciclo do sono, perturbações do humor e do afeto, disfunção autonómica (principalmente hipotensão ortostática, disfunção urogenital, obstipação e hiperidrose), depressão, sintomas sensoriais (mais prevalente a hiposmia<sup>4</sup>) e dor. Alguns destes sintomas podem antecipar o aparecimento dos sintomas motores clássicos por anos ou mesmo décadas. Os sinais e sintomas não motores tornam-se cada vez mais predominantes ao longo da doença (Poewe et al., 2017).

Um dos fatores que, para além dos sintomas característicos da DP, afeta negativamente a qualidade de vida destes indivíduos consiste na diminuição da força muscular comparativamente com os seus pares idosos sem sintomas de doenças neurodegenerativas. A diminuição da força nos indivíduos com DP reduz a sua capacidade funcional, a qual se expressa de várias formas incluindo a diminuição da

---

<sup>3</sup> Lentidão ou ausência de movimentos.

<sup>4</sup> Perda parcial do olfato.

velocidade da marcha, mobilidade e equilíbrio o que, por sua vez, também aumenta o risco de quedas (Chung et al., 2016).

A capacidade funcional e, por inerência a qualidade de vida do indivíduo, depende de vários fatores incluindo a sua capacidade de produção de força, mas também o seu controlo e coordenação motores. Todas as tarefas motoras quotidianas exigem coordenação inter- e intra-segmental para manter o equilíbrio e a execução com sucesso da tarefa (Mancini et al., 2020). O fisiologista russo Bernstein (Bernshtein, 1967) definiu a coordenação motora como sendo o domínio dos vários graus de liberdade, e.g. unidades motoras, músculos, articulações, membros, eixo de movimento ou planos, de forma a realizar com sucesso o movimento pretendido. A capacidade motora refere-se ao movimento e coordenação do corpo. Esta divide-se em capacidade motora de motricidade grossa e capacidade motora de motricidade fina (Haibach-Beach et al., 2018a; Matheis & Estabillo, 2018). A capacidade motora de motricidade grossa refere-se a tarefas que necessitem da participação de grandes grupos musculares, os movimentos tendem a ser grandes e de pouca precisão como por exemplo sentar e levantar de uma cadeira. A capacidade motora de motricidade fina, por outro lado, refere-se a tarefas em que os movimentos são precisos e de grande controlo, onde são utilizados grupos musculares mais pequenos como por exemplo escrever (Haibach-Beach et al., 2018a). Considerando que a perda da capacidade funcional por parte dos indivíduos com DP é uma das questões mais relevantes nesta patologia, nomeadamente o estudo sobre a prevenção ou melhoria desta perda; e, considerando também que a capacidade funcional está intimamente ligada à coordenação motora, torna-se pertinente investigar a esta temática.

O Exercício Físico (EF) pode ser utilizado como uma terapia complementar não medicamentosa para a prevenção e melhoria dos sintomas da DP, nomeadamente da sua capacidade funcional (Xu et al., 2019 de Carvalho et al., 2018). O EF consiste num subgrupo da Atividade Física, o qual tem de ser planeado, estruturado, repetitivo e realizado com o objetivo de melhorar a condição física (ACSM, 2021). Para tal, pode incluir diversos tipos de atividades tais como: exercício aeróbio, treino de resistência, treino de flexibilidade e outros (Alberts & Rosenfeldt, 2020). O exercício possui um papel importante na qualidade de vida nos indivíduos com DP, tendo a sua prática vindo a demonstrar-se benéfica no que respeita ao desempenho de atividades de vida diária e mobilidade funcional, verificando-se ainda a redução da taxa de mortalidade nesta

patologia, e efeito protetor sobre o risco da mesma (Earhart & Falvo, 2013). Os vários benefícios do EF sobre a patologia de Parkinson relacionam-se com a estimulação de síntese de dopamina nas células dopaminérgicas remanescentes, reduzindo assim os sintomas da doença (Sutoo & Akiyama, 2003).

Considerando todos estes benefícios, é possível supor que a prática de EF em indivíduos com DP também possa melhorar a sua coordenação motora, o que por sua vez, poderá contribuir para mais benefícios no que diz respeito sua funcionalidade. De acordo com a nossa pesquisa, não existe até ao momento nenhuma revisão sobre o efeito do exercício físico na coordenação motora com indivíduos com DP. Considerando a importância desta temática e, a sua íntima ligação entre a coordenação motora e capacidade funcional, a presente revisão possui como objetivo rever, analisar e sistematizar os efeitos do exercício físico na coordenação motora em indivíduos com a DP.

## **2.1 METODOLOGIA**

### **2.1.1 Protocolo e Registo (5)**

A presente revisão seguiu as diretrizes para revisões sistemáticas do protocolo PRISMA (Moher et al., 2009). O protocolo de revisão foi registado na plataforma PROSPERO (*International Prospective Register of Systematic Review*) com o número de identificação 386890.

### **2.1.2 Critérios de Elegibilidade (6)**

Para identificar potenciais estudos que respondam à questão desta revisão foi utilizada a ferramenta PICOS proposta pela Biblioteca Cochrane que se traduz em: População (pessoas com a doença de Parkinson diagnosticadas por médico da especialidade); intervenção (com exercício físico prescrito e supervisionado por profissionais credenciados); comparação (o programa terá que ter pelo menos avaliação pré- e pós-intervenção que avalie a coordenação motora); resultados (*outcomes* relacionados com coordenação motora, e.g., gráficos de fase); e desenho do estudo (estudos experimentais ou quase-experimentais, longitudinais, com pelo menos dois momentos de avaliação, sem necessidade de grupo de controlo).

Os critérios de inclusão utilizados consistiram nos seguintes: i) estudos que incluam indivíduos diagnosticados com a Doença de Parkinson; ii) diagnóstico realizado por médico da especialidade; iii) estudos que incluam pelo menos um grupo tenha realizado

intervenção com exercício físico presencial e/ou não presencial; iv) a intervenção de exercício tem de ser prescrita e monitorizada por profissionais credenciados; v) estudos que incluam comparação pré- e pós-intervenção; vi) estudos que avaliem coordenação motora com pelo menos uma medida; vii) estudos longitudinais de intervenção.

Como critérios de exclusão, foram aplicados os seguintes: i) estudos transversais, descritivos ou de revisão; ii) estudos com indivíduos com comorbidades neuromotoras, uma vez que essas comorbidades poderiam influenciar a avaliação e resultados da coordenação motora; iii) participantes sob o efeito de antidepressivos e/ou sedativos, dado que esta medicação também poderia influenciar a avaliação da coordenação. Não foram aplicadas limitações temporais ou linguísticas.

### 2.1.3 Bases de dados e estratégias de pesquisa (7;8)

De forma a maximizar o espectro de pesquisa foram seguidas as várias estratégias: i) pesquisa em bases académicas; ii) pesquisa em literatura cinzenta; iii) triagem manual das referências de todos os artigos incluídos na revisão. A pesquisa foi realizada entre 01 e 05 do mês Fevereiro de 2023 e incluiu as seguintes bases de dados: PubMed, Web of Science e EBSCO.

Foi utilizada a seguinte estratégia de pesquisa: (Parkinson) AND (Exercise OR Physical Activity OR train\*) AND (coordinat\*).

### 2.1.4 Seleção de estudos (9)

A seleção de estudos foi conduzida através do software Zotero (Zotero 6.0.26, © 2006-2018 Contributors). Após a remoção de artigos em duplicado, a triagem dos títulos foi realizada por um autor, seguindo-se a triagem dos resumos e artigos completos. Os resultados foram conferidos após cada fase.

### 2.1.5 Recolha de informação (10 e 11)

Foram extraídas as seguintes informações de cada estudo: i) autor(es) e data de publicação; ii) descrição dos participantes; iii) variáveis relativas ao protocolo de intervenção (tipo de exercício, intensidade, duração, frequência); iv) momentos e métodos de avaliação; v) resultados relativos à coordenação motora; vi) principais resultados, incluindo os benefícios relatados (e.g., risco de quedas, capacidade funcional); vii) principais conclusões.

### 2.1.6 Avaliação da qualidade (12; 15)

A avaliação da qualidade foi realizada de acordo com a lista de verificação previamente validada de Downs e Black. Esta lista avalia a qualidade metodológica tanto de estudos randomizados como não randomizados. É composta por 27 itens estando divididos em 5 subitens relacionados com: i) a forma de reportar os resultados; ii) a validade interna, iii) validade externa; iii) os vieses; iv) fatores de confusão e a v) potência do estudo. A sua pontuação varia de zero a vinte e oito pontos, sendo que pontuações maiores representam maior qualidade. Em estudos anteriores foram considerados os seguintes pontos de corte para classificar os estudos: excelente 26-28, bom 20-25, justo 15-19, fraco <15 pontos (e.g., Hooper et al. 2008; Silverman et al. 2012, Mercê 2021).

### 2.1.7 Mensuração e Síntese dos Resultados (13; 14)

Os dados serão apresentados sobre a forma de tabela de síntese e será feita uma análise descritiva e, se possível, comparativa através da comparação de médias. Vão ser organizados de acordo com a faixa etária e estágio da doença.

## 2.2 Apresentação de resultados

Após concluir a pesquisa nas bases de dados foram identificados 945 estudos que foram reduzidos a 673 depois da remoção dos duplicados através do software Zotero (Zotero 6.0.26, © 2006-2018 Contributors).

Posteriormente foi realizada a leitura dos títulos de cada artigo, tendo sido identificados 184 potencialmente significantes para esta revisão. A próxima fase consistiu na leitura dos resumos, sendo que foram excluídos no total 166 artigos, cujas razões de exclusão se encontram apresentadas no diagrama de resultados (Figura 1). Na fase seguinte, procedeu-se à leitura dos 18 artigos completos, tendo sido excluídos 14. No final apenas 4 artigos reuniam as condições necessárias para integrarem esta revisão sistemática. Após terminar a triagem de cada artigo elegível foi efetuada a sua avaliação de qualidade e foram extraídos os seguintes dados: autores e data da publicação, tamanho da amostra, média e desvio padrão (dp) de cada amostra, que tipo de intervenção foi feita e qual a sua duração, como foi feita a avaliação da coordenação motora, resultados obtidos e principais conclusões.

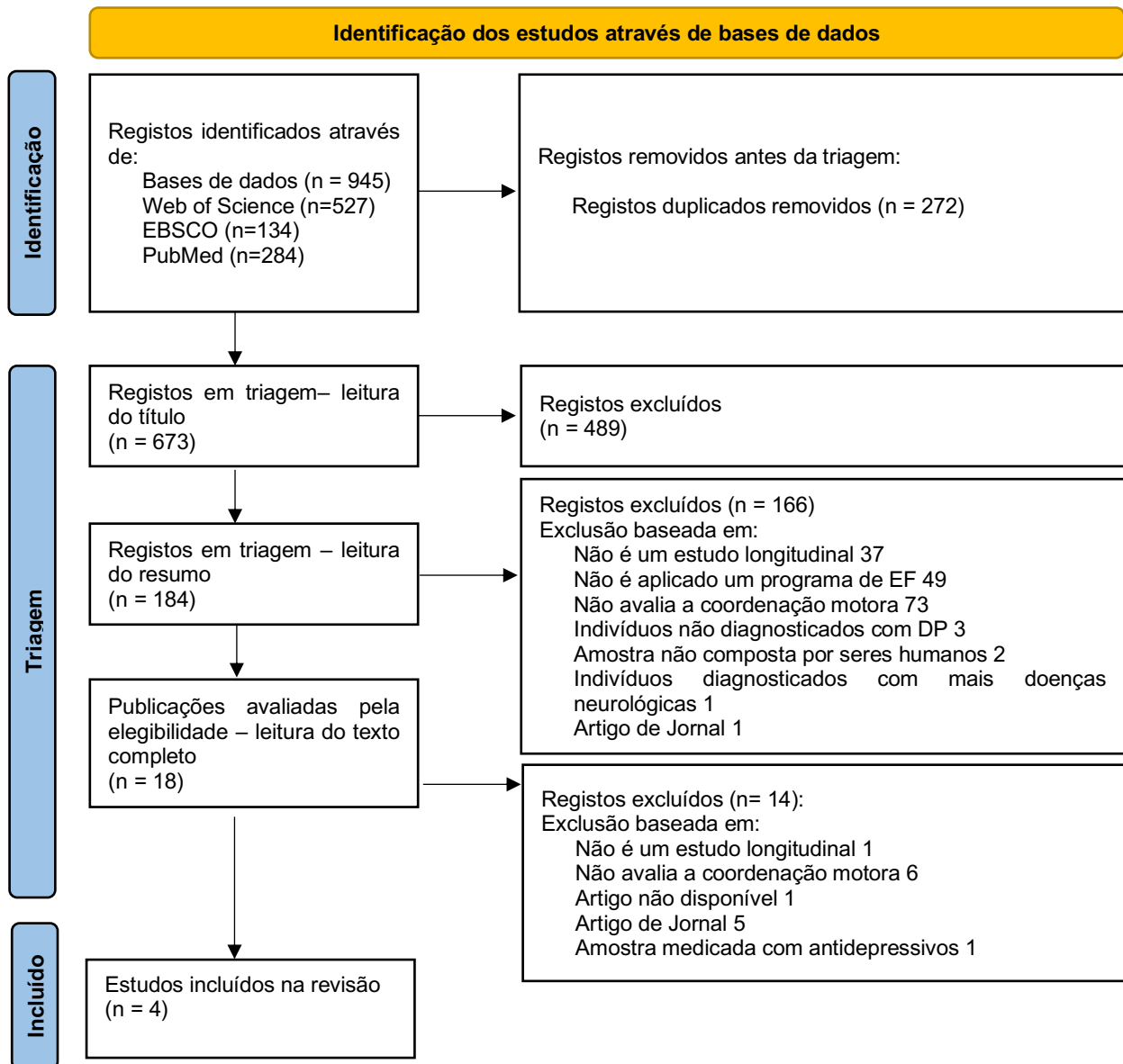


Figura 1 Diagrama de Fluxo dos Artigos Pesquisados

Os dados recolhidos dos estudos elegíveis estão apresentados na Tabela 3. Em todos os artigos a amostra foi composta por indivíduos diagnosticados com DP em estados ligeiros da doença e o tamanho desta variou entre 1 e 54 indivíduos. Foi aplicado um programa de exercício físico e foram efetuados testes pré- e pós-intervenção. Todos os artigos utilizaram diferentes métodos para avaliar a coordenação motora, entre os quais os testes *Purdue Pegboard* e da Caixa e Blocos (*Box and Blocks*) (Oña et al., 2018), testes da *American Alliance For Health, Physical Education, Recreation and Dance* (APPHRED) (Souza et al., 2016), sistema de monitorização electrofisiológica (sistema

**Biopac MP 100) (Wang et al., 2018) e o teste de Coordenação óculo-manual (Virar**

<b>Autores e Ano</b>	<b>País e Pontuação de Qualidade</b>	<b>Descrição dos Participantes</b>	<b>Tipo de intervenção e Duração</b>	<b>Como foi avaliada a CM?</b>	<b>Resultados Obtidos</b>	<b>Principais conclusões</b>
Oña, Edwin Daniel; Balaguer, Carlos; Cano-de la Cuerda, Roberto; Collado-Vázquez, Susana; Jardón, Alberto (2018)	Espanha, 16	5 DP, idades entre 45 - 72 anos, 3 M e 2 F	2x/sem, 30min, durante 6 semanas	Testes <i>Purdue Pegboard</i> e Teste da Caixa e Blocos ( <i>Box and Blocks</i> )	A destreza manual grossa melhorou em todos os participantes, de acordo com a variação entre a avaliação Prél e PósI no número de blocos que os utilizadores foram capazes de transferir ao realizar o TCB. A análise da pontuação no teste <i>Purdue Pegboard</i> mostra uma melhoria geral da destreza manual fina e da coordenação óculo-manual	A melhoria do estado de saúde dos participantes foi validada pelos instrumentos de avaliação clínica
Souza, AF; Braco, S; Biagiotto, P; da Silveira, MCN; de Assis, WF; Higino, WP; Leme, JACD (2016)	Brasil, 14	1 DP, 54 anos	3x/sem, 60 min, durante 32 semanas	Testes APPHERD	Redução de 19%, na variável tempo, entre Prél e PósI	A melhoria nos testes de agilidade e coordenação demonstra um efeito benéfico do exercício físico na diminuição dos danos causados pela doença
Wang, CM; Shieh, WY; Ho, CS; Hu, YW; Wu, YR (2018)	Países Baixos, 13	26 DP, idades 62.12 ± 8.52, 19 M e 7 F	Programa OLE*: Uma sessão incluía 25 ciclos. 2x/dia, 5x/sem, durante 12 semanas.	Sistema de monitorização electrofisiológica (sistema Biopac MP 100)	DF: diminuiu significativamente p/ 10mL ( $p < 0.001$ ) e 20mL ( $p = 0.001$ ); PFR antes e depois da deglutição: diferenças significativas apenas p/ 1mL ( $p < 0.045$ ); PDOSR: PRDD sem diferenças significativas ( $AD p = 0.178$ ), LDI sem diferenças significativas ( $AD p = 0.541$ ), TTE sem diferenças significativas ( $AD p = 0.117$ ), TE sem diferenças significativas ( $AD p = 0.868$ ), Amp sEMG sem diferenças significativas ( $AD p = 0.165$ ), sEMG DC sem diferenças significativas ( $AD p = 0.103$ ), AEL diferenças significativas ( $AD p = 0.039$ )	Observando os dados em conjunto, a coordenação da deglutição e da respiração em doentes com DP em fase inicial melhorou.
Liu, XL; Chen, SH; Wang, YT (2016)	Estados Unidos, 17	54 DP, 28 GE (11 M e 17 F, idades 65.84 ± 5.45), 26 GC (14 M e 12 F, idades 62.5 ± 3.13)	5x/sem, 60min, durante 10 semanas	Teste de Coordenação Óculo-Manual (Virar Frascos ao Contrário) ( <i>Hand-Eye Coordination (Turn-over-Jars)</i> )	LD e LE no GC sem diferenças significativas ( $p > 0,05$ ). LE no GC e GE sem diferenças significativas ( $p > 0,05$ ). LD no GC e GE com diferenças significativas ( $p < 0,05$ ). LD e LE no GE com diferenças significativas ( $p < 0,05$ ).	Esses resultados mostram que o exercício <i>Qigong</i> pode melhorar significativamente a coordenação óculo-manual de pacientes com DP
Abreviaturas: DP - Doença de Parkinson; GE - Grupo Experimental; GC - Grupo de Controlo; F - Feminino; M - Masculino; TCB - Teste da Caixa e Blocos; APPHERD - American Alliance For Health, Physical Education, Recreation and Dance; Test; Prél - Pré Intervenção; PósI - Pós intervenção; AD - Antes e Depois; DF - Deglutição Fragmentada; PFR - Padrões das Fases Respiratórias; PDOSR - Parâmetros da Deglutição Orofaringea e Sinais Respiratórios; PRDD - Pausa Respiratória Durante a Deglutição; LDI - Latência De Início; TTE - Tempo Total de Excursão; TE - Tempo de Excursão; Amp sEMG - Amplitude sEMG; sEMG DC - sEMG Duração da Contração; AEL - Amplitude da Excursão Laríngea; LD - Lado Direito; LE - Lado						
* Programa OLE: cada ciclo inclui duas repetições de deglutição em seco (saliva) com esforço, duas repetições de projeção da língua para fora seguidas de duas repetições de enrolamento da língua para trás.						

**Tabela 3 Síntese dos Estudos**

Frascos ao Contrário) (*Hand-Eye Coordination (Turn-Over-Jars)*) (Liu et al., 2016).

Apenas um estudo (Liu et al., 2016) dividiu a amostra, de forma aleatória, entre grupo experimental, composto por 11 indivíduos do sexo masculino e 17 do sexo feminino, e grupo de controlo, composto por 14 indivíduos do sexo masculino e 12 do sexo feminino. Dois artigos (Oña et al., 2018; Wang et al., 2018) não fizeram distinção de grupos e o outro é um estudo de caso (Souza et al., 2016). Relativamente à avaliação da qualidade, a pontuação variou entre 13 e 17 pontos. Três estudos foram classificados como justos e um como fraco.

Todos os estudos têm 8 anos ou menos, tendo sido publicados a partir de 2016, o que evidencia o interesse algo recente e crescente por esta temática.

### 2.2.1 Características da Intervenção

Em todos os artigos foi aplicado um programa de exercício físico, o programa com menor duração incluiu seis semanas de exercício, enquanto o programa de maior duração incluiu trinta e duas semanas. Dois estudos aplicam um programa de exercício físico geral que visa a trabalhar os principais grupos musculares (Souza et al., 2016 Liu et al., 2016). A intervenção do estudo de Souza, Braco, Biagiotto, da Silveira, de Assis, Higino, Leme (2016) está desenhada para que o primeiro dia seja composto por exercícios direcionados a trabalhar a capacidade cardiovascular contando também com exercícios de coordenação, o segundo dia é direcionado para um trabalho de força de resistência e o terceiro dia consiste num treino em circuito que também inclui exercícios de coordenação e propriocepção com foco em tarefas de *dual task*. Com a duração de trinta e duas semanas, o participante tinha sessões de 60 minutos com uma frequência de três vezes por semana (Souza et al., 2016). Já no estudo de Liu, Chen e Wang (2016) foram selecionados, pela principal autora do estudo, dez movimentos de Qigong<sup>5</sup> direcionados para os sintomas e padrões de movimento da DP. Cada movimento era realizado três vezes, demorando aproximadamente 14 a 15 minutos. O programa teve a duração de dez semanas e os participantes tinham sessões cinco vezes por semana que duravam 60 minutos, sendo que os primeiros 10 minutos eram dedicados ao aquecimento, 40 minutos para a prática do Qigong e 10 minutos para o relaxamento final (Liu et al., 2016). No estudo de Oña, Balaguer, Cano-de la Cuerda, Collado-Vázquez e Jardón (2018) a intervenção proposta é aplicada apenas aos membros

---

<sup>5</sup> É uma prática tradicional chinesa que combina movimento, postura, respiração e meditação para melhorar o fluxo de *qi*.

superiores. Foram desenvolvidos, por profissionais de saúde, vários videojogos (*Serious Games* (SG)) que tentam imitar exercícios realizados numa sessão de fisioterapia tradicional como a prensão palmar, flexão-extensão dos dedos das mãos ou a pronação-supinação da mão. Durante seis semanas foram aplicadas sessões de 30 minutos, duas vezes por semana (Oña et al., 2018). Por fim no estudo de Wang, Shieh, Ho, Hu e Wu (2018) a intervenção foi focada em fortalecer os músculos da língua, os músculos submentonianos e os músculos supra-hióides. Isto através da aplicação do Programa OLE que consiste em ciclos de duas repetições de deglutição em seco (saliva) com esforço, duas repetições de projeção da língua para fora seguidas de duas repetições de enrolamento da língua para trás. Uma sessão inclui 25 ciclos e era realizada duas vezes por dia, cinco vezes por semana, durante 12 semanas (Wang et al., 2018).

Relativamente à intensidade da intervenção, o estudo de Souza, Braco, Biagiotto, da Silveira, de Assis, Higino, Leme (2016) menciona que as sessões tinham uma intensidade leve a moderada monitorizada por um monitor de frequência cardíaca (Souza et al., 2016). Já no estudo de Oña, Balaguer, Cano-de la Cuerda, Collado-Vázquez e Jardón (2018) em que foram aplicados os SG é mencionado que os participantes que o necessitaram, foi prestada ajuda manual pelos terapeutas do lado mais afetado. A dificuldade dos exercícios era aumentada, bem como o seu número, à medida que o protocolo avançava, tendo sempre em conta as necessidades particulares de cada participante e respeitando os períodos de repouso para evitar a fadiga (Oña et al., 2018). Relativamente aos restantes dois estudos, não é mencionada qual a intensidade da prática.

