



Programa de Pós-Graduação em

Computação Aplicada

Mestrado/Doutorado Acadêmico

José Ernesto da Silva Barbosa

MAETF: Modelo de Análise de Evolução de Tratamento
Fisioterápico

São Leopoldo, 2019

UNIVERSIDADE DO VALE DO RIO DOS SINOS - UNISINOS
UNIDADE ACADÊMICA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO
EM COMPUTAÇÃO APLICADA
NÍVEL MESTRADO

JOSÉ ERNESTO DA SILVA BARBOSA

**MAETF: MODELO DE ANÁLISE DE EVOLUÇÃO DE TRATAMENTO
FISIOTERÁPICO**

Estudo de caso em Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica

São Leopoldo

2019

B238m Barbosa, José Ernesto da Silva.
 MAETF: Modelo de Análise de Evolução de Tratamento
Fisioterápico: estudo de caso em Doença Pulmonar Obstrutiva
Crônica / José Ernesto da Silva Barbosa. – 2019.
 191 f. : il. color. ; 30 cm.

 Dissertação (mestrado) – Universidade do Vale do Rio dos Sinos,
Programa de Pós-Graduação em Computação Aplicada, São
Leopoldo, 2019.
 “Orientador: Dr^a. Marta Villamil ; Coorientador: Dr^a. Marta
Bez.”

1. Reabilitação. 2. Aprendizado do computador. 3.
Pneumopatias obstrutivas. 4. Visão computacional. I. Título.

CDU 004

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

(Bibliotecária: Bruna Sant’Anna – CRB 10/2360)

José Ernesto da Silva Barbosa

MAETF: Modelo de Análise de Evolução de Tratamento Fisioterápico
Estudo de caso em Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica

Dissertação/Tese apresentada à Universidade do Vale do Rio dos Sinos – Unisinos, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre/Doutor em Computação Aplicada.

Aprovado em 11 de abril de 2019

BANCA EXAMINADORA

Rodrigo da Rosa Righi – UNISINOS

Adenauer Corrêa Yamin – UFPel

Cristiano André da Costa – UNISINOS

Prof. Dr^a. Marta Villamil (Orientador)

Visto e permitida a impressão
São Leopoldo,

Prof. Dr. Rodrigo da Rosa Righi
Coordenador PPG em Computação Aplicada

AGRADECIMENTOS

Ao longo desta trajetória acadêmica muitos desafios foram superados, mas sempre com o apoio de pessoas que foram essenciais ou para a elaboração desta dissertação ou como apoio em momentos mais difíceis.

Agradeço primeiramente aos meus pais Gisleine e José Pedro, por todo o apoio, amor e dedicação. Sem eles não chegaria até aqui. Do mesmo modo agradeço aos meus irmãos Pedro e Joseleine, por toda a ajuda durante este trajeto.

À Greice Kelli, que compreendeu meus muitos momentos de turbulência e me deu todo o apoio necessário para prosseguir e alcançar meus objetivos.

Aos meus amigos que, mesmo não tendo sido nomeados, sempre estiveram ao meu lado, auxiliando sempre que necessário e compreendendo minhas ausências nestes últimos meses.

Por fim, gostaria de agradecer especialmente às minhas orientadoras Marta Villamil e Marta Bez, pela orientação, direcionamento para a construção desta dissertação e por todo o apoio para a definição antes do início desta trajetória, durante e também às vésperas da sua entrega.

RESUMO

Atualmente, com a crescente evolução da tecnologia, existem inúmeras pesquisas na área de saúde voltadas à melhora da qualidade de vida de pacientes. Tecnologias como *Machine Learning*, por exemplo, permitem a análise automatizada de dados de forma extremamente rápida, devido à velocidade de processamento dos computadores, especialmente com a utilização de placas de vídeo avançadas. Os programas de acompanhamento de pacientes com Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica atuais dependem demasiadamente de análises presenciais, fato que limita os pacientes que cada profissional pode atender. Do mesmo modo, são limitados os dados a serem analisados, pois são em pequena quantidade e registrados manualmente. O modelo descrito neste trabalho é de natureza aplicada, pois tem por objetivo solucionar um problema de ordem prática. Os dados foram