À exceção do estudo de Liu, Chen e Wang (2016) que fez três medições, uma antes do início da intervenção, outra intermédia e uma última medição após o fim da intervenção, os restantes estudos fizeram apenas uma medição pré- e pós-intervenção.

Apenas no estudo de Liu, Chen e Wang (2016) é referido que em alguns dos testes, incluindo o teste *Hand-Eye Coordination (Turn-over-Jars)* que avalia a coordenação entre a visão e os movimentos das mãos, o número de participantes que faz a avaliação pré- e pós-intervenção não é o mesmo e não especificam possíveis razões para tal (Liu et al., 2016).

### 2.2.2 Características dos Testes

Relativamente ao teste de Coordenação Óculo-Manual (Virar Frascos ao Contrário) (*Hand-Eye Coordination (Turn-Over-Jars)*) aplicado no estudo de Liu, Chen e Wang

(2016) este tem como objetivo avaliar a coordenação motora dos membros superiores dos participantes. Para este teste foram colocados cinco frascos (250 ml) em linha sobre uma mesa. Cada participante tinha de virar os frascos, um de cada vez e com uma mão de cada vez, o mais rápido possível. O teste é cronometrado com um cronómetro e a avaliação é feita com base no tempo total que o participante leva a virar os frascos (Liu et al., 2016).

Oña, Balaguer, Cano-de la Cuerda, Collado-Vázquez e Jardón (2018) aplicaram os testes *Purdue Pegboard* e o Teste da Caixa e Blocos (*Box and Blocks*) para avaliar a coordenação motora. O teste *Purdue Pegboard* é composto por quatro fases: a primeira consiste em inserir cavilhas num tabuleiro com a mão dominante; a segunda consiste em inserir cavilhas no tabuleiro com a mão não dominante; a terceira consiste em inserir cavilhas com ambas as mãos; e a quarta consiste em efetuar um teste de montagem utilizando ambas as mãos alternadamente. Já o teste da Caixa e Blocos (*Box and Blocks*) consiste em mover o maior número possível de blocos de um compartimento para outro numa caixa de madeira, um a um, durante um minuto e os resultados obtidos para cada mão são comparados (Oña et al., 2018).

Wang, Shieh, Ho, Hu e Wu (2018) recorreram a um sistema de monitorização eletrofisiológica (sistema Biopac MP 100) e o *software AcqKnowledge* para o registo e análise dos dados. Através do sistema Biopac, foi registado simultaneamente os biosinais da deglutição e da respiração, incluindo a eletromiografia de superfície submental (EMGs), o fluxo de ar nasal e a excursão da cartilagem tiroideia, durante a deglutição. Para cada participante foram registadas e analisadas 15 deglutições (3 repetições dos seguintes 5 golos de água: 1, 3, 5, 10 e 20mL) antes e depois do programa OLE de 12 semanas (Wang et al., 2018).

Os autores Souza, Braco, Biagiotto, da Silveira, de Assis, Higino, Leme (2016) para avaliarem a coordenação motora aplicaram alguns dos testes da organização APPHRED. Para avaliar o parâmetro da coordenação a organização APPHRED desenvolveu o teste do refrigerante (*"Soda Pop" Coordination Test*). Para este teste são desenhadas seis marcas a uma distância exata de 12,7 cm uma da outra ao longo de uma linha de fita adesiva sobre a mesa, começando a 6,5 cm de cada extremidade da fita. De seguida, foram colocadas seis tiras de fita adesiva, cada uma com 7,6 cm de comprimento, perpendiculares às tiras de 12,7 cm, centradas nas seis marcas previamente desenhadas. É atribuído um número a cada pequeno "quadrado", começando por 1 para o primeiro quadrado à direita até 6 para o último quadrado à esquerda. O sujeito senta-se confortavelmente em frente à mesa, com o corpo centrado

no diagrama sobre a mesa. A mão preferida é utilizada para este teste. No caso de o participante utilizar a mão direita, as três latas de refrigerante são colocadas na mesa da seguinte forma: a lata 1 é centrada no quadrado 1 (o mais à direita), a lata 2 no quadrado 3 e a lata 3 no quadrado 5. Para iniciar este teste, a mão direita, com o polegar para cima, foi colocada sobre a lata 1 e o arco estava a 100-120 graus em relação à mesa. Quando o tempo começa a contar o participante começa a virar as latas de refrigerante de cabeça para baixo, colocando a lata 1 sobre o quadrado 2, a lata 2 sobre o quadrado 4 e a lata 3 sobre o quadrado 6. Logo de seguida, o participante volta a colocar as três latas, começando pela lata 1, nas suas posições originais. Nesta "viagem de regresso", as latas são agarradas com a mão contrária e de polegar para baixo. Todo este procedimento é realizado duas vezes, sem paragens, e conta como uma tentativa, ou seja, são necessárias duas "viagens" para baixo e para cima para completar uma tentativa. O relógio para quando a última lata de refrigerante volta à sua posição original, após a segunda viagem. O objetivo do teste é realizar a tarefa o mais rápido possível, certificando de que as latas são sempre colocadas sobre o quadrado (Osness & Council on Aging and Adult Development (U.S.), 1990).

### 2.2.3 Principais Resultados e Conclusões

Em três dos estudos elegíveis para esta revisão é mencionada uma melhoria na coordenação motora. Foi obtida uma redução de 19%, na variável tempo, entre a avaliação pré- e pós-intervenção, no estudo de Souza, Braco, Biagiotto, da Silveira, de Assis, Higino, Leme (Souza et al., 2016), o que revela uma possível melhoria na coordenação motora (Souza et al., 2016). Oña, Balaguer, Cano-de la Cuerda, Collado-Vázquez e Jardón (2018) também verificaram uma melhoria geral na destreza manual grossa e fina e na coordenação óculo-manual através dos testes *Purdue Pegboard* e da Caixa e Blocos (*Box and Blocks*) (Oña et al., 2018). No estudo de Liu, Chen e Wang (2016) são feitas três medições ao longo de todo o período da experiência: a primeira medição é realizada uma semana antes de se iniciar a intervenção, uma medição intermédia é aplicada quatro a cinco semanas após o início da intervenção e uma última medição logo após o período da intervenção (dez semanas). Da primeira para a segunda medição apesar de se observar uma tendência para a melhoria da coordenação, não se verificam diferenças estatisticamente significativas. Na terceira e última medição já foi possível verificar uma melhoria na coordenação óculo-manual. Isto poderá indicar que um período de intervenção mais longo pode afetar significativamente os resultados (Liu et al., 2016). Já no estudo de Wang, Shieh, Ho, Hu e Wu (2018) é

referido que apenas se se observar os dados em conjunto é que é possível de se afirmar que existe uma melhoria na coordenação entre a deglutição e a respiração. Isto porque olhando para as medições em separado não se verificam diferenças significativas (Wang et al., 2018). Contudo é possível de se verificar que em todos os estudos se encontram resultados positivos no que toca à diminuição dos sinais e sintomas da DP.

### **2.3 Discussão**

O objetivo desta revisão é rever, analisar e sistematizar os efeitos do exercício físico na coordenação motora em indivíduos com a DP. Foram incluídos 4 estudos de diferentes países, entre eles Espanha, Brasil, Países Baixos e Estados Unidos. Tendo em conta que as datas de publicação são entre 2016 e 2018, pode-se afirmar que este é um tema de estudo recente, podendo justificar o número reduzido de artigos elegidos. Este é, então, um tema que necessita de mais investigação. Além disso, as classificações de fraco e justo obtidas na avaliação da qualidade dos estudos, diz-nos que estes apresentam uma metodologia que atende a muitos critérios importantes, mas que apresentam algumas limitações significativas o que conseqüentemente obriga a um maior cuidado na interpretação dos resultados. Todos os estudos utilizaram métodos de avaliação da coordenação motora diferentes como o *Purdue Pegboard*, Caixa e Blocos (*Box and Blocks*), teste Coordenação óculo-manual (Virar Frascos ao Contrário) (*Hand-Eye Coordination (Turn-over-Jars)*), os testes APPHERD (Osness & Council on Aging and Adult Development (U.S.), 1990) e a utilização de instrumentos como o sistema de monitorização eletrofisiológica que fornece dados que foram analisados através de uma análise matemática linear. Estes resultados indicam a possibilidade de avaliação da coordenação motora, nesta população, recorrendo a várias metodologias. Não obstante é importante denotar que os métodos que se baseiam apenas em análise quantitativa linear estão apenas direcionados para o produto e não para o processo (Camomilla et al., 2018). Recentemente, os avanços tecnológicos e metodológicos têm permitido a análise do comportamento motor, incluindo da coordenação motora, através de métodos não lineares direcionados para a análise da qualidade do movimento (Brígida, 2023; Brígida et al., 2024) incluindo em condições clínicas como a fibromialgia. Considerando estas novas possibilidades de recolha e tratamento de dados, bem como as vantagens das mesmas, no futuro será pertinente utilizar tratamento não linear, e.g., análise de recorrência, expoente de Lyapunov ou entropia, na avaliação da coordenação motora em pessoas com DP.

Os quatro estudos revistos incluíram amostras de tamanho pequeno, entre 1 e 54 participantes, desta forma, além de serem poucos os estudos que estudarem esta temática a amostra também não é representativa da população em estudo. Estes resultados representam uma ameaça à validade externa dos estudos, pelo que no futuro se aconselha a inclusão de uma amostra de tamanho grande, idealmente, representativa da população. Estas fragilidades metodológicas acabam igualmente por reforçar a importância e pertinência da realização de mais estudos no âmbito da coordenação motora com DP.

Um programa de exercício físico direcionado para indivíduos com a DP deve envolver exercícios que trabalhem a capacidade cardiovascular, força e resistência muscular, treino neuromotor e controlo motor (ACSM, 2021). Segundo o ACSM (2021) as recomendações de frequência e intensidade aplicada na sessão de treino para cada uma destas componentes são de 3 a 4 vezes por semana com intensidade alta (80% - 85% da frequência cardíaca máxima) para a componente cardiovascular em indivíduos na fase inicial da doença. Para o trabalho de força e resistência muscular é recomendada uma frequência de 2 a 3 vezes por semana, com intensidade de 30% - 60% 1RM para indivíduos que estejam a começar. Para a componente de flexibilidade recomenda-se o treino 2 a 3 vezes ou mais por semana, sendo que o treino diário desta componente trará mais benefícios, recomendando-se ainda que os movimentos sejam realizados na total amplitude até o praticante sentir algum desconforto. Por fim as recomendações para o treino neuromotor são de 2 a 3 vezes por semana e não existe recomendação de intensidade aplicada (ACSM, 2021). O que se verifica, ao analisar as metodologias de intervenção é que apenas um dos quatro estudos aplica um programa de exercício físico em que são aplicados movimentos que necessitam de todos os grupos musculares, é feito um planeamento das sessões e obedece às recomendações de frequência e intensidade do ACSM (ACSM, 2021; Souza et al., 2016). Os restantes estudos além de não mencionarem a intensidade dos exercícios propostos também não são aplicados programas de exercício em que são trabalhadas todas as componentes recomendadas pelo ACSM (2021).

Considerando que o principal objetivo desta revisão consistiu em investigar quais os efeitos do exercício na coordenação motora em indivíduos com a DP e, tendo em conta o número reduzido de estudos elegidos e a sua heterogeneidade tanto na avaliação da coordenação como na aplicação do programa, sugere-se que em estudos futuros seja feita uma avaliação mais específica e direcionada para a coordenação motora. Esta avaliação deverá idealmente incluir análises estatísticas não lineares, de forma a se

obterem resultados mais objetivos e se poderem retirar conclusões mais concretas, ajudando assim a compreender melhor este tema.

Analisando as conclusões dos estudos incluídos nesta revisão, pode-se identificar que a prática de exercício físico ajuda na melhoria de alguns dos sinais e sintomas da DP como a disfagia<sup>6</sup>, capacidade cardiorrespiratória, perceção da dor, equilíbrio, força, coordenação, coordenação óculo-manual, flexibilidade, agilidade, rigidez muscular e capacidade funcional da marcha (Liu et al., 2016; Oña et al., 2018; Souza et al., 2016; Wang et al., 2018). Relativamente à coordenação motora, encontram-se melhorias, mas existem limitações na comparação entre estudos dada a heterogeneidade das metodologias de avaliação, bem como na validade externa dos resultados devido ao tamanho pequeno das amostras analisadas. Importa ainda referir que todos os estudos incluem indivíduos que estão em fases iniciais da doença, pelo que as suas conclusões não são representativas nem transversais a todos os indivíduos com DP (Liu et al., 2016; Oña et al., 2018; Souza et al., 2016; Wang et al., 2018).

## **2.4 Conclusões**

Considerando que todos os estudos analisados aplicam programas de exercício distintos e que em todos eles se verificaram melhorias na coordenação motora, podemos concluir que existem várias formas de exercício físico (por exemplo o Qigong, treino em circuito ou através da participação em videojogos), capazes de proporcionar benefícios para esta população. Relativamente aos métodos de avaliação da coordenação motora, sugere-se que em estudos futuros sejam utilizadas metodologias de análise mais direcionadas para o processo e controlo do movimento ao longo do tempo, nomeadamente tratamento não linear (Brígida, 2023; Camomilla et al., 2018). Sugere-se ainda que sejam criadas metodologias mais minuciosas que mencionem de que forma foi adquirida a amostra, em que condições foi aplicado o programa de exercício físico, que exercícios foram aplicados e qual a sua frequência, duração e intensidade.

Este é um tema que necessita de ser mais estudado de forma a se poder compreender melhor de que forma é que a aplicação de um programa de exercício físico, estruturado, que trabalha várias componentes como a capacidade cardiovascular, força, força resistente, flexibilidade e treino neuromotor vai influenciar, em específico, a coordenação motora em indivíduos diagnosticados com a DP, não só aqueles que estão

---

<sup>6</sup> Dificuldade em engolir alimentos líquidos.

em fases iniciais da doença como também os que se encontram em fases mais avançadas, tendo sempre em conta as limitações associadas.

## 2.5 Referências

ACSM (Ed.). (2021). *ACSM's guidelines for exercise testing and prescription* (Eleventh edition). Wolters Kluwer.

Alberts, J. L., & Rosenfeldt, A. B. (2020). The Universal Prescription for Parkinson's Disease: Exercise. *Journal of Parkinson's Disease*, 10(s1), S21–S27. <https://doi.org/10.3233/JPD-202100>

American College of Sports Medicine, Liguori, G., Feito, Y., Fountaine, C. J., & Roy, B. (Eds.). (2022). *ACSM's guidelines for exercise testing and prescription* (Eleventh edition). Wolters Kluwer.

Bernshtein, N. A. (1967). *The co-ordination and regulation of movements* ([1st English ed.]). Pergamon Press.

Brígida, N. (2023). *ANALYSIS OF THE COMPLEXITY AND VARIABILITY OF FINE AND GROSS MOTOR TASKS IN FIBROMYALGIA PATIENTS: PRECISION AND RETROSPECTIVE CROSS-SECTIONAL STUDIES*.

Brígida, N., Catela, D., Mercê, C., & Branco, M. (2024). *Variability of gross and fine motor control in different tasks in fibromyalgia patients*. 8.

Camomilla, V., Bergamini, E., Fantozzi, S., & Vannozzi, G. (2018). Trends Supporting the In-Field Use of Wearable Inertial Sensors for Sport Performance Evaluation: A Systematic Review. *Sensors*, 18(3), 873. <https://doi.org/10.3390/s18030873>

Chung, C. L. H., Thilarajah, S., & Tan, D. (2016). Effectiveness of resistance training on muscle strength and physical function in people with Parkinson's disease: A systematic review and meta-analysis. *Clinical Rehabilitation*, 30(1), 11–23. <https://doi.org/10.1177/0269215515570381>

de Carvalho, A. O., Filho, A. S. S., Murillo-Rodriguez, E., Rocha, B., Carta, M. G., & Machado, S. (2018). *Physical Exercise For Parkinson's Disease: Clinical And Experimental Evidence*. 10.

Earhart, G. M., & Falvo, M. J. (2013). Parkinson Disease and Exercise. Em R. Terjung (Ed.), *Comprehensive Physiology* (p. c100047). John Wiley & Sons, Inc. <https://doi.org/10.1002/cphy.c100047>

Haibach-Beach, P. S., Reid, G., & Collier, D. H. (2018a). *Motor learning and development* (Second edition). Human Kinetics.

Haibach-Beach, P. S., Reid, G., & Collier, D. H. (2018b). *Motor learning and*

- development* (Second edition). Human Kinetics.
- Liu, X., Chen, S., & Wang, Y. (2016). Effects of Health Qigong Exercises on Relieving Symptoms of Parkinson's Disease. *EVIDENCE-BASED COMPLEMENTARY AND ALTERNATIVE MEDICINE*, 2016. <https://doi.org/10.1155/2016/5935782>
- Mancini, M., Horak, F. B., & Nutt, J. G. (2020). *Balance dysfunction in Parkinson's disease: Basic mechanisms to clinical management*. Elsevier/Academic Press.
- Matheis, M., & Estabillo, J. A. (2018). Assessment of Fine and Gross Motor Skills in Children. Em J. L. Matson (Ed.), *Handbook of Childhood Psychopathology and Developmental Disabilities Assessment* (pp. 467–484). Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-93542-3\\_25](https://doi.org/10.1007/978-3-319-93542-3_25)
- Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J., Altman, D. G., & The PRISMA Group. (2009). Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses: The PRISMA Statement. *PLoS Medicine*, 6(7), e1000097. <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1000097>
- Oña, E. D., Balaguer, C., Cano-de la Cuerda, R., Collado-Vázquez, S., & Jardón, A. (2018). Effectiveness of Serious Games for Leap Motion on the Functionality of the Upper Limb in Parkinson's Disease: A Feasibility Study. *Computational Intelligence and Neuroscience*, 2018, 7148427. <https://doi.org/10.1155/2018/7148427>
- Osness, W. H., & Council on Aging and Adult Development (U.S.) (Eds.). (1990). *Functional fitness assessment for adults over 60 years: A field based assessment*. American Alliance for Health, Physical Education, Recreation, and Dance, Association for Research, Administration, Professional Councils, and Societies, Council on Aging and Adult Development.
- Poewe, W., Seppi, K., Tanner, C. M., Halliday, G. M., Brundin, P., Volkman, J., Schrag, A.-E., & Lang, A. E. (2017). Parkinson disease. *Nature Reviews Disease Primers*, 3(1), 17013. <https://doi.org/10.1038/nrdp.2017.13>
- Souza, A., Braco, S., Biagiotto, P., da Silveira, M., de Assis, W., Higino, W., & Leme, J. (2016). EFFECTS OF PARTICIPATION IN PHYSICAL TRAINING PROGRAM FOR PATIENT WITH PARKINSON'S DISEASE: A CASE REPORT. *BIOSCIENCE JOURNAL*, 32(3), 773–780.
- Sutoo, D., & Akiyama, K. (2003). Regulation of brain function by exercise. *Neurobiology of Disease*, 13(1), 1–14. [https://doi.org/10.1016/S0969-9961\(03\)00030-5](https://doi.org/10.1016/S0969-9961(03)00030-5)
- Tiago, M. S. F., Almeida, F. O., Santos, L. S., & Veronezi, R. J. B. (2001). Instrumentos de avaliação de qualidade de vida na doença de Parkinson. *Revista Neurociências*, 18(4), 538–543. <https://doi.org/10.34024/rnc.2010.v18.8437>

Tolosa, E., Garrido, A., Scholz, S. W., & Poewe, W. (2021). Challenges in the diagnosis of Parkinson's disease. *The Lancet Neurology*, 20(5), 385–397. [https://doi.org/10.1016/S1474-4422\(21\)00030-2](https://doi.org/10.1016/S1474-4422(21)00030-2)

Wang, C., Shieh, W., Ho, C., Hu, Y., & Wu, Y. (2018). Home-Based Orolingual Exercise Improves the Coordination of Swallowing and Respiration in Early Parkinson Disease: A Quasi-Experimental Before-and-After Exercise Program Study. *FRONTIERS IN NEUROLOGY*, 9. <https://doi.org/10.3389/fneur.2018.00624>

Xu, X., Fu, Z., & Le, W. (2019). Exercise and Parkinson's disease. Em *International Review of Neurobiology* (Vol. 147, pp. 45–74). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/bs.irn.2019.06.003>

## CAPÍTULO 3

### ANÁLISE DA QUANTIFICAÇÃO DA RECORRÊNCIA EM TAREFAS DE MOTRICIDADE FINA E GROSSA EM DOENTES DE PARKINSON

### **3. Introdução**

A doença de Parkinson (DP) é a segunda doença neurodegenerativa mais comum depois da doença de Alzheimer (Earhart & Falvo, 2013) e a mais comum que afeta o movimento (Balestrino & Schapira, 2020).

Existem alguns sinais e sintomas motores e não motores mais comuns à DP. A deficiência cognitiva, disfunção autonómica, perturbações do sono, depressão e hiposmia (perda parcial do olfato) são alguns dos sintomas não motores (Poewe et al., 2017). Os principais sintomas motores mais comuns incluem o tremor, bradicinesia (hipocinesia ou acinesia), rigidez muscular e instabilidade postural. Além destes, os indivíduos com DP também têm outros tipos de distúrbios motores típicos, incluindo marcha congelada, padrões de marcha alterados e perturbações coordenação motora (Feng et al., 2020). Os sintomas motores aparecem geralmente de um lado do corpo e depois afetam o lado oposto em poucos anos (Xu et al., 2019).

A coordenação motora resulta da ligação entre vários fatores como a tarefa, movimento e o ambiente envolvente (Newell, 1986). Bernstein (1967) definiu a coordenação motora como sendo o domínio dos muitos graus de liberdade que existem num determinado movimento de forma a diminuir a complexidade de uma tarefa, chegar a um padrão de movimento e atingir um objetivo. Tradicionalmente, a coordenação motora é dividida em dois grandes tipos: i) motricidade grossa - refere-se a tarefas que necessitem da participação de grandes grupos musculares, os movimentos tendem a ser grandes e de pouca precisão, por exemplo, sentar e levantar de uma cadeira; e, ii) motricidade fina - refere-se a tarefas em que os movimentos são precisos e de grande controlo, onde são utilizados grupos musculares mais pequenos como, por exemplo, escrever (Haibach-Beach et al., 2018b).

Com a avaliação da capacidade motora fina obtêm-se dados essenciais sobre os sistemas neuromusculares, principalmente quando estão envolvidas doenças neurodegenerativas como a DP (De Maio et al., 2022). Apesar de ainda se saber pouco sobre a correlação entre as capacidades motoras finas e a cognição desta doença, já se pode admitir que estes estão fortemente associados um ao outro (Dahdal et al., 2016; De Maio et al., 2022). O *Finger Tapping Test* (FTT) é um dos testes usados como medida das capacidades motoras finas em doenças neurodegenerativas como a Demência, o Alzheimer e a DP (Roalf et al., 2018; Suzumura et al., 2016).

O levantar e sentar numa cadeira é uma tarefa diária importante e é utilizada como medida para avaliar a capacidade motora de motricidade grossa na DP (Malling et al., 2019).

A coordenação motora pode ser estudada usando vários métodos, incluindo lineares e não lineares. Novos métodos não lineares estão a surgir e baseiam-se numa abordagem dinâmica que tem como objetivo identificar os atratores na oscilação do movimento. Estes métodos tentam identificar padrões e modos de comportamento, principalmente quando o sistema está em transição entre dois modos de comportamento. Um dos métodos não lineares mais utilizados é a Análise de Quantificação de Recorrência (RQA - *Recurrence Quantification Analysis*). Esta é uma técnica não linear e multidimensional que verifica pontos recorrentes, ou seja, pontos que estão mais próximos uns dos outros, também conhecidos como pontos vizinhos, através da reconstrução de séries temporais no espaço. Esta análise permite-nos também processar resultados que, por sua vez, possibilitam o estudo de sistemas dinâmicos ao longo do tempo e a forma como estes se comportam no processo (Mercê, 2017).

Objetivos específicos:

- Analisar a quantificação da recorrência em tarefas de motricidade grossa em doentes de Parkinson.
- Analisar a quantificação da recorrência em tarefas de motricidade fina em doentes de Parkinson.

### **3.1 Métodos**

#### **3.1.1 Amostra**

O estudo teve lugar no Hospital da Horta e num ginásio, localizados na ilha do Faial e no Centro de Saúde da Madalena, na ilha do Pico, ambas pertencentes à Região Autónoma dos Açores. Foram incluídos 22 adultos no estudo com idades compreendidas entre os 55 e os 78 anos. Foram divididos em 2 grupos: grupo de Parkinson (GP) constituído por 11 elementos (3 do sexo feminino e 8 do sexo masculino) diagnosticados com a doença de Parkinson e o grupo de típico (GT) composto por 11 elementos (3 do sexo feminino e 8 do sexo masculino) sem doenças neurológicas diagnosticadas ou outras, emparelhados em sexo e idade. No GP encontramos 9 sujeitos em que a mão dominante é a direita e outros 2 em que é a esquerda, os sujeitos

estão classificados na escala de *Hoehn and Yahr* entre 2 e 4. Estas características foram recolhidas através da aplicação prévia de um inquérito aos participantes e por dados fornecidos pela neurologista do Hospital da Horta. Nos anexos 1 e 2 podemos observar em tabela as características recolhidas dos sujeitos.

<b>Grupo</b>	<b>Idade</b>	
	Média	Desvio Padrão
<b>Grupo Parkinson</b>	69,55	7,74
<b>Grupo Típico</b>	69,09	6,95

*Tabela 4 Caracterização da Amostra*

Os participantes foram incluídos no estudo após terem assinado o consentimento informado que foi aprovado pela (Nº 6ª-2023ESDRM) Comissão de Ética do Instituto Politécnico de Santarém e pela Comissão de Ética do Hospital da Horta (12/2022).

### 3.1.2 Procedimentos e Protocolos

O questionário IPAQ (*International Physical Activity Questionnaire*) foi utilizado para avaliar o nível de atividade física de cada sujeito (Tomioka et al., 2011).

Para avaliar a coordenação motora de motricidade fina, foi pedido aos sujeitos que realizassem o *Finger Tapping Test* (FTT), executando cinco ensaios à velocidade máxima durante dez segundos, em cada mão (Goldstein & Naglieri, 2011). Para recolher os dados durante o FTT, registaram-se todos os ensaios com um sensor inercial personalizado do tipo MEMS modelo MPU9250 (TDK InvenSense, California, USA), medindo a aceleração linear e a velocidade angular com base num programa específico para este sensor. Foi utilizada uma dedeira de borracha para fixar o sensor inercial na falange distal do segundo dedo (Figura 2 - a). Os dados foram enviados para o computador (MacBook Air, versão 12.6.3) via Bluetooth e foram recebidos através de um terminal de série (ponto final de ligação) no *software* BluTerm (© Daniele Candotti, versão 1.3.2). Os dados foram guardados num ficheiro de texto (.txt) e posteriormente tratados em MATLAB (MATHWORKS, R2022a) e SPSS (IBM, versão 29).

Para avaliar a coordenação motora de motricidade grossa, os participantes realizaram o teste *chair – stand* (Sentar – levantar (SL)) de 30 segundos da cadeira (Rikli & Jones, 2013b), onde tiveram de ficar de pé e sentar-se numa cadeira o maior número de vezes possível durante 30 segundos, com os braços cruzados acima do peito, com o sensor colocado imediatamente acima do côndilo lateral do fémur (Figura 2 - b).

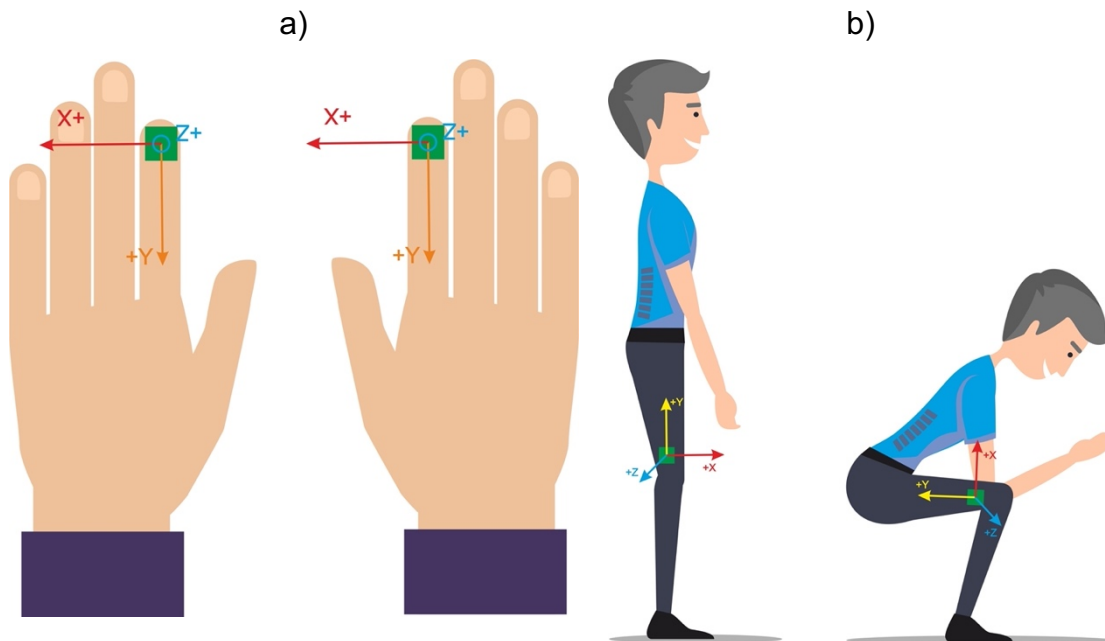


Figura 2 a - Sensor Inercial Teste FTT; b - Sensor Inercial Teste SL

Os dois testes foram realizados durante o dia e os participantes mantiveram a sua rotina de medicação normal, fazendo com que todos tivessem pelo menos uma toma da medicação no momento dos testes. Os participantes do grupo de intervenção estavam todos em ON-state<sup>7</sup> quando foram realizados os testes.

### 3.1.3 Tratamento dos Dados

Para a Análise da Quantificação da Recorrência (AQR), o ficheiro de dados foi aberto no MATLAB, procedendo-se com o tratamento de acordo com os seguintes passos:

- Corte do início e fim da tarefa a partir dos dados em bruto: os critérios de início e final do FTT foi realizado, em todos os ficheiros das recolhas, como momento inicial o primeiro pico detetado, equivalente à primeira batida com o dedo na mesa e o momento final é contabilizado dez segundos após a primeira batida. Para o SL foi considerado o início do levantar e o fim 30 segundos após;

<sup>7</sup> Termo utilizado referente aos pacientes sob o efeito da medicação.

- Aplicação de um filtro digital do tipo *Butterworth* com uma frequência de corte de 15Hz e de ordem 4;
- Cálculo da Informação Mútua Média (*Average Mutual Information – AMI*);
- Cálculo da Falsa vizinhança mais próxima (*False Nearest Neighbor – FNN*), para determinação do número de dimensões embebidas<sup>8</sup> (*Embedding Dimensions*) nos dados;
- Cálculo da Recorrência, considerando os dois dados anteriores (AMI e FNN), com raio 10%<sup>9</sup>;
- Cálculo de Entropia Relativa;
- Cálculo do Determinismo;
- Construção do gráfico de recorrência (para melhor visualização da recorrência a imagem foi modificada com -50 de luminosidade e +100% de contraste).

A interpretação dos dados acontece através de uma análise semi-quantitativa dos gráficos de recorrência de acordo com (Marwan et al., 2007a). E de uma análise estatística inferencial. Para a análise estatística inferencial foram realizados testes de correlação do Rho Spearman para avaliar a associação entre as variáveis de recorrência com os níveis de atividade física, as características das tomas da medicação e o nível da doença.

---

<sup>8</sup> No caso de apenas ter sido medida uma série temporal escalar, o espaço de fase tem de ser reconstruído, por exemplo, através da técnica de incorporação de atrasos. No entanto, a incorporação pode causar uma quantidade considerável de correlações espúrias no sistema considerado, que são depois refletidas no PR. Este efeito pode até produzir estruturas distintas orientadas diagonalmente num PR de uma série temporal de valores não correlacionados se a incorporação for elevada, embora as estruturas diagonais devam ser extremamente raras para esses dados não correlacionados. Se a dimensão de incorporação for, por exemplo, inadequadamente elevada, aparecerão no PR linhas diagonais longas e espúrias. Para evitar este problema, os parâmetros de incorporação devem ser escolhidos cuidadosamente ou, em alternativa, devem ser utilizadas medidas de quantificação que sejam independentes da dimensão de incorporação (Marwan et al., 2007a).

<sup>9</sup> Um parâmetro crucial de um PR é o limiar  $\epsilon$ . Por conseguinte, é necessário prestar especial atenção à sua escolha. Se  $\epsilon$  for escolhido demasiado pequeno, podem não haver quase pontos de recorrência e não se pode aprender nada sobre a estrutura de recorrência do sistema subjacente. Por outro lado, se  $\epsilon$  for escolhido demasiado grande, quase todos os pontos são vizinhos de todos os outros pontos, o que dá origem a muitos artefactos. Um  $\epsilon$  demasiado grande inclui também pontos na vizinhança que são simples pontos consecutivos na trajetória. Este efeito é designado por movimento tangencial e origina estruturas diagonais mais espessas e mais longas nos PRs, tal como elas são na realidade. Na literatura, foram defendidas várias "regras de ouro" para a escolha do limiar  $\epsilon$ , por exemplo, foi sugerido um valor de alguns por cento do diâmetro máximo do espaço de fase. Além disso, não deve exceder 10% do diâmetro médio ou máximo do espaço de fase (Marwan et al., 2007a).

### 3.2 Apresentação e Discussão dos Dados

Numa análise geral dos gráficos verificam-se diferenças entre os dois testes. No teste SL predominam grandes linhas (maxline e meanline), enquanto no teste FTT predomina o padrão de tabuleiro de xadrez e algumas linhas verticais e horizontais (laminaridade).

#### 3.2.1 Teste Levantar – Sentar (SL)

Com base nos resultados apresentados na Figura 3 e realizando uma análise semi-quantitativa dos dados, observa-se que no GT (Figura 3 – a) existem várias linhas com o comprimento médio bastante extenso, o que significa que o sistema percorre com mais frequência determinados locais no espaço de fase, refletindo uma forte estrutura rítmica nos dados (Riley et al., 1999).



Figura 3. Gráfico de Recorrência de um Sujeito do Grupo Típico (a - S21) e de um Sujeito do Grupo Parkinson (b – S03) na Execução do teste SL no Plano Sagital.

Ao contrário do GP (Figura 3 – b) em que se observam muitos espaços em branco e as linhas estão mais fragmentadas, significando que o sistema visita com menos frequência determinado local, ou seja, que transita frequentemente entre diferentes estados (Marwan & Webber, 2015). À exceção dos sujeitos S01, S06 e S07 que ainda apresentam um padrão de movimento muito idêntico ao GT. Estes resultados podem dever-se ao facto do S01 ser o único do GP a praticar exercício físico regular e os sujeitos S06 e S07 terem mais que 1 toma da medicação feita aquando da realização da testagem. Nos restantes sujeitos, onde já se encontram menos linhas, pode significar que estes fazem o movimento tendencialmente de forma aleatória, ou seja, eles não

visitam locais no espaço que usaram anteriormente, o que pode indicar que o sistema tem dificuldade em preservar referências internas, que lhe permitam reencontrar trajetórias espaciais já visitadas no passado, aquando da repetição anterior do movimento. O movimento no espaço já não é do tipo determinístico, como se verifica nos sujeitos do GT (Riley et al., 1999).

Analisando a Figura 4 consegue-se perceber que os sujeitos mostram padrões muito semelhantes apesar do S01 pertencer ao GP e o S21 pertencer ao GT. Ambos apresentam linhas diagonais longas, pouco fragmentadas e com pouco espaço entre elas. Estes sujeitos ao fazerem o movimento percorrem sempre o mesmo trajeto, ou seja, revisitam com mais frequência mais locais no espaço. Estes resultados no S01 podem dever-se ao facto do sujeito se encontrar num estado ligeiro da doença, mas também devido à sua prática regular de exercício físico. Ao praticar exercício físico em ginásio, o S01 acaba por ter a sua motricidade grossa constantemente a ser atualizada e por isso percebe-se que este sujeito parece estar a conseguir controlar a evolução da doença.

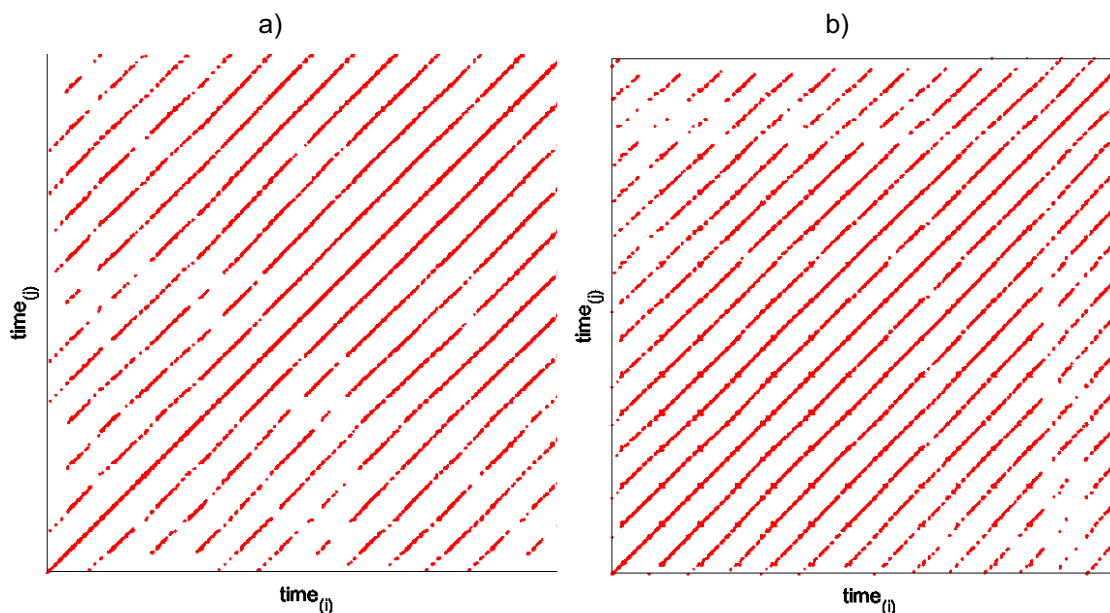
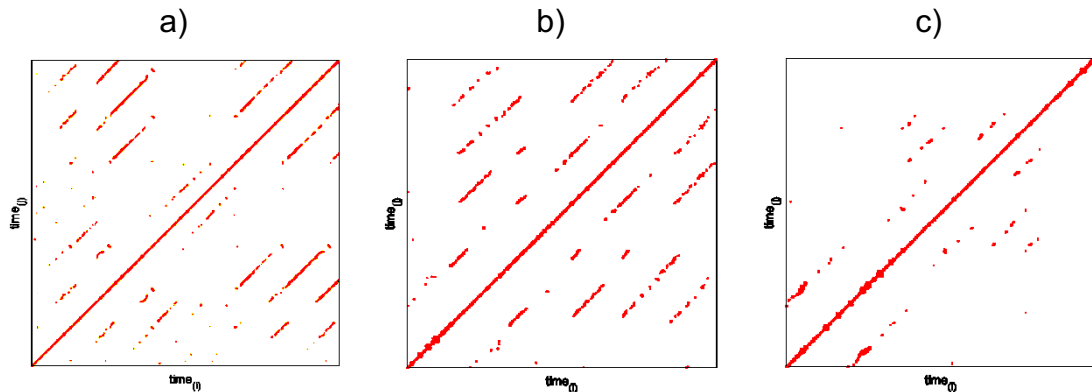


Figura 4. Gráfico de Recorrência do Sujeito do Grupo Típico (a – S21) e do Sujeito do Grupo Parkinson (b – S01) na Execução do Teste SL no Plano Sagital.

Os sujeitos S02, S03 e S04 (Figura 5) apresentam gráficos em que se observam linhas diagonais muito curtas e com bastante espaçamento entre si. Já não visitam com tanta frequência os mesmos locais no espaço, mostrando um sistema que se encontra, possivelmente, em transição (Marwan & Webber, 2015). Os gráficos dos sujeitos S02 e

S03 são mais semelhantes e isto pode dever-se ao facto de estarem ambos em estados ligeiros da doença, ao contrário do sujeito S04 que já se encontra num estado moderado e além disso já tinha passado mais tempo desde a sua última toma da medicação e por isso se observam ainda menos linhas e mais pontos isolados, dizendo-nos que este é um sistema, provavelmente, mais aleatório (Marwan et al., 2007b).



*Figura 5 Gráfico de Recorrência dos Sujeitos do Grupo Parkinson (a - S02), (b - S03) e (c - S04) na Execução do Teste SL no Plano Sagital.*

Na Figura 6 observa-se que as linhas do gráfico já não são tão paralelas à grande diagonal, em certas zonas começam a abaular. Este abaulamento significa a perda da capacidade de manter a regularidade do movimento. Isto pode querer dizer que este sujeito (S07) se encontra em transição de fase ou seja, já não revisita de modo tão próximo locais no espaço para um mesmo momento deste movimento (realizado de modo cíclico, isto é, sentar levantar vezes seguidas), mas ainda se encontra com alguma regularidade na vizinhança desses locais (Marwan et al., 2007a); isto é, ainda consegue preservar em memória alguns locais visitados recentemente no espaço onde decorre o movimento. Curiosamente este sujeito, apesar de ter apenas 58 anos, encontra-se numa fase avançada da doença e tem historial de um familiar diagnosticado com doença degenerativa.

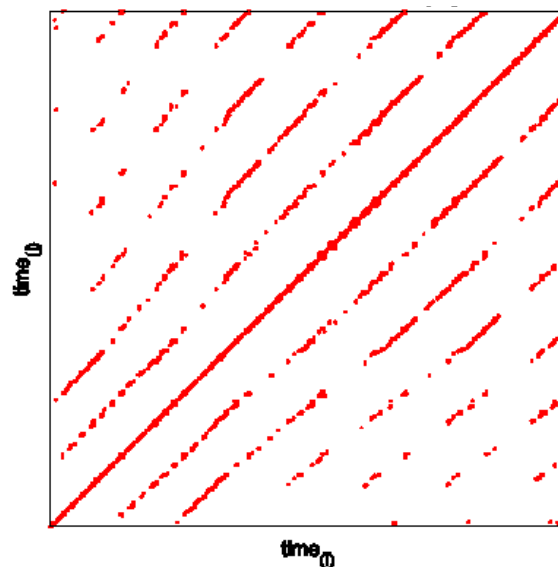


Figura 6. Gráfico de Recorrência do Sujeito do Grupo Parkinson (S07) na Execução do Teste SL no Plano Sagital.

Na Figura 7 observa-se os gráficos dos sujeitos S09 e S10 que apresentam algum fracionamento do movimento. Provavelmente, são movimentos cada vez mais sujeitos a degenerescências intrínsecas da capacidade de controlo. Os pontos estão-se a dispersar no espaço, de tal forma que deixa de se conseguir controlar o movimento, ou seja, este deixa de ser feito com uma ritmicidade segura e própria. Estes sujeitos não revisitam praticamente espaços nenhuns com regularidade. Consegue-se visualizar, também, alguma laminaridade<sup>10</sup> no canto inferior esquerdo de ambos os sujeitos. Existe uma grande concentração de pontos, porque o sistema destes sujeitos se refugia naqueles lugares do espaço de fase. Isto quer dizer que há uma estagnação, do sistema, no tempo (Riley et al., 1999).

---

<sup>10</sup> Linha vertical (horizontal) marca um intervalo de tempo em que um sistema não se altera ou se altera muito lentamente. Assim, o sistema fica retido durante algum tempo. Este é um comportamento típico dos estados laminares (intermitência) (Marwan et al., 2007b).

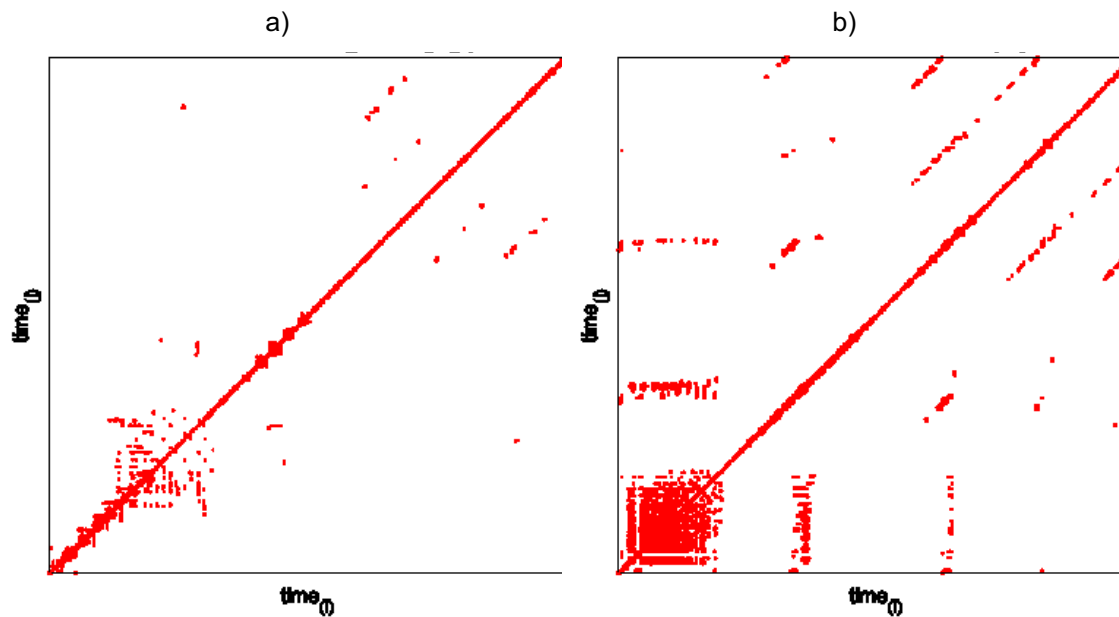


Figura 7. Gráfico de Recorrência dos Sujeitos do Grupo Parkinson (a - S09) e (b - S10) na Execução do Teste SL no Plano Sagital.

Os sujeitos S12 e S13 começam a apresentar um esbatimento dos pontos<sup>11</sup>, do centro para a periferia, sendo que no S12 este é mais acentuado. Este esbatimento significa que enquanto alguns locais no espaço permanecem revisitados com suficiente proximidade, outros não, como se quem executa o movimento tentasse preservar alguns referenciais espaciais para poder controlar o movimento. Juntamente com o S14 pode-se verificar alguma fragmentação das linhas diagonais e mais algum espaçamento entre elas, o que quer dizer que estes sujeitos também estão em transição de fase, provavelmente, decorrente do normal processo de envelhecimento do organismo (Marwan & Webber, 2015; Riley et al., 1999). Até que ponto tal pode indicar necessidade de maior atenção à sua capacidade de autonomia postural, desconhece-se; mas em tais casos poderá ser interessante complementar esta informação com um teste funcional, como o do alcançar funcional (Duncan et al., 1990).

<sup>11</sup> Tendência do gráfico para empalidecer com o aumento da distância em relação à diagonal principal (quanto mais longe da diagonal, menor o número de pontos). Indica que o sistema contém uma tendência ou um desvio (Riley et al., 1999).

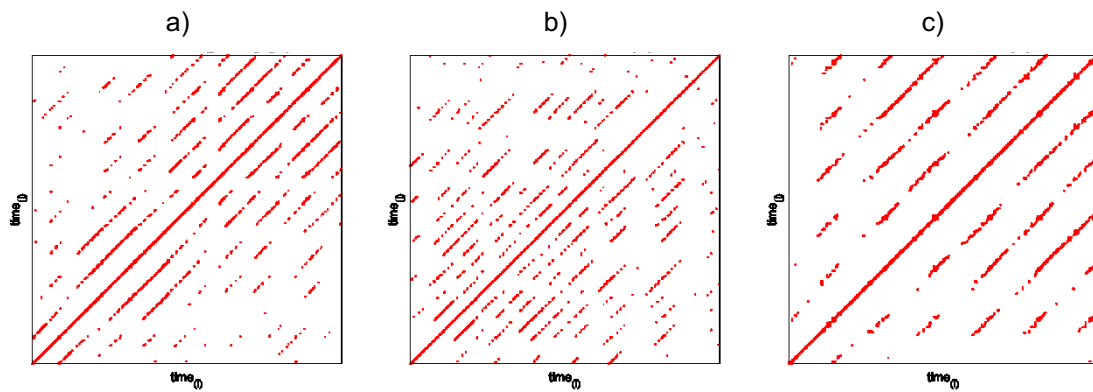


Figura 8. Gráfico de Recorrência dos Sujeitos do Grupo Típico (a - S12), (b - S13) e (c - S14) na Execução do Teste SL no Plano Sagital.

A Figura 9 e Figura 10 mostram os gráficos dos sujeitos S15, S16, S17, S18 e S19 que pertencem ao GT, estes apresentam algumas linhas diagonais com pouco espaçamento entre si, mas mais refratadas. Consegue-se também observar algum abaloamento das mesmas em alguns sujeitos e algumas bandas brancas. Isto diz-nos que o sistema destes indivíduos além de não visitar os mesmos espaços no tempo também estão a perder a capacidade de manter a regularidade do movimento, ou seja, que estão em mudança de estado (Marwan et al., 2007a; Riley et al., 1999). Como apresentam resultados parecidos pode-se pressupor que se encontram em estados semelhantes.

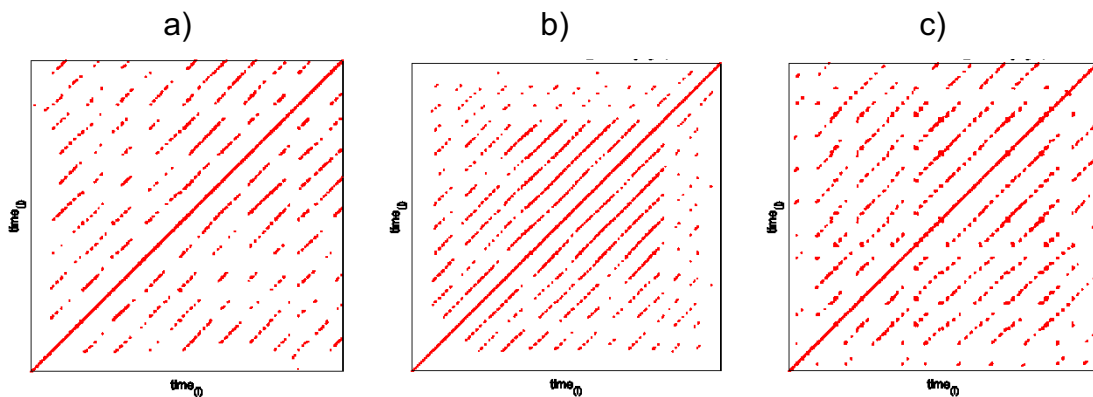


Figura 9 Gráfico de Recorrência dos Sujeitos do Grupo Típico (a - S15), (b - S16) e (c - S17) na Execução do Teste SL no Plano Sagital.

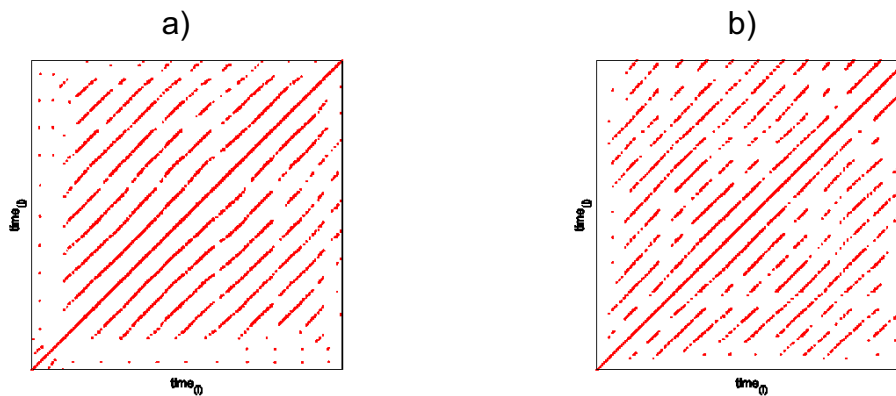


Figura 10 Gráfico de Recorrência dos Sujeitos do Grupo Típico (a - S18) e (b - S19) na Execução do Teste SL no Plano Sagital

Os sujeitos S20 e S22 são os únicos do GT que apresentam um padrão tipo xadrez. Isto reflete um sistema que visita diferentes áreas do atrator<sup>12</sup> e vai alternando entre elas (Riley et al., 1999). No S22, ao se observar o canto superior esquerdo e o canto inferior direito consegue-se verificar, também, um esbatimento dos pontos do centro para a periferia indicando uma possível mudança de regime dinâmico (Riley et al., 1999) (Marwan & Webber, 2015). Isto pode-se dever ao facto de que estes sujeitos são os únicos do seu grupo com historial familiar, direto, de doenças neurodegenerativas (anexo 2). Com base nestas informações pode-se afirmar que estes sujeitos se encontram em transição de fase, eventualmente para uma provável fase inicial de alguma degenerescência neuromotora. Provavelmente, merecendo exames médicos mais pormenorizados. Tendo em conta que os resultados do S20 estão melhores que o S22, por este só apresentar o padrão xadrez, pode-se dizer que o S20 se encontra mais protegido de uma possível progressão para uma doença neurodegenerativa. O S20 pratica exercício físico regular, ao contrário do S22, pelo que pode justificar os resultados. Apesar disto, ambos apresentam grande proximidade nas linhas diagonais, revisitam bastantes espaços no tempo e com uma boa regularidade.

<sup>12</sup> Região do gráfico onde os pontos se tendem a agrupar indicando que existe um comportamento atrativo no sistema (Marwan et al., 2007b).

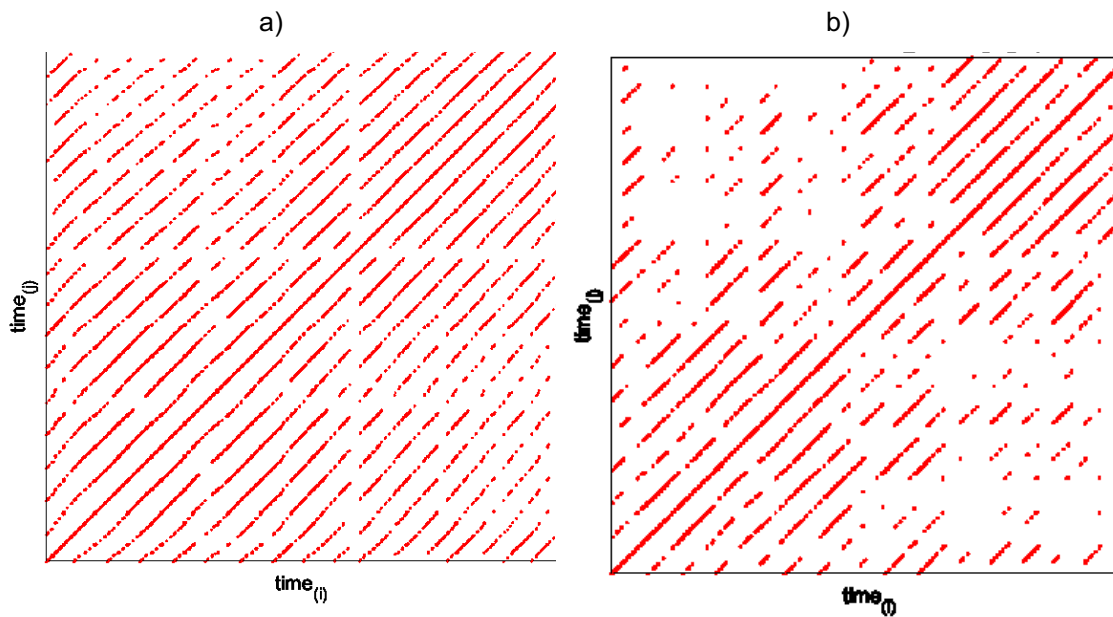


Figura 11. Gráfico de Recorrência dos Sujeitos do Grupo Típico (a - S20) e (b - S22) na Execução do Teste SL no Plano Sagital

Embora nos gráficos de recorrência se tenham conseguido observar estes comportamentos, isto só foi possível através da análise não linear, visto que quando foi realizada a comparação entre grupos não se verificaram diferenças significativas nos valores de recorrência.

Relativamente à análise estatística inferencial dos dados, verifica-se que, no GP, quando aumenta a idade o determinismo diminui ( $\varphi = -0,0714$ ;  $p \leq 0,05$ ). Pode-se assim verificar que a idade está associada de forma inversa ao determinismo<sup>13</sup>, em tarefas de motricidade grossa, para os indivíduos que têm DP e os que não têm.

### 3.2.2 Finger Tapping Test (FTT)

Por uma questão de coerência da apresentação dos gráficos foi selecionada a terceira das cinco tentativas em cada mão. No entanto, foram consideradas todas as tentativas na interpretação dos dados.

Na Figura 12 pode-se observar que no GT existe uma diferença acentuada entre a mão dominante e a mão não dominante, que no GP já não se observa. Isto pode explicar-se pelo facto de que os sujeitos típicos preservam a diferenciação entre a mão dominante e aquela que tem uma prática menos frequente. No caso do GP a não distinção entre

<sup>13</sup> Regularidade do sistema.

as mãos revela uma degeneração da competência da mão dominante tornando-as assim semelhantes em termos de controlo motor.

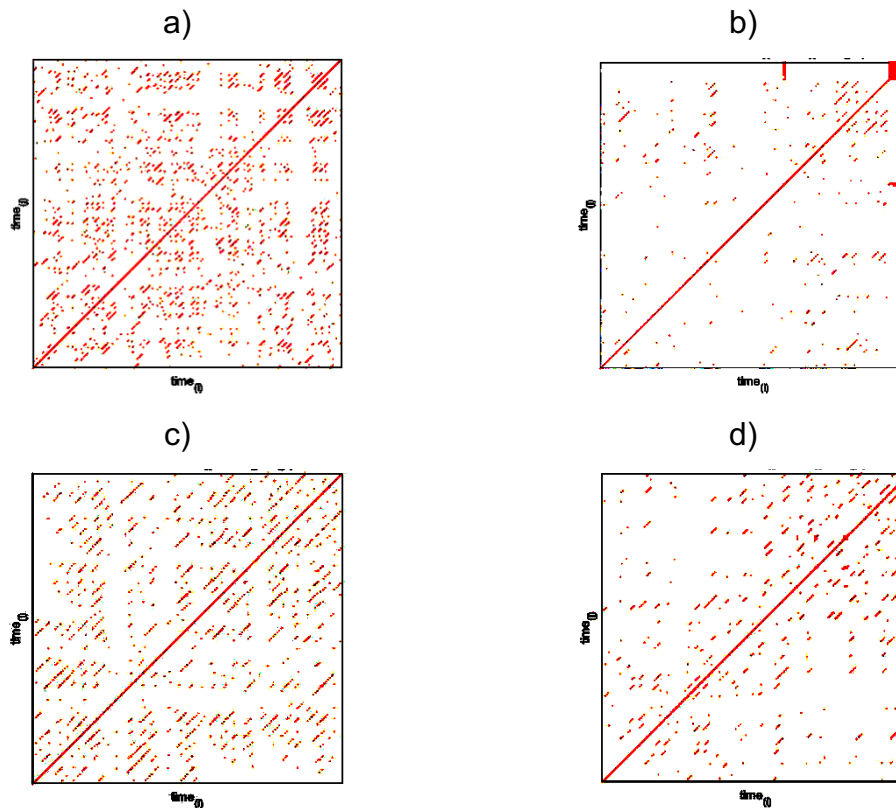


Figura 12 Gráfico de Recorrência do Sujeito do Grupo Típico (a - Dom e b - NDom, S12) e Sujeito do Grupo Parkinson (c - Dom e d - NDom, S04) na Execução do Teste FTT no Plano Sagital

Observando os gráficos do sujeito S01 (Figura 13), verifica-se que este não tem o mesmo padrão de comportamento nos 5 ensaios, tanto para a mão dominante como para a não dominante. Na grande maioria dos gráficos conseguimos visualizar muitos pontos isolados e bandas brancas, isto diz-nos que o sistema deste sujeito é aleatório e está em mudança (Riley et al., 1999).

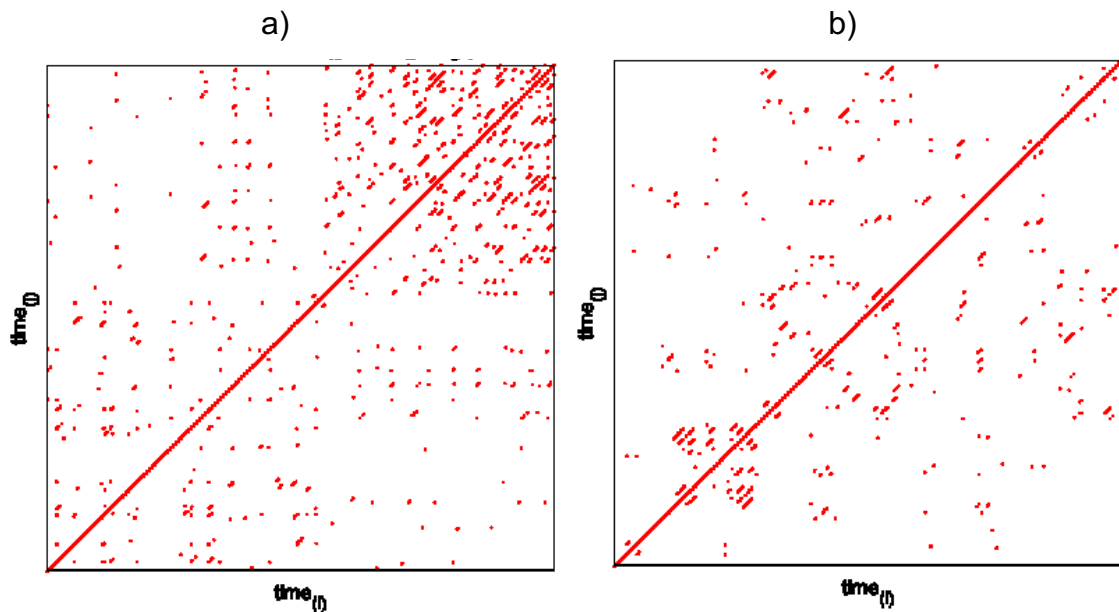


Figura 13 Gráfico de Recorrência do Sujeito do Grupo Parkinson (a - Dom e b – NDom, S01) na Execução do Teste FTT no Plano Sagital

Na Figura 14 encontram-se os gráficos correspondentes ao S02, observa-se que no gráfico da mão dominante (Figura 14 – a), este apresenta bastantes linhas diagonais, com alguma fragmentação, mas próximas entre si. Já a mão não dominante (Figura 14 – b) apresenta poucas linhas e muita dispersão dos pontos. Ou seja, a mão não dominante apresenta uma maior degeneração que a mão dominante apesar de esta ser a mão em que a doença se manifesta (anexo 1) (Marwan et al., 2007b). Será que tal significa que a regularidade do uso da mão dominante está a ajudar a retardar o avanço da doença, enquanto tal processo está a decorrer de modo mais acentuado na menos usada? A ser verdade, então, também neste tipo de motricidade fina (movimentos cíclicos rápidos) a prática motora pode ser um fator retardador da evolução da doença. Significando também que a prática bilateral de movimentos habitualmente realizados com uma das mãos, a preferida, também deve ser realizada com a não preferida, porventura simultaneamente (e.g., com o uso do espelho (Bai et al., 2020)).

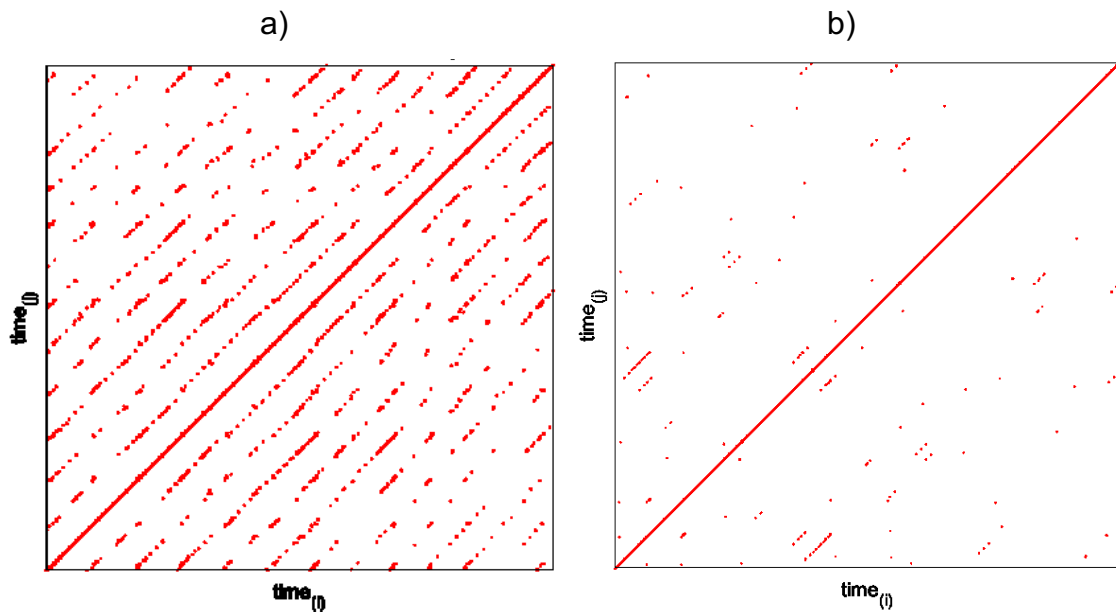
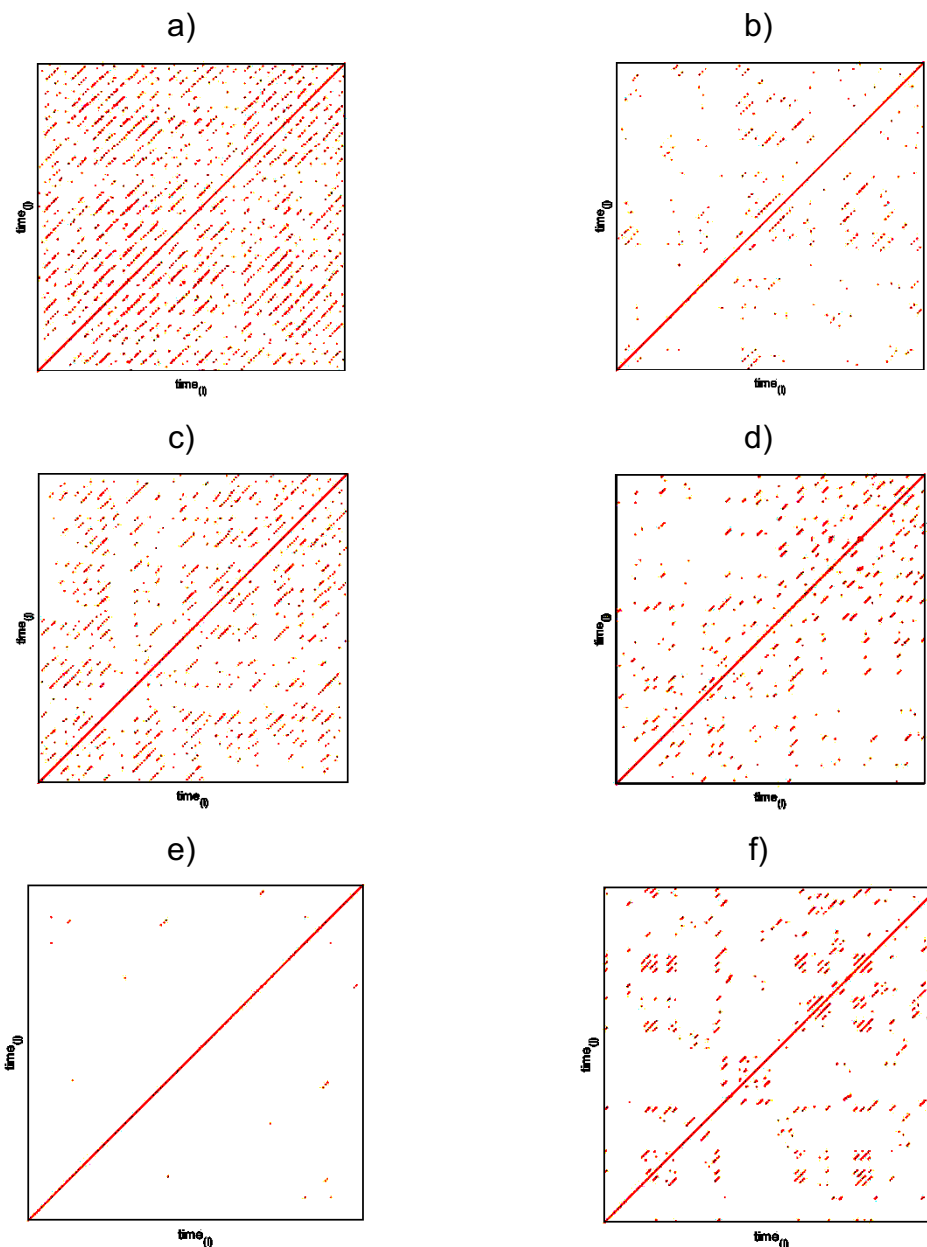


Figura 14 Gráfico de Recorrência do Sujeito do Grupo Parkinson (a - Dom e b – NDom, S02) na Execução do Teste FTT no Plano Sagital

Os sujeitos S03, S04 e S05 (Figura 15) apresentam gráficos semelhantes. Apesar do S05 ter mencionado que não apresentava expressão da doença ao nível das mãos, conseguimos observar nos três sujeitos uma tendência para o padrão de xadrez, que representa um estado de transição do sistema (Riley et al., 1999). Em todos eles linhas encontramos linhas diagonais refratadas, com pouco comprimento e pouco espaçamento entre si, é visível também o aparecimento de bandas brancas, tanto para a mão dominante como para a não dominante. Isto mostra-nos que o sistema é tendencialmente aleatório encontra-se em degeneração (Marwan et al., 2007b). O sujeito S03 além de ser o mais novo dos três, é o único dos três que se encontra no estado ligeiro da doença podendo isto justificar o facto de ser o que apresenta mais linhas diagonais dos três.



*Figura 15 Gráficos de Recorrência dos Sujeitos do Grupo Parkinson (a - Dom e b - NDom, S03) e (c - Dom e d - NDom, S04) e (e - Dom e f - NDom, S05) na Execução do Teste FTT no Plano Sagital*

Nos gráficos do sujeito S06 e S07 (Figura 16) não se conseguem observar linhas diagonais muito longas, mas percebe-se que existe uma maior periodicidade das mesmas. O S08 (Figura 16) apresenta um padrão de xadrez mais definido, que nos diz que o sistema deste sujeito se refugia em certos pontos no espaço e vai alternando entre eles mostrando um sistema mais degenerado (Riley et al., 1999). Isto pode ser explicado pelo facto de que o S06 além de se encontrar num estado mais ligeiro da doença, já tinha realizado duas tomas da medicação antes da realização dos testes e curiosamente obteve uma classificação alta relativamente à prática de EF. O S07 apesar

de se encontrar num estado avançado da doença, assim como o S08, este já tinha realizado 3 tomas da medicação aquando dos testes e ao contrário do S08, o S07 obteve uma classificação moderada relativamente ao EF.

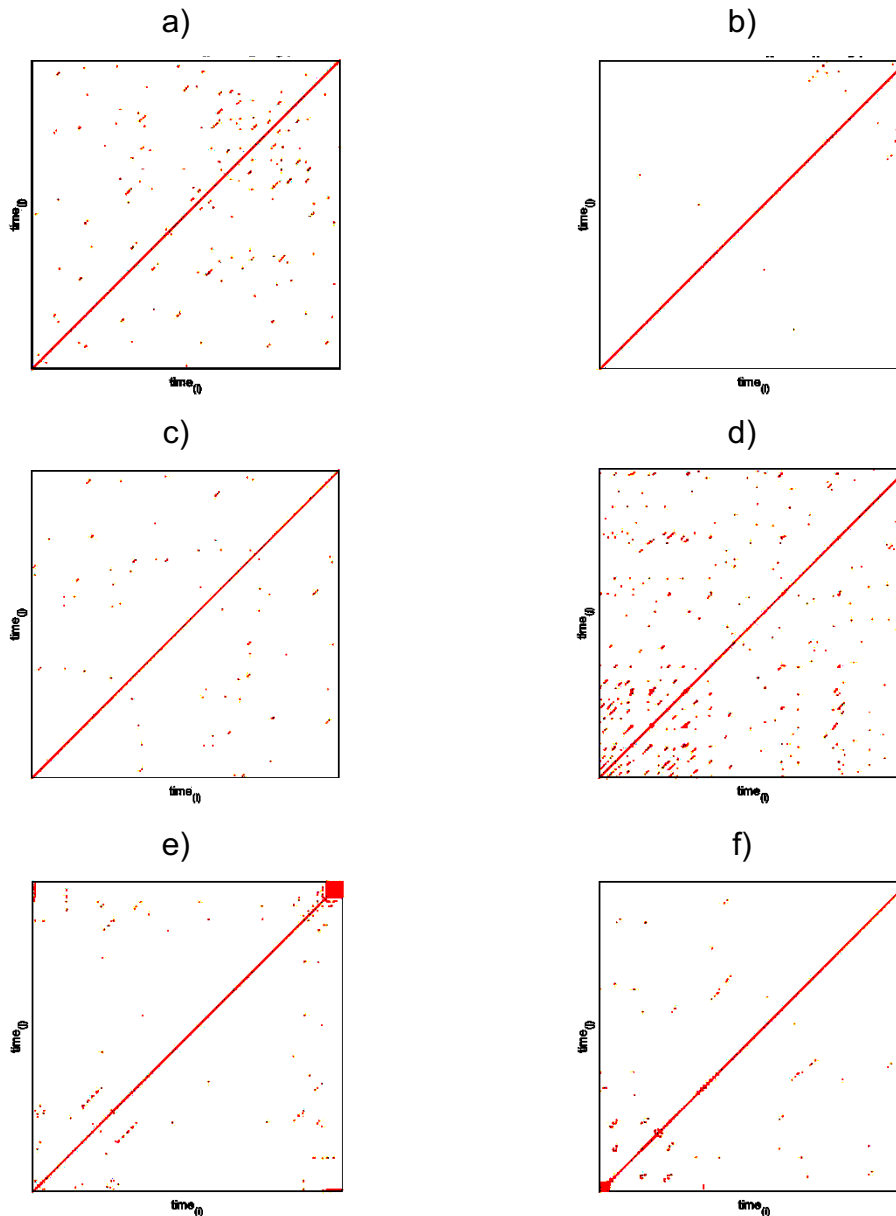
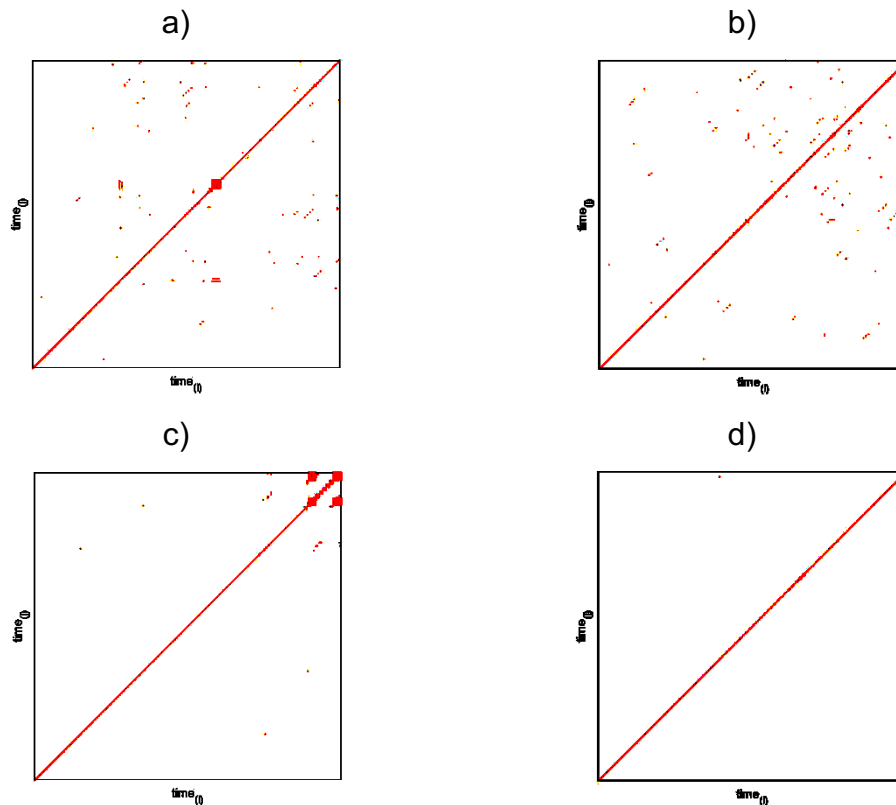


Figura 16 Gráficos de Recorrência dos Sujeitos do Grupo Parkinson (a - Dom e b - NDom, S06) e (c - Dom e d - NDom, S07) e (e - Dom e f - NDom, S08) na Execução do Teste FTT no Plano Sagital

O padrão de Lorenz observa-se no sujeito S09 (Figura 17) e no S10 (Figura 17), assim como muita dispersão de pontos. Isso significa que o sistema não revisita os mesmos pontos no espaço. Este padrão está associado a um sistema mais complexo e imprevisível ao longo do tempo (Riley et al., 1999). Isto pode querer dizer que estes

sujeitos não têm expressão motora, umas vezes vão por um caminho, outras vezes vão por outro caminho. Às vezes fazem movimentos mais curtos e outras vezes mais longos. Às vezes usam um plano e outras vezes outro plano. Ambos os sujeitos se encontram numa fase moderada da doença e tinham apenas uma toma da medicação feita antes das testagens.



*Figura 17 Gráficos de Recorrência dos Sujeitos do Grupo Parkinson (a - Dom e b – NDom, S09) e (c - Dom e d – NDom, S10) na Execução do Teste FTT no Plano Sagital*

Nos gráficos do sujeito S11 (Figura 18), visualiza-se muita dispersão de pontos, mas também que este parece estar a transitar de um padrão de xadrez para um padrão de laminaridade. Este padrão indica-nos que alguns estados não se alteram ou alteram-se muito lentamente, ou seja, muito possivelmente este sujeito já apresenta mais dificuldade e uma estagnação do sistema (Marwan & Webber, 2015).

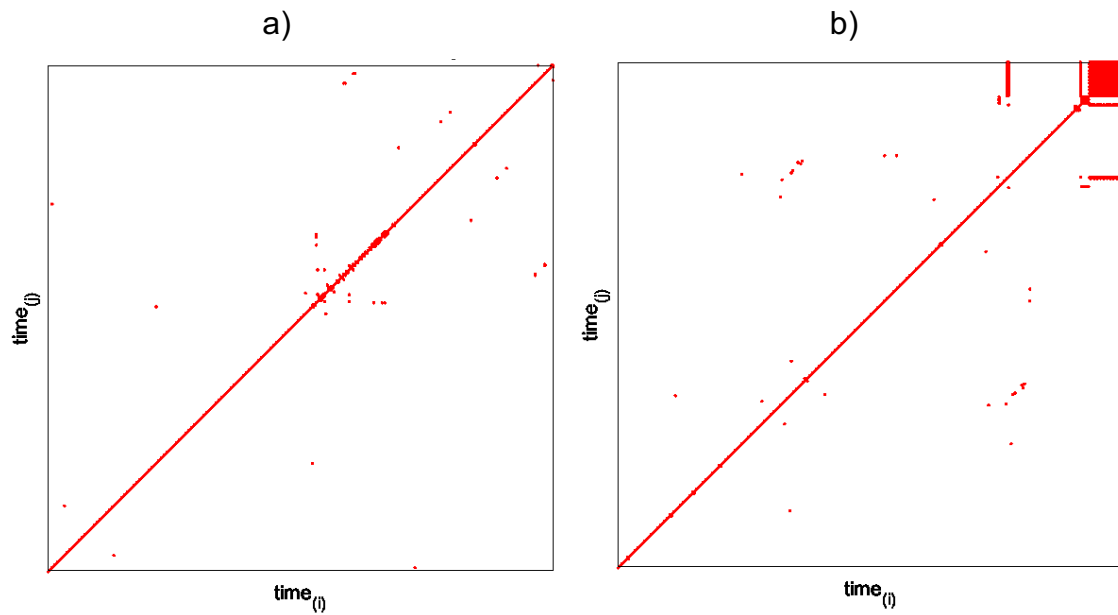


Figura 18 Gráficos de Recorrência do Sujeito do Grupo Parkinson (a - Dom e b – NDom, S11) na Execução do Teste FTT no Plano Sagital

Observando os gráficos dos sujeitos S12, S13, S14, S15, S16, S17, S18 e S19 consegue-se perceber que o padrão de tabuleiro de xadrez está bem presente em todos eles. Uma vez que estes sujeitos apresentam resultados semelhantes podemos afirmar que estes sujeitos se encontram em estados semelhantes.

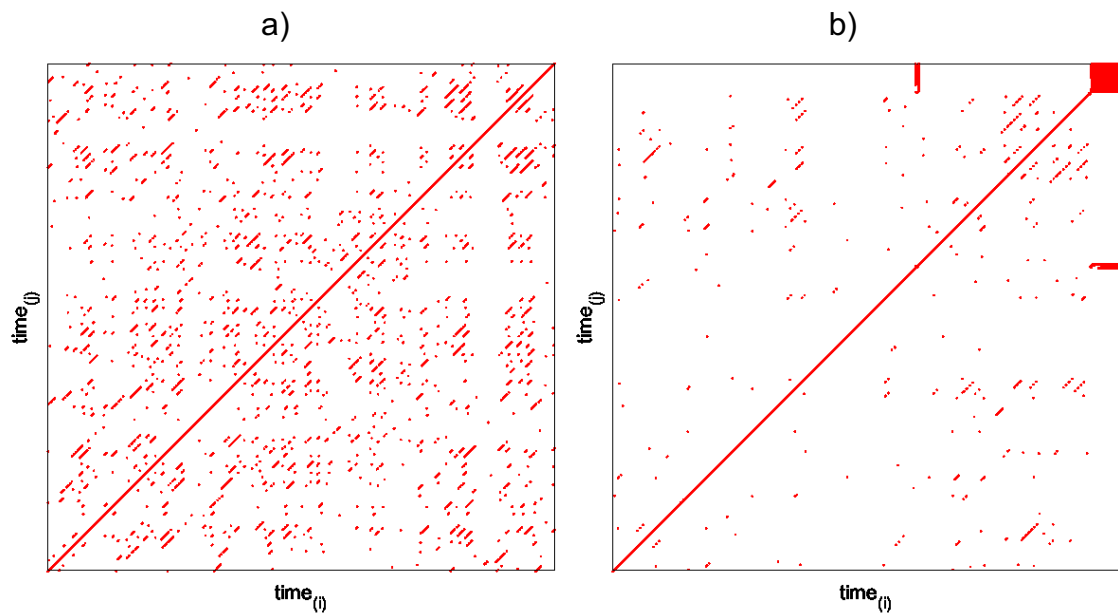


Figura 19 Gráficos de Recorrência do Sujeito do Grupo Típico (a - Dom e b – NDom, S12) na Execução do Teste FTT no Plano Sagital

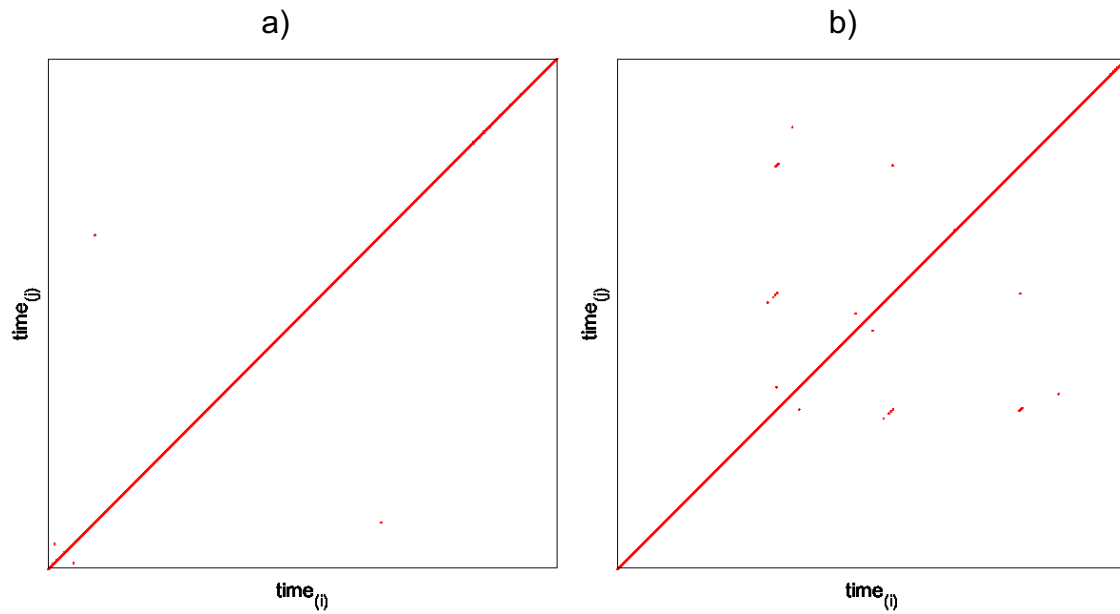


Figura 20 Gráficos de Recorrência do Sujeito Grupo Típico (a - Dom e b - NDom, S13) na Execução do Teste FTT no Plano Sagital

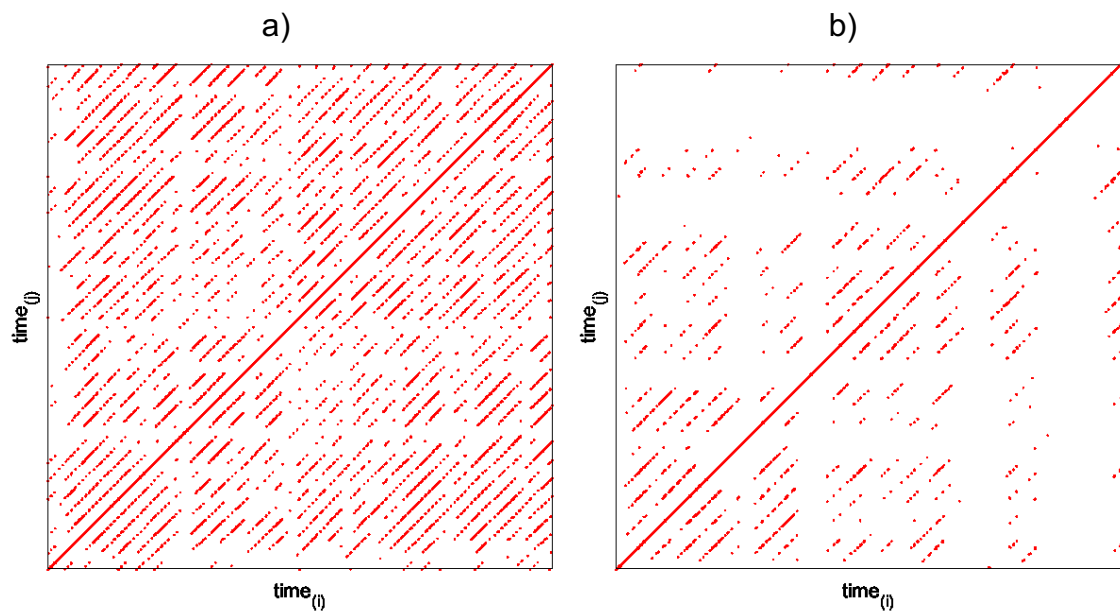


Figura 21 Gráficos de Recorrência do Sujeito do Grupo Típico (a - Dom e b - NDom, S14) na Execução do Teste FTT no Plano Sagital

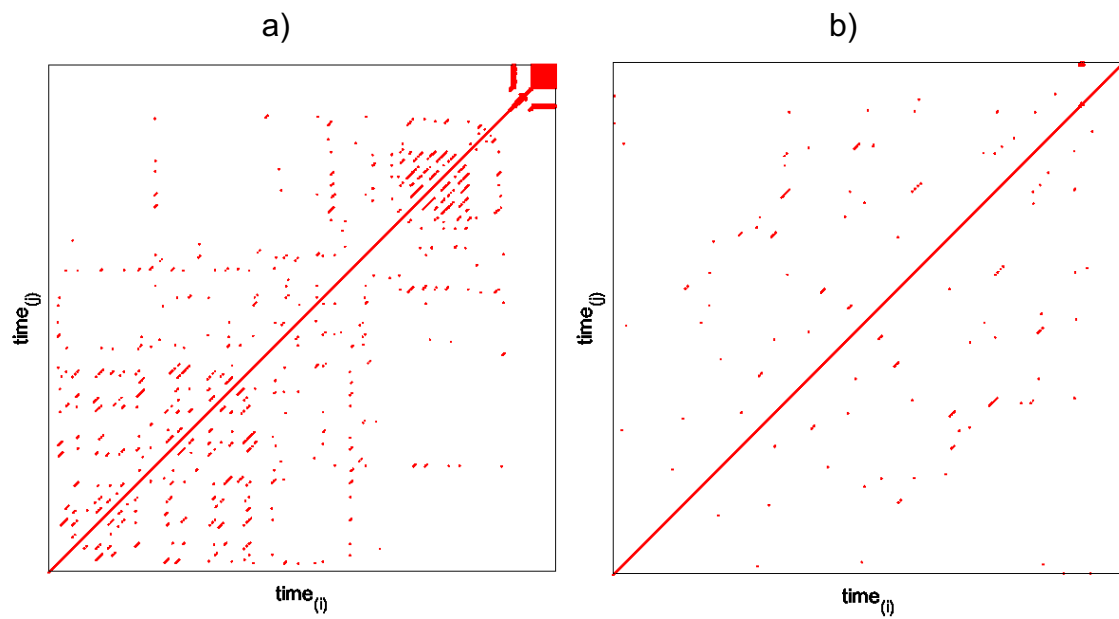


Figura 22 Gráficos de Recorrência do Sujeito do Grupo Típico (a - Dom e b - NDom, S15) na Execução do Teste FTT no Plano Sagital

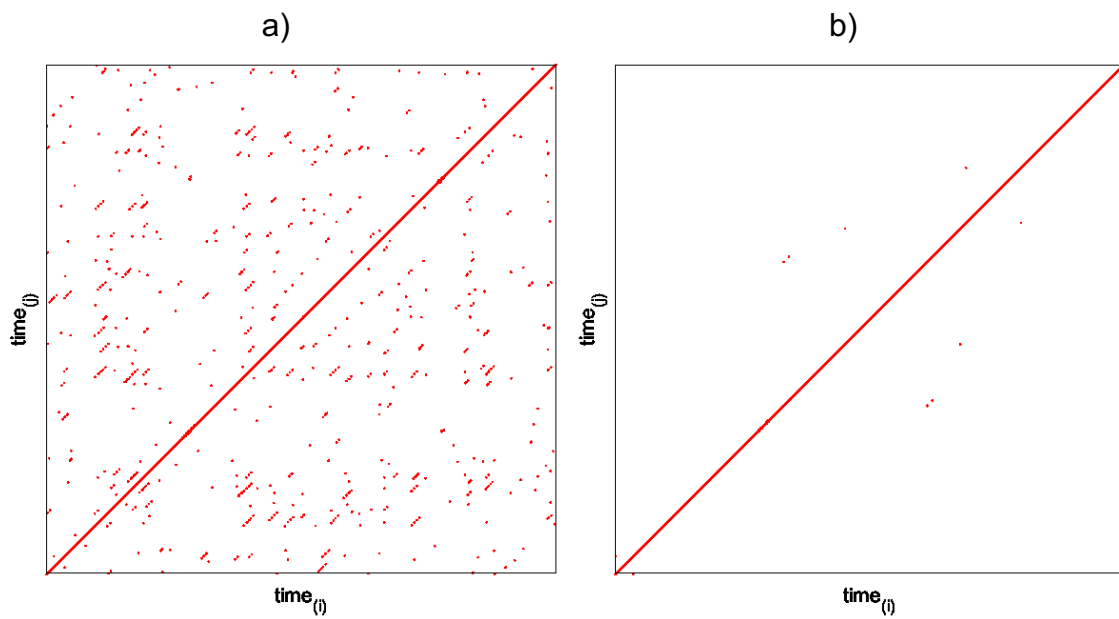


Figura 23 Gráficos de Recorrência do Sujeito do Grupo Típico (a - Dom e b - NDom, S16) na Execução do Teste FTT no Plano Sagital

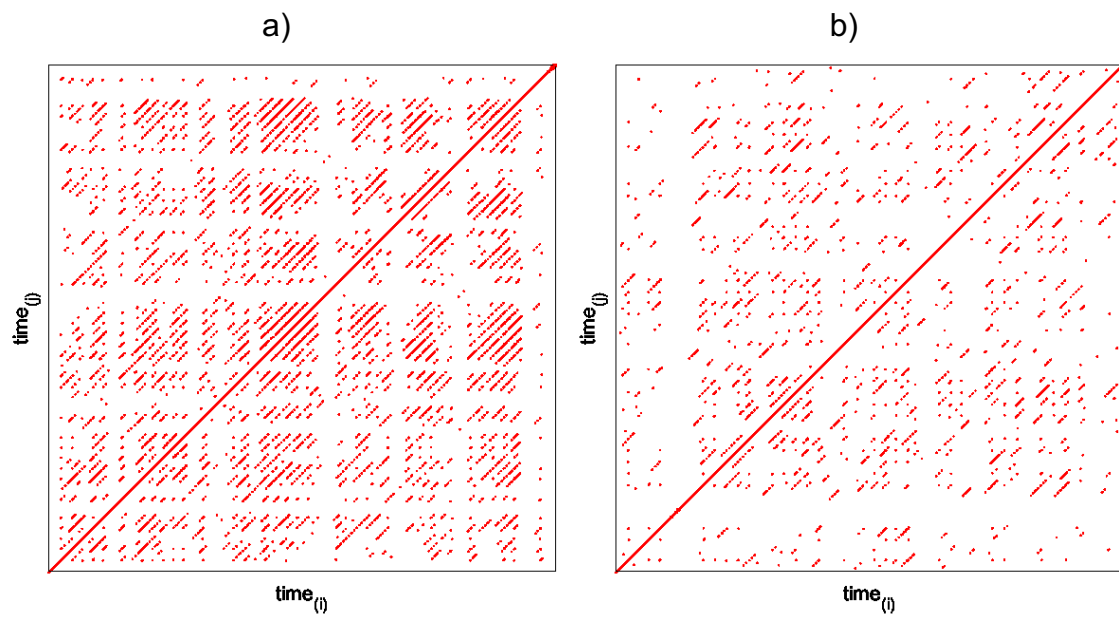


Figura 24 Gráficos de Recorrência do Sujeito do Grupo Típico (a - Dom e b - NDom, S17) na Execução do Teste FTT no Plano Sagital

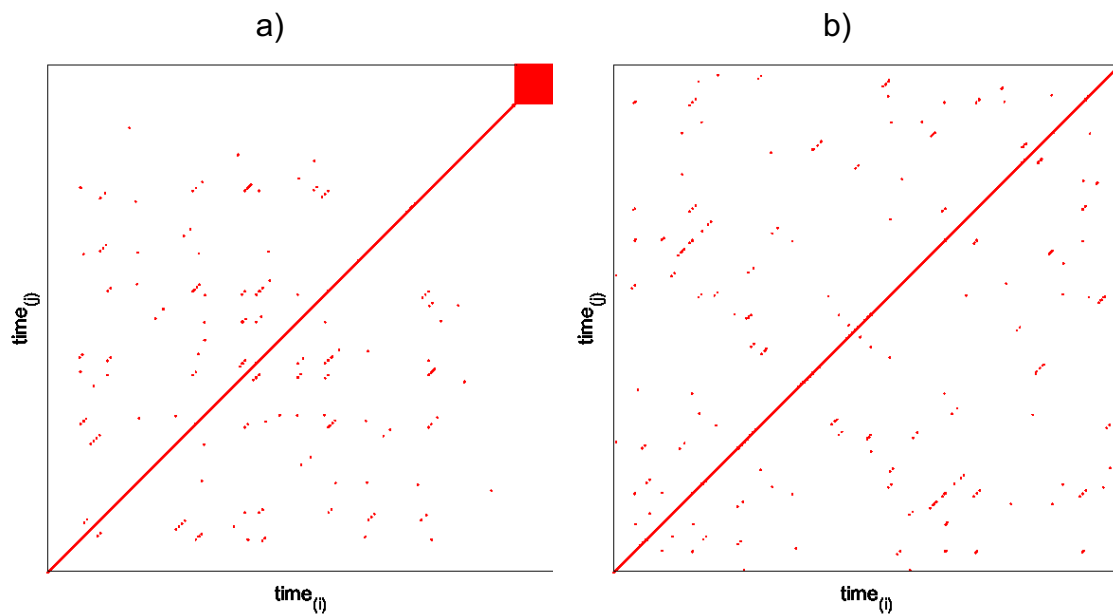


Figura 25 Gráficos de Recorrência do Sujeito do Grupo Típico (a - Dom e b - NDom, S18) na Execução do Teste FTT no Plano Sagital

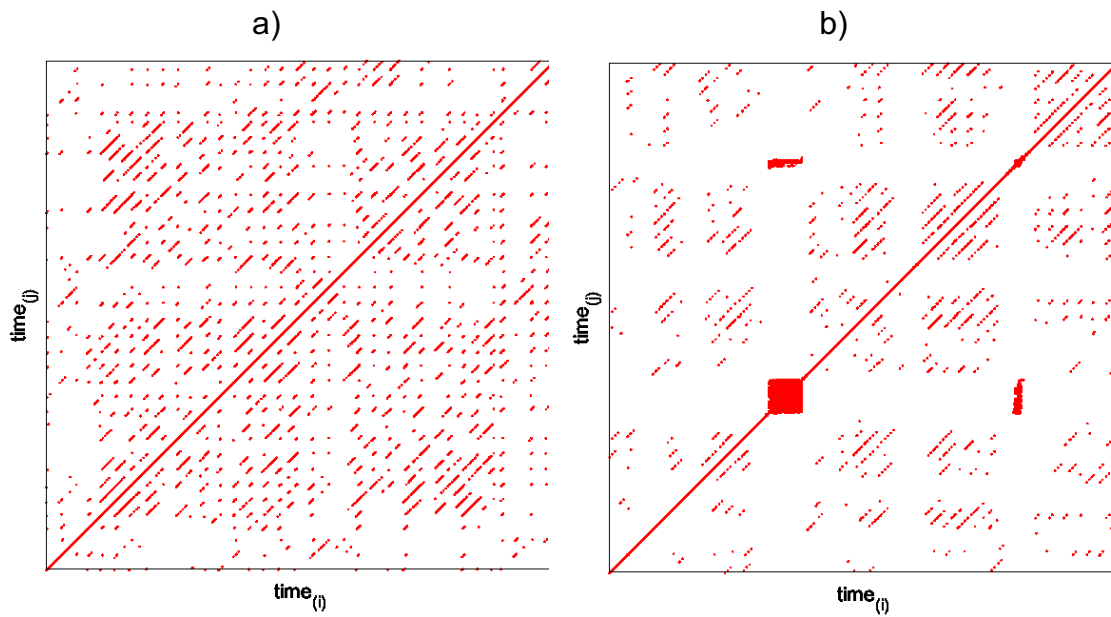


Figura 26 Gráficos de Recorrência do Sujeito do Grupo Típico (a - Dom e b - NDom, S19) na Execução do Teste FTT no Plano Sagital

O sujeito S20 apresenta um padrão de xadrez e grande dispersão de pontos. Nota-se também que do primeiro para o quinto ensaio se foram perdendo informações. Isto pode ser justificado pelo facto de o sensor não ter solicitado a calibração antes da recolha de dados. No teste SL verificaram-se alguns padrões semelhantes com os sujeitos do GP ao contrário dos gráficos do FTT, isto também pode dever-se por o sujeito ter praticado EF imediatamente antes das testagens, influenciando assim os resultados.

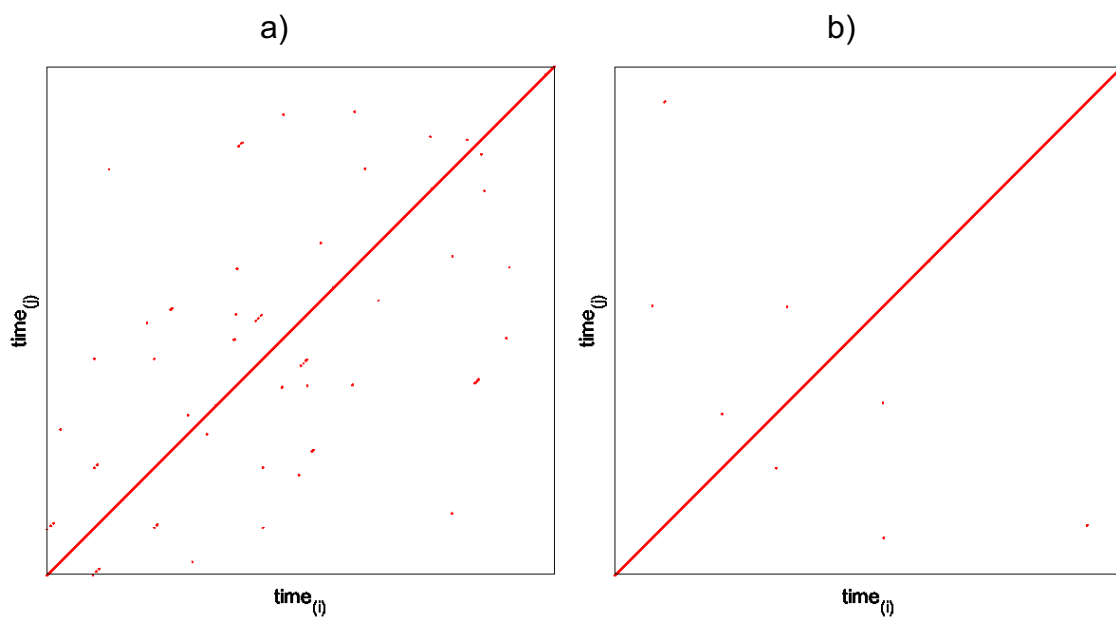


Figura 27 Gráficos de Recorrência do Sujeito do Grupo Típico (a - Dom e b - NDom, S20) na Execução do Teste FTT no Plano Sagital

Nos gráficos do sujeito S21 (Figura 28), além do padrão de xadrez, conseguimos observar um maior equilíbrio da representação do lado esquerdo e do lado direito, isto pode explicar-se pelo facto de este sujeito ser ambidestro.

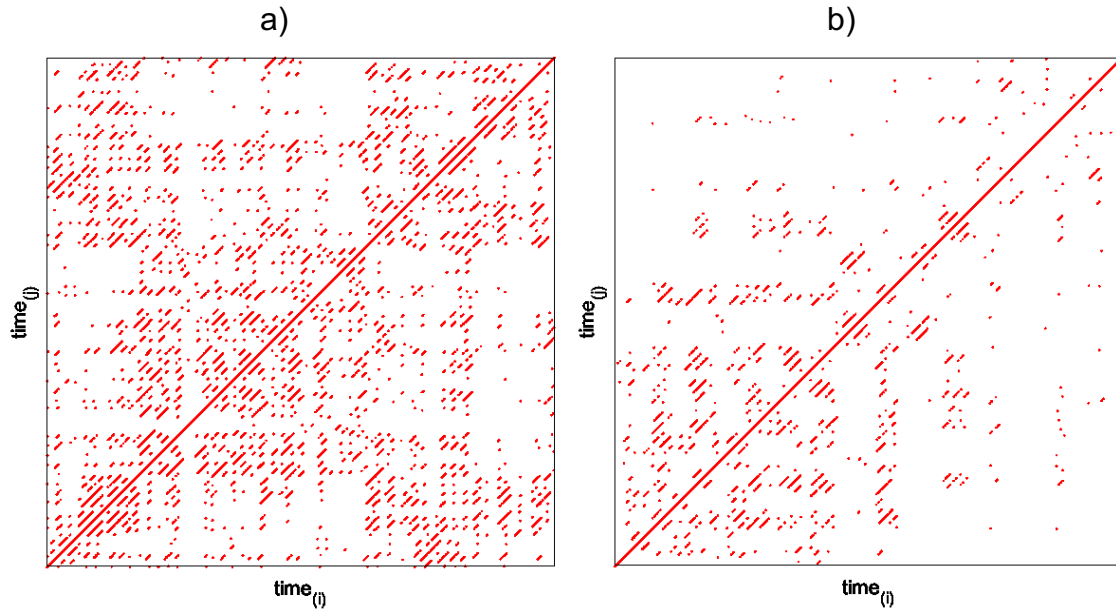


Figura 28 Gráficos de Recorrência do Sujeito do Grupo Típico (a - Dom e b - NDom, S21) na Execução do Teste FTT no Plano Sagital

Comparativamente ao SL, o sujeito S22 (apresenta melhores resultados no FTT. Em ambas as mãos os gráficos apresentam um padrão de xadrez, mas há uma grande diferença entre a mão dominante e a não dominante. Na mão não dominante existe maior dispersão dos pontos, querendo dizer que esta apresenta um sistema mais degenerado.

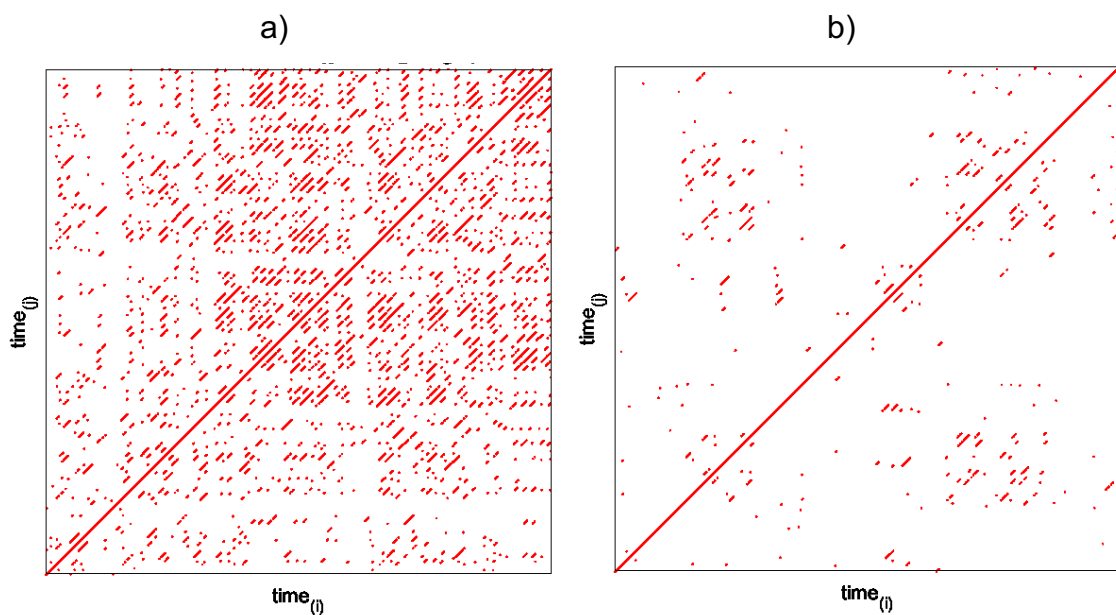


Figura 29 Gráficos de Recorrência do Sujeito do Grupo Típico (a - Dom e b - NDom, S22) na Execução do Teste FTT no Plano Sagital

Fazendo uma análise geral dos dados consegue-se perceber que o padrão de xadrez, é o padrão típico da tarefa do FTT, enquanto no SL vê-se mais o padrão de grandes linhas diagonais. Ambas as tarefas são cíclicas e contínuas por isso, e percebendo o que cada padrão significa, pode-se prever que estas diferenças existem por haver algum tipo de diferença na exigência da tarefa, porque embora sejam duas tarefas de classificação contínua, os padrões apresentados são distintos (Schmidt et al., 2019). Pode-se justificar este fenómeno lembrando que os constrangimentos intrínsecos irão afetar o desempenho em cada tarefa, como a fadiga, desenvolvimento da doença, lateralidade, constrangimentos físicos, entre outros.

Consegue-se perceber também que, para a mesma tarefa houve respostas diferenciadas ao mesmo estado de doença, como por exemplo os sujeitos S09 e S10. Isto não significa necessariamente que eles se encontram piores ao nível da doença. Pode significar que eles no mesmo nível de doença foram procurar soluções motoras diferentes para resolver o mesmo problema. Em controlo motor isso chama-se equivalência motora, ou seja, eu consigo atingir o mesmo objetivo percorrendo percursos distintos (David et al., 2015).

A nível da estatística inferencial e observando a variável peso, verifica-se uma correlação negativa com a percentagem de recorrência na mão dominante no movimento de flexão/extensão do dedo ( $\varphi = -0,612$ ;  $p \leq 0,05$ ), ou seja, quando aumenta o peso diminui a recorrência e o determinismo no GP. No GT não se verificam alterações, o que nos diz que o peso também influencia de forma diferente os dois grupos em tarefas de motricidade fina.

De um modo geral, estatisticamente, não se verificam diferenças significativas entre os dois grupos. Uma possível causa para isto, em muitas das variáveis, entre o GP e o GT é o facto de todos os indivíduos do GP estarem medicados com um fármaco em que a substância ativa inibe os movimentos involuntários, ou seja, atrasa o aparecimento das discinesias e das flutuações motoras fazendo com que o movimento seja controlado pelo córtex motor.

Não se verificam diferenças entre sexos ao nível da recorrência e determinismo, ou seja, a doença não afeta de forma diferente dependendo do sexo do indivíduo e isto também se verifica para o nível da doença. Já o número de tomas da medicação parece estar

associado a uma menor recorrência na mão dominante no teste FTT, querendo dizer que os indivíduos perdem a capacidade de controlar o movimento. Podemos também observar que quanto mais tempo passa desde a última toma, maior a recorrência no eixo do z no teste SL o que quer dizer que o sujeito tem mais controlo no movimento.

### **3.3 Conclusão**

Após a análise e discussão dos resultados podemos concluir que o padrão típico do teste SL é o de grandes linhas médias diagonais, o que nos indica sistemas mais periódicos, ou seja, determinísticos. Já para o teste FTT o padrão mais apresentado é o de tabuleiro de xadrez que nos indica uma degeneração e aleatoriedade do sistema, principalmente para o GP (Riley et al., 1999). Isto indica-nos que, apesar de serem duas tarefas cíclicas e de classificação continua, parece existir alguma diferença no que toca à complexidade e exigência da mesma, possivelmente por uma ser de motricidade grossa, recorrendo a grandes grupos musculares, e outra de motricidade fina, que recorre a pequenos grupos musculares.

Com este tipo de análise consegue-se compreender melhor em que medida a doença de Parkinson afeta a coordenação motora de motricidade fina e motricidade grossa num individuo e sugere-se que esta seja aplicada em estudos futuros.

### **3.4 Potencialidades e Limitações**

As limitações deste estudo baseiam-se no facto de não ter havido alternância de tarefas entre os sujeitos. Como o FTT é uma tarefa de motricidade fina, este cria um grau de exigência percetivo-motora mais elevado então colocou-se esta tarefa primeiro, e a tarefa menos complexa, de motricidade grossa em segundo lugar o que pode influenciar os resultados.

Outra limitação é o facto dos sujeitos S06 e S07 serem os únicos que já tinham mais que uma toma da medicação feita aquando das testagens e curiosamente são os que têm melhor prestação nas tarefas no GP. Para além disto o sujeito S07 foi o que teve o menor intervalo de tempo entre a última toma da medicação e a testagem e que obteve bons resultados nos testes. Posto isto uma das variáveis moderadores é, sem dúvida, a medicação pois apesar de todos os sujeitos terem pelo menos uma toma da medicação o período entre a última toma e as testagens não é o mesmo para todos e além disso alguns sujeitos tinham mais que uma toma feita. Outra possível variável moderadora é o EF que cada sujeito pratica e para isto podemos olhar para o caso do S01, pertencente ao GP, que apresenta gráficos muito semelhantes aos do GT e este é

o único sujeito que pratica EF em ginásio, de forma frequente e planeada. Os valores de *embedding dimension* e o valor do raio escolhidos para cada sujeito, também poderão ser uma potencial limitação neste estudo pois estes vão influenciar os dados dos gráficos.

Encontra-se uma grande potencialidade neste estudo quando se olha especificamente para o caso dos sujeitos S05, S08 e S11. Estes sujeitos não realizaram o teste SL por necessitarem de ajuda para levantar e sentar na cadeira, ou seja, já não conseguiram realizar a tarefa de motricidade grossa, mas conseguiram realizar o FTT (tarefa de motricidade fina). Isto quer dizer que mesmo sem uma análise de uma tarefa de motricidade grossa ainda se consegue fazer alguma análise do sujeito e consequentemente obter informação sobre a evolução da doença através e uma tarefa de motricidade fina. Podemos assim afirmar que, o teste FTT é vantajoso em relação ao teste SL principalmente nos estados mais avançados da doença. Outra potencialidade deste estudo é o facto de a amostra do GP ser constituída por sujeitos que se encontram em vários estágios da doença, tornando-se assim transversal à população com DP.

O facto de não ter sido identificado, na Revisão Sistemática, nenhum estudo que utilizasse esta metodologia como forma de avaliar a coordenação motora em sujeitos com DP torna este estudo inovador e de grande interesse.

### **3.5 Referências**

Bai, Z., Fong, K. N. K., Zhang, J., & Hu, Z. (2020). Cortical mapping of mirror visual feedback training for unilateral upper extremity: A functional near-infrared spectroscopy study. *Brain and Behavior*, *10*(1), e01489. <https://doi.org/10.1002/brb3.1489>

Balestrino, R., & Schapira, A. H. V. (2020). Parkinson disease. *European Journal of Neurology*, *27*(1), 27–42. <https://doi.org/10.1111/ene.14108>

Bernshhtein, N. A. (1967). *The co-ordination and regulation of movements* ([1st English ed.]). Pergamon Press.

Dahdal, P., Meyer, A., Chaturvedi, M., Nowak, K., Roesch, A. D., Fuhr, P., & Gschwandtner, U. (2016). Fine Motor Function Skills in Patients with Parkinson Disease with and without Mild Cognitive Impairment. *Dementia and Geriatric Cognitive Disorders*, *42*(3–4), 127–134. <https://doi.org/10.1159/000448751>

David, C., Branco, M., Seabra, A., & Mercê, C. (2015). *Comportamento Motor: Constrangimentos & Affordances (Motor Behavior: Constraints & Affordances)*.

De Maio, M., Castellani, L., Cugusi, L., Cortis, C., & Fusco, A. (2022). The Effect of a Combined Exercise Program on Postural Control and Fine Motor Skills in Parkinson's

- Disease: Study Design. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(22), 15216. <https://doi.org/10.3390/ijerph192215216>
- Duncan, P. W., Weiner, D. K., Chandler, J., & Studenski, S. (1990). Functional Reach: A New Clinical Measure of Balance. *Journal of Gerontology*, 45(6), M192–M197. <https://doi.org/10.1093/geronj/45.6.M192>
- Earhart, G. M., & Falvo, M. J. (2013). Parkinson Disease and Exercise. Em R. Terjung (Ed.), *Comprehensive Physiology* (p. c100047). John Wiley & Sons, Inc. <https://doi.org/10.1002/cphy.c100047>
- Feng, Y.-S., Yang, S.-D., Tan, Z.-X., Wang, M.-M., Xing, Y., Dong, F., & Zhang, F. (2020). The benefits and mechanisms of exercise training for Parkinson's disease. *Life Sciences*, 245, 117345. <https://doi.org/10.1016/j.lfs.2020.117345>
- Goldstein, S., & Naglieri, J. A. (Eds.). (2011). *Encyclopedia of Child Behavior and Development*. Springer US. <https://doi.org/10.1007/978-0-387-79061-9>
- Haibach-Beach, P. S., Reid, G., & Collier, D. H. (2018). *Motor learning and development* (Second edition). Human Kinetics.
- Malling, A. S. B., Morberg, B. M., Wermuth, L., Gredal, O., Bech, P., & Jensen, B. R. (2019). Associations of Motor Symptom Severity and Quality of Life to Motor Task Performance in Upper and Lower Extremities Across Task Complexity in Parkinson's Disease. *Motor Control*, 23(4), 445–460. <https://doi.org/10.1123/mc.2018-0002>
- Marwan, N., Carmenromano, M., Thiel, M., & Kurths, J. (2007a). Recurrence plots for the analysis of complex systems. *Physics Reports*, 438(5–6), 237–329. <https://doi.org/10.1016/j.physrep.2006.11.001>
- Marwan, N., Carmenromano, M., Thiel, M., & Kurths, J. (2007b). Recurrence plots for the analysis of complex systems. *Physics Reports*, 438(5–6), 237–329. <https://doi.org/10.1016/j.physrep.2006.11.001>
- Marwan, N., & Webber, C. L. (2015). Mathematical and Computational Foundations of Recurrence Quantifications. Em C. L. Webber, & N. Marwan (Eds.), *Recurrence Quantification Analysis* (pp. 3–43). Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-07155-8\\_1](https://doi.org/10.1007/978-3-319-07155-8_1)
- Mercê, C. (2017). *Postural Control in Preschool Children With Developmental Coordination Disorder, in a Sitting Position during a Functional Task* [Mestrado]. Instituto Politécnico de Santarém, Escola Superior de Desporto de Rio Maior.
- Newell, K. M. (1986). *Motor development in children: Aspects of coordination and control*.
- Poewe, W., Seppi, K., Tanner, C. M., Halliday, G. M., Brundin, P., Volkman, J., Schrag, A.-E., & Lang, A. E. (2017). Parkinson disease. *Nature Reviews Disease Primers*, 3(1),

17013. <https://doi.org/10.1038/nrdp.2017.13>

Rikli, R. E., & Jones, C. J. (2013). *Senior fitness test manual* (2nd ed). Human Kinetics.

Riley, M. A., Balasubramaniam, R., & Turvey, M. T. (1999). Recurrence quantification analysis of postural fluctuations. *Gait & Posture*, 9(1), 65–78. [https://doi.org/10.1016/S0966-6362\(98\)00044-7](https://doi.org/10.1016/S0966-6362(98)00044-7)

Roalf, D. R., Rupert, P., Mechanic-Hamilton, D., Brennan, L., Duda, J. E., Weintraub, D., Trojanowski, J. Q., Wolk, D., & Moberg, P. J. (2018). Quantitative assessment of finger tapping characteristics in mild cognitive impairment, Alzheimer's disease, and Parkinson's disease. *Journal of Neurology*, 265(6), 1365–1375. <https://doi.org/10.1007/s00415-018-8841-8>

Schmidt, R. A., Lee, T. D., Winstein, C. J., Wulf, G., & Zelaznik, H. N. (2019). *Motor control and learning: A behavioral emphasis* (Sixth edition). Human Kinetics.

Suzumura, S., Osawa, A., Nagahama, T., Kondo, I., Sano, Y., & Kandori, A. (2016). Assessment of finger motor skills in individuals with mild cognitive impairment and patients with Alzheimer's disease: Relationship between finger-to-thumb tapping and cognitive function. *Japanese Journal of Comprehensive Rehabilitation Science*, 7(0), 19–28. <https://doi.org/10.11336/jjcrs.7.19>

Xu, X., Fu, Z., & Le, W. (2019). Exercise and Parkinson's disease. Em *International Review of Neurobiology* (Vol. 147, pp. 45–74). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/bs.irn.2019.06.003>

## CAPÍTULO 4

### DISCUSSÃO GERAL E CONCLUSÕES

#### **4. Discussão Geral e Conclusões**

Esta dissertação apresenta dois estudos sendo que primeiro é uma Revisão Sistemática que pretende compreender quais os efeitos do exercício físico na coordenação motora de motricidade fina e grossa em doentes de Parkinson (Estudo 1) e no segundo estudo é feita uma análise da quantificação da recorrência em tarefas de motricidade fina e grossa em doentes de Parkinson (Estudo 2). Podem-se identificar pontos fortes, mas também algumas limitações neste trabalho. Os pontos fortes incidem no facto de não existirem estudos que analisem os efeitos do exercício físico na coordenação motora na DP utilizando métodos não lineares, nomeadamente a utilização da Análise de Quantificação de Recorrência, tornando este este trabalho pertinente e inovador. Além disso a DP será sempre um tema de grande interesse pois estima-se que a prevalência desta tenha vindo a aumentar ao longo dos últimos anos (Tysnes & Storstein, 2017).

A DP além de evidenciar sintomas não motores, esta é especialmente caracterizada por sinais e sintomas a nível motor que conseqüentemente vão afetar o dia-a-dia e qualidade de vida do indivíduo diagnosticado com Parkinson (Lew, 2007). Torna-se, por isso, importante analisar de que formas se podem minimizar estes sinais e sintomas. Sabe-se que o exercício físico tem um efeito benéfico no que respeita ao desempenho das atividades diárias e na mobilidade funcional, verificando-se ainda um efeito protetor na evolução desta doença (Earhart & Falvo, 2013). Foi feita uma revisão da literatura já existente sobre os efeitos do exercício físico na coordenação motora em doentes de Parkinson e foi verificado, pelo número reduzido de estudos elegíveis e pela sua heterogeneidade, que este é um tema ainda pouco estudado e com amostras pouco representativas da população em estudo. Além disso verificou-se que, apesar de terem sido usadas metodologias diferenciadas, em todas elas foram aplicados métodos que se baseiam apenas em análise estatística linear que está direcionada apenas para o produto e não para o processo (Camomilla et al., 2018). É de relembrar que uma análise matemática, recorrendo a métodos não lineares, é vantajosa e de grande importância pois é direcionada para a análise da qualidade do movimento (Brígida, 2023; Brígida et al., 2024). Em todos os estudos foram encontradas melhorias da coordenação motora, mas devido à heterogeneidade das metodologias de avaliação, existem limitações na comparação dos mesmos.

No segundo estudo foi feita uma análise da coordenação motora de motricidade fina e grossa em doentes de Parkinson recorrendo ao método não-linear da Análise da

Quantificação da Recorrência. Esta análise permite caracterizar padrões de recorrência em sistemas dinâmicos. Foram incluídos 22 adultos no estudo com idades compreendidas entre os 55 e os 78 anos. Foram divididos em 2 grupos: grupo de Parkinson (GP) constituído por 11 elementos (3 do sexo feminino e 8 do sexo masculino) diagnosticados com a doença de Parkinson e o grupo de típico (GT) composto por 11 elementos (3 do sexo feminino e 8 do sexo masculino) sem doenças neurológicas diagnosticadas ou outras, emparelhados em sexo e idade. Uma vez que o Finger Tapping Test (FTT) é um dos testes usado como medida das capacidades motoras finas nesta doença (Roalf et al., 2018) foi pedido aos sujeitos que realizassem o teste, executando cinco ensaios à velocidade máxima durante dez segundos, em cada mão (Goldstein & Naglieri, 2011). Para recolher os dados do teste foi utilizado um sensor inercial que fez o registo em todos os ensaios. Para a avaliação da coordenação motora de motricidade grossa foi pedido aos participantes que realizassem o teste Sentar-levantar (*chair – stand* (SL)) de 30 segundos da cadeira (Rikli & Jones, 2013a) isto porque o levantar e sentar numa cadeira é uma tarefa diária importante e é utilizada como medida para avaliar a capacidade motora de motricidade grossa na DP (Malling et al., 2019).

A interpretação dos dados foi feita através de uma análise semi-quantitativa dos gráficos de recorrência de acordo com (Marwan et al., 2007b) e de uma análise de estatística inferencial. Verificou-se que apesar de serem as duas tarefas cíclicas existe uma clara diferença entre ambas podendo sugerir um tipo de exigência diferente entre cada tarefa. Além disso vale a pena referir o caso do S01. Este sujeito apesar de pertencer ao GP apresentou gráficos muito semelhantes aos do GT especialmente ao nível do teste SL. Este sujeito é o único do seu grupo que pratica exercício físico de forma regular em ginásio. Além deste sujeito, é de referir também os S20 e S21. Ambos referiram terem parentes diretos diagnosticados com uma doença neurodegenerativa e são os únicos do seu grupo que apresentam padrões que sugerem uma transição de fase. O S20 apresenta resultados melhores que o S022. O S20, ao contrário do S22, pratica exercício físico regular o que pode justificar os resultados, se assim for pode-se dizer que este se encontra mais protegido de uma possível progressão para uma doença neurodegenerativa.

Na tarefa de motricidade fina verifica-se uma diferença acentuada nos gráficos entre a mão dominante e não dominante no GT, à exceção do S21 que apresenta gráficos

semelhantes possivelmente por este ser ambidestro. No GP isto já não se verifica, o facto de que os sujeitos do GT preservam a diferenciação entre a mão dominante e aquela que tem uma prática menos frequente pode justificar os resultados. No caso do GP a não distinção entre as mãos revela uma degeneração da competência da mão dominante tornando-as assim semelhantes em termos de controlo motor. Ao verificarmos que alguns sujeitos do GP não conseguiram fazer o teste SL, mas todos foram capazes de realizar o teste FTT indica uma grande vantagem deste último principalmente em estados mais avançados da doença. Pois mesmo sem uma análise de uma tarefa de motricidade grossa ainda se consegue obter alguma informação sobre a evolução da doença através de uma tarefa de motricidade fina. Com os dados obtidos podemos também supor que o exercício físico terá algum impacto benéfico ao nível do controlo motor.

As limitações deste trabalho focam-se no facto da amostra do estudo 2 não ser representativa da população em estudo uma vez que era composta por um número reduzido de sujeitos, apesar disso era constituída por sujeitos que se encontravam em várias fases da doença sendo este um fator positivo para o estudo. O facto de não ter havido alternância entre tarefas também pode contribuir para um enviesamento dos resultados.

Podemos concluir que o estudo sobre os efeitos que o exercício tem na coordenação motora ainda é um tema recente e pouco estudado, apesar de existirem poucos estudos sobre o tema, verificaram-se algumas melhorias da coordenação motora com a prática de exercício físico. Juntamente com os resultados obtidos no estudo 2 pode-se perceber que existe uma relação benéfica entre o exercício físico e a DP. A presente dissertação revelou informações interessantes revelando quais as implicações que esta doença tem para o sistema motor do indivíduo. Observámos que o exercício físico tem um papel fundamental na prevenção e controlo da doença.

#### **4.1. Referências**

Brígida, N. (2023). ANALYSIS OF THE COMPLEXITY AND VARIABILITY OF FINE AND GROSS MOTOR TASKS IN FIBROMYALGIA PATIENTS: PRECISION AND RETROSPECTIVE CROSS-SECTIONAL STUDIES.

Brígida, N., Catela, D., Mercê, C., & Branco, M. (2024). Variability of gross and fine motor control in different tasks in fibromyalgia patients. 8.

- Camomilla, V., Bergamini, E., Fantozzi, S., & Vannozzi, G. (2018). Trends Supporting the In-Field Use of Wearable Inertial Sensors for Sport Performance Evaluation: A Systematic Review. *Sensors*, 18(3), 873. <https://doi.org/10.3390/s18030873>
- Earhart, G. M., & Falvo, M. J. (2013). Parkinson Disease and Exercise. Em R. Terjung (Ed.), *Comprehensive Physiology* (p. c100047). John Wiley & Sons, Inc. <https://doi.org/10.1002/cphy.c100047>
- Goldstein, S., & Naglieri, J. A. (Eds.). (2011). *Encyclopedia of Child Behavior and Development*. Springer US. <https://doi.org/10.1007/978-0-387-79061-9>
- Lew, M. (2007). Overview of Parkinson's Disease. *Pharmacotherapy*, 27(12 Part 2), 155S-160S. <https://doi.org/10.1592/phco.27.12part2.155S>
- Malling, A. S. B., Morberg, B. M., Wermuth, L., Gredal, O., Bech, P., & Jensen, B. R. (2019). Associations of Motor Symptom Severity and Quality of Life to Motor Task Performance in Upper and Lower Extremities Across Task Complexity in Parkinson's Disease. *Motor Control*, 23(4), 445–460. <https://doi.org/10.1123/mc.2018-0002>
- Marwan, N., Carmenromano, M., Thiel, M., & Kurths, J. (2007). Recurrence plots for the analysis of complex systems. *Physics Reports*, 438(5–6), 237–329. <https://doi.org/10.1016/j.physrep.2006.11.001>
- Rikli, R. E., & Jones, C. J. (2013). Development and Validation of Criterion-Referenced Clinically Relevant Fitness Standards for Maintaining Physical Independence in Later Years. *The Gerontologist*, 53(2), 255–267. <https://doi.org/10.1093/geront/gns071>
- Roalf, D. R., Rupert, P., Mechanic-Hamilton, D., Brennan, L., Duda, J. E., Weintraub, D., Trojanowski, J. Q., Wolk, D., & Moberg, P. J. (2018). Quantitative assessment of finger tapping characteristics in mild cognitive impairment, Alzheimer's disease, and Parkinson's disease. *Journal of Neurology*, 265(6), 1365–1375. <https://doi.org/10.1007/s00415-018-8841-8>
- Tysnes, O.-B., & Storstein, A. (2017). Epidemiology of Parkinson's disease. *Journal of Neural Transmission*, 124(8), 901–905. <https://doi.org/10.1007/s00702-017-1686-y>

## Referências Bibliográficas

- ACSM (Ed.). (2021). *ACSM's guidelines for exercise testing and prescription* (Eleventh edition). Wolters Kluwer.
- Alberts, J. L., & Rosenfeldt, A. B. (2020). The Universal Prescription for Parkinson's Disease: Exercise. *Journal of Parkinson's Disease*, 10(s1), S21–S27. <https://doi.org/10.3233/JPD-202100>
- Bai, Z., Fong, K. N. K., Zhang, J., & Hu, Z. (2020). Cortical mapping of mirror visual feedback training for unilateral upper extremity: A functional near-infrared spectroscopy study. *Brain and Behavior*, 10(1), e01489. <https://doi.org/10.1002/brb3.1489>
- Balestrino, R., & Schapira, A. H. V. (2020). Parkinson disease. *European Journal of Neurology*, 27(1), 27–42. <https://doi.org/10.1111/ene.14108>
- Bernshtein, N. A. (1967). *The co-ordination and regulation of movements* ([1st English ed.]). Pergamon Press.
- Brígida, N. (2023). *ANALYSIS OF THE COMPLEXITY AND VARIABILITY OF FINE AND GROSS MOTOR TASKS IN FIBROMYALGIA PATIENTS: PRECISION AND RETROSPECTIVE CROSS-SECTIONAL STUDIES*.
- Brígida, N., Catela, D., Mercê, C., & Branco, M. (2024). *Variability of gross and fine motor control in different tasks in fibromyalgia patients*. 8.
- Cabreira, V., & Massano, J. (2019). Doença de Parkinson: Revisão Clínica e Atualização. *Acta Médica Portuguesa*, 32(10), 661–670. <https://doi.org/10.20344/amp.11978>
- Camomilla, V., Bergamini, E., Fantozzi, S., & Vannozzi, G. (2018). Trends Supporting the In-Field Use of Wearable Inertial Sensors for Sport Performance Evaluation: A Systematic Review. *Sensors*, 18(3), 873. <https://doi.org/10.3390/s18030873>
- Caproni, S., & Colosimo, C. (2020). Diagnosis and Differential Diagnosis of Parkinson Disease. *Clinics in Geriatric Medicine*, 36(1), 13–24. <https://doi.org/10.1016/j.cger.2019.09.014>
- Cardoso, F. (2018). Vitamin B12 and Parkinson's Disease: What is the Relationship? *Movement Disorders*, 33(5), 702–703. <https://doi.org/10.1002/mds.27366>
- Catela, D., Branco, M., Seabra, A., & Mercê, C. (2015). *Catela, D., Branco, M., Seabra, A.P., & Mercê, C. (2015). Comportamento Motor: Constrangimentos & Affordances (Motor Behavior: Constraints & Affordances)*. (In press).
- Cerri, S., Mus, L., & Blandini, F. (2019). Parkinson's Disease in Women and Men: What's the Difference? *Journal of Parkinson's Disease*, 9(3), 501–515.

<https://doi.org/10.3233/JPD-191683>

Chung, C. L. H., Thilarajah, S., & Tan, D. (2016). Effectiveness of resistance training on muscle strength and physical function in people with Parkinson's disease: A systematic review and meta-analysis. *Clinical Rehabilitation*, 30(1), 11–23. <https://doi.org/10.1177/0269215515570381>

Dahdal, P., Meyer, A., Chaturvedi, M., Nowak, K., Roesch, A. D., Fuhr, P., & Gschwandtner, U. (2016). Fine Motor Function Skills in Patients with Parkinson Disease with and without Mild Cognitive Impairment. *Dementia and Geriatric Cognitive Disorders*, 42(3–4), 127–134. <https://doi.org/10.1159/000448751>

David, C., Branco, M., Seabra, A., & Mercê, C. (2015). *Comportamento Motor: Constrangimentos & Affordances (Motor Behavior: Constraints & Affordances)*.

de Carvalho, A. O., Filho, A. S. S., Murillo-Rodriguez, E., Rocha, B., Carta, M. G., & Machado, S. (2018). *Physical Exercise For Parkinson's Disease: Clinical And Experimental Evidence*. 10.

De Maio, M., Castellani, L., Cugusi, L., Cortis, C., & Fusco, A. (2022). The Effect of a Combined Exercise Program on Postural Control and Fine Motor Skills in Parkinson's Disease: Study Design. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(22), 15216. <https://doi.org/10.3390/ijerph192215216>

Duncan, P. W., Weiner, D. K., Chandler, J., & Studenski, S. (1990). Functional Reach: A New Clinical Measure of Balance. *Journal of Gerontology*, 45(6), M192–M197. <https://doi.org/10.1093/geronj/45.6.M192>

Earhart, G. M., & Falvo, M. J. (2013). Parkinson Disease and Exercise. Em R. Terjung (Ed.), *Comprehensive Physiology* (p. c100047). John Wiley & Sons, Inc. <https://doi.org/10.1002/cphy.c100047>

Feng, Y.-S., Yang, S.-D., Tan, Z.-X., Wang, M.-M., Xing, Y., Dong, F., & Zhang, F. (2020). The benefits and mechanisms of exercise training for Parkinson's disease. *Life Sciences*, 245, 117345. <https://doi.org/10.1016/j.lfs.2020.117345>

Glazier, P. S., Davids, K., & Bartlett, R. M. (2003). *DYNAMICAL SYSTEMS THEORY: a Relevant Framework for Performance-Oriented Sports Biomechanics Research*.

Goetz, C. G. (2011). The History of Parkinson's Disease: Early Clinical Descriptions and Neurological Therapies. *Cold Spring Harbor Perspectives in Medicine*, 1(1), a008862–a008862. <https://doi.org/10.1101/cshperspect.a008862>

Goldfield, E. C. (1995). *Emergent forms: Origins and early development of human action and perception*. Oxford University Press.

Goldstein, S., & Naglieri, J. A. (Eds.). (2011). *Encyclopedia of Child Behavior and*

- Development*. Springer US. <https://doi.org/10.1007/978-0-387-79061-9>
- Haibach-Beach, P. S., Reid, G., & Collier, D. H. (2018a). *Motor learning and development* (Second edition). Human Kinetics.
- Haibach-Beach, P. S., Reid, G., & Collier, D. H. (2018b). *Motor learning and development* (Second edition). Human Kinetics.
- Jankovic, J. (2008). Parkinson's disease: Clinical features and diagnosis. *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry*, 79(4), 368–376. <https://doi.org/10.1136/jnnp.2007.131045>
- Kelso, J. A. S. (1999). *Dynamic patterns: The self-organization of brain and behavior* (3.print). MIT Press.
- Kempster, P. A., Hurwitz, B., & Lees, A. J. (2007). A new look at James Parkinson's Essay on the Shaking Palsy. *Neurology*, 69(5), 482–485. <https://doi.org/10.1212/01.wnl.0000266639.50620.d1>
- Lew, M. (2007). Overview of Parkinson's Disease. *Pharmacotherapy*, 27(12 Part 2), 155S-160S. <https://doi.org/10.1592/phco.27.12part2.155S>
- Liu, X., Chen, S., & Wang, Y. (2016). Effects of Health Qigong Exercises on Relieving Symptoms of Parkinson's Disease. *EVIDENCE-BASED COMPLEMENTARY AND ALTERNATIVE MEDICINE*, 2016. <https://doi.org/10.1155/2016/5935782>
- M. T. Turvey. (1990). Coordination. Em *Coordination* (Vol. 45, pp. 938–953).
- Malling, A. S. B., Morberg, B. M., Wermuth, L., Gredal, O., Bech, P., & Jensen, B. R. (2019). Associations of Motor Symptom Severity and Quality of Life to Motor Task Performance in Upper and Lower Extremities Across Task Complexity in Parkinson's Disease. *Motor Control*, 23(4), 445–460. <https://doi.org/10.1123/mc.2018-0002>
- Mancini, M., Horak, F. B., & Nutt, J. G. (2020). *Balance dysfunction in Parkinson's disease: Basic mechanisms to clinical management*. Elsevier/Academic Press.
- Marwan, N., Carmenromano, M., Thiel, M., & Kurths, J. (2007a). Recurrence plots for the analysis of complex systems. *Physics Reports*, 438(5–6), 237–329. <https://doi.org/10.1016/j.physrep.2006.11.001>
- Marwan, N., Carmenromano, M., Thiel, M., & Kurths, J. (2007b). Recurrence plots for the analysis of complex systems. *Physics Reports*, 438(5–6), 237–329. <https://doi.org/10.1016/j.physrep.2006.11.001>
- Marwan, N., & Webber, C. L. (2015). Mathematical and Computational Foundations of Recurrence Quantifications. Em C. L. Webber, & N. Marwan (Eds.), *Recurrence Quantification Analysis* (pp. 3–43). Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-07155-8\\_1](https://doi.org/10.1007/978-3-319-07155-8_1)

- Marwan, N., Webber, C. L., Macau, E. E. N., & Viana, R. L. (2018). Introduction to focus issue: Recurrence quantification analysis for understanding complex systems. *Chaos: An Interdisciplinary Journal of Nonlinear Science*, 28(8), 085601. <https://doi.org/10.1063/1.5050929>
- Massano, J., & Bhatia, K. P. (2012). Clinical Approach to Parkinson's Disease: Features, Diagnosis, and Principles of Management. *Cold Spring Harbor Perspectives in Medicine*, 2(6), a008870–a008870. <https://doi.org/10.1101/cshperspect.a008870>
- Matheis, M., & Estabillo, J. A. (2018). Assessment of Fine and Gross Motor Skills in Children. Em J. L. Matson (Ed.), *Handbook of Childhood Psychopathology and Developmental Disabilities Assessment* (pp. 467–484). Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-93542-3\\_25](https://doi.org/10.1007/978-3-319-93542-3_25)
- Mercê, C. (2017). *Postural Control in Preschool Children With Developmental Coordination Disorder, in a Sitting Position during a Functional Task* [Mestrado]. Instituto Politécnico de Santarém, Escola Superior de Desporto de Rio Maior.
- Mercê, C., Santos, C., Branco, M., & Catela, D. (2013). *ANÁLISE DE RECORRÊNCIA NA SINCRONIZAÇÃO NÃO INTENCIONAL ENTRE CRIANÇAS DURANTE A EXECUÇÃO DO PASSE TOQUE AO LADO, DA GINÁSTICA AERÓBICA*.
- Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J., Altman, D. G., & The PRISMA Group. (2009). Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses: The PRISMA Statement. *PLoS Medicine*, 6(7), e1000097. <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1000097>
- Myers, J., Nieman, D. C., & American College of Sports Medicine (Eds.). (2010). *ACSM's resources for clinical exercise physiology: Musculoskeletal, neuromuscular, neoplastic, immunologic, and hematologic conditions* (2nd ed). Wolters Kluwer Health/Lippincott Williams & Wilkins Health.
- Newell, K. M. (1986). *Motor development in children: Aspects of coordination and control*.
- Oña, E. D., Balaguer, C., Cano-de la Cuerda, R., Collado-Vázquez, S., & Jardón, A. (2018). Effectiveness of Serious Games for Leap Motion on the Functionality of the Upper Limb in Parkinson's Disease: A Feasibility Study. *Computational Intelligence and Neuroscience*, 2018, 7148427. <https://doi.org/10.1155/2018/7148427>
- Osness, W. H., & Council on Aging and Adult Development (U.S.) (Eds.). (1990). *Functional fitness assessment for adults over 60 years: A field based assessment*. American Alliance for Health, Physical Education, Recreation, and Dance, Association for Research, Administration, Professional Councils, and Societies, Council on Aging and Adult Development.

- Poewe, W., Seppi, K., Tanner, C. M., Halliday, G. M., Brundin, P., Volkmann, J., Schrag, A.-E., & Lang, A. E. (2017). Parkinson disease. *Nature Reviews Disease Primers*, 3(1), 17013. <https://doi.org/10.1038/nrdp.2017.13>
- Rikli, R. E., & Jones, C. J. (2013a). Development and Validation of Criterion-Referenced Clinically Relevant Fitness Standards for Maintaining Physical Independence in Later Years. *The Gerontologist*, 53(2), 255–267. <https://doi.org/10.1093/geront/gns071>
- Rikli, R. E., & Jones, C. J. (2013b). *Senior fitness test manual* (2nd ed). Human Kinetics.
- Riley, M. A., Balasubramaniam, R., & Turvey, M. T. (1999). Recurrence quantification analysis of postural fluctuations. *Gait & Posture*, 9(1), 65–78. [https://doi.org/10.1016/S0966-6362\(98\)00044-7](https://doi.org/10.1016/S0966-6362(98)00044-7)
- Riley, M. A. & Webber, C. (2005). *Tutorials in Contemporary Nonlinear Methods*. 407.
- Roalf, D. R., Rupert, P., Mechanic-Hamilton, D., Brennan, L., Duda, J. E., Weintraub, D., Trojanowski, J. Q., Wolk, D., & Moberg, P. J. (2018). Quantitative assessment of finger tapping characteristics in mild cognitive impairment, Alzheimer’s disease, and Parkinson’s disease. *Journal of Neurology*, 265(6), 1365–1375. <https://doi.org/10.1007/s00415-018-8841-8>
- Rodrigues, M. J. (2015). *Benefícios de um Programa Combinado de Exercício com Vizualização Mental em Doentes com Parkinson*.
- Schmidt, R. A., Lee, T. D., Winstein, C. J., Wulf, G., & Zelaznik, H. N. (2019). *Motor control and learning: A behavioral emphasis* (Sixth edition). Human Kinetics.
- Souza, A., Braco, S., Biagiotto, P., da Silveira, M., de Assis, W., Higino, W., & Leme, J. (2016). EFFECTS OF PARTICIPATION IN PHYSICAL TRAINING PROGRAM FOR PATIENT WITH PARKINSON’S DISEASE: A CASE REPORT. *BIOSCIENCE JOURNAL*, 32(3), 773–780.
- Sutoo, D., & Akiyama, K. (2003). Regulation of brain function by exercise. *Neurobiology of Disease*, 13(1), 1–14. [https://doi.org/10.1016/S0969-9961\(03\)00030-5](https://doi.org/10.1016/S0969-9961(03)00030-5)
- Suzumura, S., Osawa, A., Nagahama, T., Kondo, I., Sano, Y., & Kandori, A. (2016). Assessment of finger motor skills in individuals with mild cognitive impairment and patients with Alzheimer’s disease: Relationship between finger-to-thumb tapping and cognitive function. *Japanese Journal of Comprehensive Rehabilitation Science*, 7(0), 19–28. <https://doi.org/10.11336/jjcrs.7.19>
- Tiago, M. S. F., Almeida, F. O., Santos, L. S., & Veronezi, R. J. B. (2001). Instrumentos de avaliação de qualidade de vida na doença de Parkinson. *Revista Neurociências*, 18(4), 538–543. <https://doi.org/10.34024/rnc.2010.v18.8437>
- Tolosa, E., Garrido, A., Scholz, S. W., & Poewe, W. (2021). Challenges in the diagnosis

of Parkinson's disease. *The Lancet Neurology*, 20(5), 385–397.  
[https://doi.org/10.1016/S1474-4422\(21\)00030-2](https://doi.org/10.1016/S1474-4422(21)00030-2)

Tomioka, K., Iwamoto, J., Saeki, K., & Okamoto, N. (2011). Reliability and validity of the International Physical Activity Questionnaire (IPAQ) in elderly adults: The Fujiwara-kyo Study. *Journal of Epidemiology*, 21(6), 459–465.

Tysnes, O.-B., & Storstein, A. (2017). Epidemiology of Parkinson's disease. *Journal of Neural Transmission*, 124(8), 901–905. <https://doi.org/10.1007/s00702-017-1686-y>

Wang, C., Shieh, W., Ho, C., Hu, Y., & Wu, Y. (2018). Home-Based Orolingual Exercise Improves the Coordination of Swallowing and Respiration in Early Parkinson Disease: A Quasi-Experimental Before-and-After Exercise Program Study. *FRONTIERS IN NEUROLOGY*, 9. <https://doi.org/10.3389/fneur.2018.00624>

Xu, X., Fu, Z., & Le, W. (2019). Exercise and Parkinson's disease. Em *International Review of Neurobiology* (Vol. 147, pp. 45–74). Elsevier.  
<https://doi.org/10.1016/bs.irn.2019.06.003>

## ANEXOS

## 1. Caracterização da Amostra do GP

Código	Idade	Sexo	Exercício Físico (IPAQ)	Lateralidade	Lateralidade da expressão da doença	Tipo de Parkinson	Nível da Doença	Hoehn and Yahr (2001)	Medicação atual	Nº de tomas da medicação antes do momento das testagens	Quanto tempo passou desde a última toma da medicação até à testagem	Histórico Familiar	Outros constrangimentos intrínsecos	Registos Anedóticos durante as recolhas
S01	65	M	Alto	Direita	Esquerda	-	Ligeiro	-	Sinemet e Xadago	1 toma	1h40	Não	-	-
S02	69	M	Moderado	Direita	Direita	Tremórica	Ligeiro	2	Sinemet 25/100mg 1+1+1	1 toma	1h10	Não	-	-
S03	67	F	Baixo	Direita	Direita	Acinético Rígida	Ligeiro	2	Sinemet 25/100mg 1+1+1	1 toma	1h15	Não	-	-
S04	75	M	Alto	Direita	Esquerda	Tremórica	Moderada	3	Sinemet 25/100 1.5cp 1+1+1+1, Madopar HBS 2 cp à noite	1 toma	2h45	Irmão mais velho	-	-
S05	78	M	Baixo	Direita	-	Dificuldade na marcha e instabilidade postural	Moderada	3	Madopar 200 mg + 50 mg 1+1+1+1, Madopar HBS 2 cp ao deitar, Selegilina 5mg 1+1+0	1 toma	4h15	Não	Não fez o teste SL porque operou visícula 1 semana antes das testagens	Este sujeito não apresenta sintomas ao nível das mãos
S06	55	M	Alto	Esquerda	Esquerda	Acinético Rígida	Ligeiro	2	Sinemet 100/25mg 1+1+1+1, ropinirol 6mg 1+0+0	2 tomas	1h15	Não	-	-
S07	58	F	Moderado	Direita	Esquerda	Acinético Rígida	Avançado	4	Safinamida 100 1+0+0, sinemet 25/250mg 1+1/2+1+1/2 +1, amantadina 100mg 1+0+1, sinemet CR 1 cp às 23h	3 tomas	30min	Tia Materna (irmã da mãe)	-	-
S08	72	M	Baixo	Direita	Direita	Acinético rígida	Avançado	4	Safinamida 50mg 1+0+0, Stalevo 150mg 1+1+1+1+1, Madopar HBS 2 cp à noite, Trihexafenidil o 2mg 1/2+0+1/2	1 toma	1h45	Não	Não realizou o teste SL porque não se conseguia levantar sem a ajuda dos membros superiores	-
S09	72	F	Baixo	Direita	Esquerda	Tremorica e acinético rígida	Moderado	3	Sinemet 25/100mg 1+1+1+1	1 toma	1h30	Não	-	Muito nervosa; já tinha pouca locomoção, usava uma canadiana para ajudar. Apesar disso conseguiu fazer o teste SL mas com poucas repetições
S10	78	M	Baixo	Direita	Direita	Tremorica	Ligeiro-moderado	3	Sinemet 25/100mg 1+1+1+1, Trihexafenidil o 2mg 0+0+1	1 toma	1h15	Não	Não sente tantos sintomas nas mãos. Problema a nível da coluna, tinha terminado um conjunto de sessões de fisioterapia há pouco tempo.	Muita dificuldade no teste de SL. Demorou muito tempo a fazer a primeira repetição.
S11	76	M	Moderado	Esquerda	Direita	Acinético rígida	Ligeiro-moderado	3	Sinemet 25/250mg 1+1+1+1, rivastigmina 9.5mg/24h, amantadina 100mg 1+1+1	1 toma	2h	Não	Não realizou o teste SL porque não se conseguia levantar sem a ajuda da canadiana	No questionário colocou a mão direita como a mais afetada pela doença mas a olho nu pareceu-me a esquerda com o movimento mais afetado

## 2. Caracterização da Amostra do GT

Código	Idade	Sexo	Exercício Físico (IPAQ)	Lateralidade	Medicação atual	Quanto tempo passou desde a última toma da medicação até à testagem	Histórico Familiar	Outros constrangimentos intrínsecos	Anotações anedóticas
S12	67	F	Alto	Direita	Ramipril	30min	-	-	-
S13	55	M	Alto	Direita	Zestril 5MG	4h	-	-	-
S14	73	F	Moderado	Direita	Colestrol	-	-	-	-
S15	73	M	Moderado	Direita	Atozet e Hisimopril	1h	-	-	-
S16	75	M	Moderado	Direita	Diovam; Solpiderm; Alfrazolam;	30min	-	-	-
S17	71	M	Baixo	Direita	Protetor de estômago	3h	Pai faleceu com 86 anos de ataque cardíaco	-	-
S18	77	M	Moderado	Direita	Diluição do sangue; Ácido húrico; hipertensão; aspirina (para coração); arroz vermelho (para o colesterol)	1h	Mãe faleceu de bócio	-	-
S19	77	M	Baixo	Direita	Hipertensão; protetor de estômago; Eliquis (diluição do sangue); Laurinium	2h	Mãe faleceu de bócio	-	-
S20	70	M	Alto	Direita	Pitavastatina 1MG; Silodozina 4MG	13h	Mãe com demência e Alzheimer	Tinha acabado de fazer exercício físico na passadeira e elíptica	Sensor não pediu para calibrar antes das testagens
S21	62	M	Baixo	Ambidestro	-	-	-	-	-
S22	60	F	Baixo	Direita	-	-	Pai diagnosticado com Parkinson	-	-

### 3. Consentimento Informado GP



#### **Instituto Politécnico de Santarém** **Escola Superior de Desporto de Rio Maior**

Exm<sup>o</sup>/<sup>a</sup>. Sr.<sup>(s)</sup>

A investigadora Susana Rodrigues, sob orientação do Professor Doutor Marco Branco e do Professor Doutor David Catela irá elaborar um estudo de investigação do Mestrado em Atividade Física e Saúde da Escola Superior de Desporto de Rio Maior, intitulado "Avaliação da Coordenação Motora em Movimentos de Motricidade Fina e Grossa em Doentes de Parkinson: Revisão Sistemática e Estudo Transversal". A Doença de Parkinson (DP) é uma doença crónica e degenerativa de carácter progressivo que afeta aproximadamente 6 milhões de pessoas mundialmente, tornando-se assim a segunda doença neurodegenerativa mais comum, a seguir ao Alzheimer. Conhecida por alguns sinais e sintomas motores clássicos como rigidez, acinesia, bradicinesia, tremor e instabilidade postural que resultam da deficiência de um neurotransmissor, a dopamina. Todos os sinais e sintomas têm um alto impacto na função e qualidade de vida do indivíduo.

Com objetivo de avaliar a coordenação motora fina e grossa desta população, pretendemos analisar a execução de movimentos simples tais como o toque com o dedo numa mesa ou sentar e levantar de uma cadeira, durante alguns segundos.

O estudo requer a recolha de dados com sensores inerciais e vídeo (apenas gravação do movimento da mão) e dos membros inferiores durante a realização dos movimentos referidos anteriormente. As recolhas de dados não implicam qualquer tipo de risco presente ou futuro para os participantes.

Na ficha de registo dos dados, não constará o nome dos participantes e a identificação de cada um será realizada através de uma letra e um número (por exemplo: S01). Como em qualquer investigação, o tratamento dos dados é confidencial e anónimo. Os dados só serão utilizados para publicações científicas e as identificações serão destruídas 3 anos após o término do estudo. Os resultados serão disponibilizados em formato de relatório e esclarecidos se solicitados. Se publicados, os dados só serão apresentados em valores estatísticos, por exemplo, média e com as identificações codificadas.

Deste modo, vimos solicitar a V.<sup>a</sup> Ex.<sup>a</sup> que se digne autorizar a referida investigadora a recolher e tratar os dados no âmbito deste estudo. A equipa de investigação está inteiramente à disposição de V.<sup>a</sup> Ex.<sup>a</sup> para quaisquer esclarecimentos adicionais.

Antecipadamente grata pela atenção dispensada,

Horta, em \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_

P<sup>l</sup>a Equipa de Investigação

Contactos: E-mail: susana\_rodrigues98@hotmail.com Telemóvel: +351 968969305

✍️----- (Separar por aqui e ficar com Pedido de Consentimento Informado) -----

Declaro ter lido e compreendido este documento, bem como as informações verbais que me foram fornecidas pela equipa de investigação. Foi garantida a possibilidade de, em qualquer altura, recusar a divulgação das informações supramencionadas sem qualquer tipo de consequências para o meu educando. Desta forma, aceito que sejam utilizados e gravados os dados do meu educando que de forma voluntária fornece, confiando aos membros colaboradores da investigação que apenas serão usados para os fins descritos no presente documento.

#### **Investigador responsável**

Assinatura: \_\_\_\_\_ Data: \_\_\_\_ / \_\_\_\_ / \_\_\_\_

#### **Tutor do participante do estudo**

Assinatura: \_\_\_\_\_ Data: \_\_\_\_ / \_\_\_\_ / \_\_\_\_

#### **Participante do estudo (Caso consiga)**

Assinatura: \_\_\_\_\_ Data: \_\_\_\_ / \_\_\_\_ / \_\_\_\_

## 4. Consentimento Informado GT



### Instituto Politécnico de Santarém Escola Superior de Desporto de Rio Maior

Exm<sup>o</sup>/<sup>a</sup>. Sr.<sup>o</sup>(<sup>a</sup>)

A investigadora Susana Rodrigues, sob orientação do Professor Doutor Marco Branco e do Professor Doutor David Catela irá elaborar um estudo de investigação do Mestrado em Atividade Física e Saúde da Escola Superior de Desporto de Rio Maior, intitulado "Avaliação da Coordenação Motora em Movimentos de Motricidade Fina e Grossa em Doentes de Parkinson: Revisão Sistemática e Estudo Transversal". A Doença de Parkinson (DP) é uma doença crónica e degenerativa de carácter progressivo que afeta aproximadamente 6 milhões de pessoas mundialmente, tornando-se assim a segunda doença neurodegenerativa mais comum, a seguir ao Alzheimer. Conhecida por alguns sinais e sintomas motores clássicos como rigidez, acinesia, bradicinesia, tremor e instabilidade postural que resultam da deficiência de um neurotransmissor, a dopamina. Todos os sinais e sintomas têm um alto impacto na função e qualidade de vida do indivíduo.

Com objetivo de avaliar a coordenação motora fina e grossa desta população, pretendemos analisar a execução de movimentos simples tais como o toque com o dedo numa mesa ou sentar e levantar de uma cadeira, durante alguns segundos.

O estudo requer a recolha de dados com sensores inerciais e vídeo (apenas gravação do movimento da mão) e dos membros inferiores durante a realização dos movimentos referidos anteriormente. As recolhas de dados não implicam qualquer tipo de risco presente ou futuro para os participantes.

Na ficha de registo dos dados, não constará o nome dos participantes e a identificação de cada um será realizada através de uma letra e um número (por exemplo: S01). Como em qualquer investigação, o tratamento dos dados é confidencial e anónimo. Os dados só serão utilizados para publicações científicas e as identificações serão destruídas 3 anos após o término do estudo. Os resultados serão disponibilizados em formato de relatório e esclarecidos se solicitados. Se publicados, os dados só serão apresentados em valores estatísticos, por exemplo, média e com as identificações codificadas.

Deste modo, vimos solicitar a V.<sup>a</sup> Ex.<sup>a</sup> que se digne autorizar a referida investigadora a recolher e tratar os dados no âmbito deste estudo. A equipa de investigação está inteiramente à disposição de V.<sup>a</sup> Ex.<sup>a</sup> para quaisquer esclarecimentos adicionais.

Antecipadamente grata pela atenção dispensada,

Horta, em \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_

P<sup>l</sup>a Equipa de Investigação

Contactos: E-mail: susana\_rodrigues98@hotmail.com Telemóvel: +351 968969305

✂-----(Separar por aqui e ficar com Pedido de Consentimento Informado)-----

Declaro ter lido e compreendido este documento, bem como as informações verbais que me foram fornecidas pela equipa de investigação. Foi garantida a possibilidade de, em qualquer altura, recusar a divulgação das informações supramencionadas sem qualquer tipo de consequências para o meu educando. Desta forma, aceito que sejam utilizados e gravados os dados do meu educando que de forma voluntária fornece, confiando aos membros colaboradores da investigação que apenas serão usados para os fins descritos no presente documento.

#### Investigador responsável

Assinatura: \_\_\_\_\_ Data: \_\_\_\_ / \_\_\_\_ / \_\_\_\_

#### Participante do estudo

Assinatura: \_\_\_\_\_ Data: \_\_\_\_ / \_\_\_\_ / \_\_\_\_

## 5. Questionário GP



### **Instituto Politécnico de Santarém** **Escola Superior de Desporto de Rio Maior** **Mestrado em Atividade Física e Saúde**

A investigadora Susana Rodrigues, sob orientação do Professor Doutor Marco Branco e do Professor Doutor David Catela irá elaborar um estudo de investigação do Mestrado de Atividade Física e Saúde da Escola Superior de Desporto de Rio Maior, intitulado "Avaliação da Coordenação Motora Intra e Intersegmentar em Movimentos de Motricidade Fina e Grossa em Doentes de Parkinson: Revisão Sistemática e Estudo Transversal". Este questionário tenciona recolher algumas informações úteis para o desenvolvimento do estudo. A informação recolhida terá sempre como garantia a sua confidencialidade e em momento algum os dados serão transmitidos a terceiros. O conteúdo será recolhido de forma anónima.

**Código do Sujeito:** \_\_\_\_\_

**Dados Pessoais:**

Idade: \_\_\_\_\_

Sexo: Feminino \_\_\_\_\_ Masculino \_\_\_\_\_

Contacto: \_\_\_\_\_

Ocupação: \_\_\_\_\_

**Dados sobre a doença:**

Que tipo de Parkinson tem? \_\_\_\_\_

Há quanto tempo a doença foi diagnosticada? \_\_\_\_\_

Histórico familiar: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Em que lado do corpo começaram os sinais e sintomas? Direito \_\_\_\_\_ Esquerdo \_\_\_\_\_

Que medicação toma? \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Quando começou a tomar? \_\_\_\_\_

Qual a sua mão dominante? Direita \_\_\_\_\_ Esquerda \_\_\_\_\_

Qual a mão afetada pela doença? Direita \_\_\_\_\_ Esquerda \_\_\_\_\_

Tem mais alguma doença diagnosticada? Não \_\_\_\_\_ Sim \_\_\_\_\_

Se respondeu sim à questão anterior refira qual(ais) \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

A que horas foi a última toma da medicação? \_\_\_\_\_. Quanto tempo passou? \_\_\_\_\_

## 6. Questionário GT



### **Instituto Politécnico de Santarém** **Escola Superior de Desporto de Rio Maior** **Mestrado em Atividade Física e Saúde**

A investigadora Susana Rodrigues, sob orientação do Professor Doutor Marco Branco e do Professor Doutor David Catela irá elaborar um estudo de investigação do Mestrado de Atividade Física e Saúde da Escola Superior de Desporto de Rio Maior, intitulado "Avaliação da Coordenação Motora Intra e Intersegmentar em Movimentos de Motricidade Fina e Grossa em Doentes de Parkinson: Revisão Sistemática e Estudo Transversal". Este questionário tenciona recolher algumas informações úteis para o desenvolvimento do estudo. A informação recolhida terá sempre como garantia a sua confidencialidade e em momento algum os dados serão transmitidos a terceiros. O conteúdo será recolhido de forma anónima.

**Código do Sujeito:** \_\_\_\_\_

**Dados Pessoais:**

Idade: \_\_\_\_\_

Sexo: Feminino \_\_\_\_\_ Masculino \_\_\_\_\_

Contacto: \_\_\_\_\_

Ocupação: \_\_\_\_\_

**Histórico de saúde:**

Tem alguma doença diagnosticada? Não \_\_\_\_\_ Sim \_\_\_\_\_

Se respondeu sim à questão anterior refira qual(ais) \_\_\_\_\_

Histórico familiar: \_\_\_\_\_

Toma alguma medicação? Não \_\_\_\_\_ Sim \_\_\_\_\_

Se respondeu sim à questão anterior refira qual(ais) \_\_\_\_\_

Quando começou a tomar? \_\_\_\_\_

Qual a sua mão dominante? Direita \_\_\_\_\_ Esquerda \_\_\_\_\_

A que horas foi a última toma da medicação? \_\_\_\_\_. Quanto tempo passou? \_\_\_\_\_

## 7. Parecer Comissão de Ética do Instituto Politécnico de Santarém

---

### DECLARAÇÃO

#### COMISSÃO DE ÉTICA DA UNIDADE DE INVESTIGAÇÃO DO IPSANTARÉM

##### EMISSÃO DE PARECER Nº6A-2023ESDRM

**Identificação do Investigador** | Susana Rodrigues (ESDRM)

**Identificação do Projeto** | *Avaliação da Coordenação Motora em Movimentos de Motricidade Fina e Grossa em Doentes de Parkinson*

Considerando que:

- É um trabalho académico conferidor de grau de mestrado;
- Apresenta referencial teórico baseado em literatura, objetivo geral e metodologia;
- Apresenta o consentimento informado livre e esclarecido com referência à Declaração de Helsínquia, incluindo o objetivo do estudo;
- Assegura o anonimato em todo o processo de recolha e tratamento de dados.

A Comissão de Ética entende emitir um parecer favorável condicionado ao preenchimento do seguinte requisito:

- Especificação do perfil dos participantes que irão integrar a amostra detalhando quais são os critérios de inclusão e de exclusão conforme o procedimento científico, previamente definidos pela investigadora independentemente do modo e de quem concretiza os respetivos contactos.

Santarém, 21 de março de 2023

Pedro Oliveira



(Coordenador)

Rafael Oliveira



(Subcoordenador)

## 8. Parecer Comissão de Ética do Hospital da Horta

	<b>NOTA INTERNA</b>	CÓD. SERVIÇO: CETICA
	<b>Distribuída a: Susana Rodrigues</b>	Nº DOC.: 33 DATA: 06.02.2023 PÁGS: 1/1

**ASSUNTO:** Estudo de investigação do Mestrado em Atividade Física e Saúde da Escola Superior de Desporto de Rio Maior – Avaliação da Coordenação Motora em Movimentos de Motricidade fina e grossa em Doentes com Parkinson

Parecer nº. 12/2022

A Comissão de Ética do Hospital da Horta, após análise dos documentos recebidos, deliberou emitir o seguinte parecer:

- 1** – A CETICA considera de relevância o estudo em apreço.
- 2** – Pelos documentos apresentados a CETICA observa que são cumpridos os necessários requisitos de idoneidade do projeto bem como garantida a confidencialidade e demais direitos do doente.
- 3** – A CETICA dá parecer positivo ao solicitado e recomenda que a ficha de dados pessoais deve ser numerada para facilitar o tratamento dos dados.
- 4** – Para cumprimento do número anterior, recomenda-se igualmente que, sempre que possível, seja fornecido ao paciente, cuidadores ou familiares, consoante a situação, folheto informativo sobre o estudo em apreço.

Com os melhores cumprimentos.

A Vice-Presidente da Comissão de Ética do HH  
Enfª. Sandra Dias

  
\_\_\_\_\_

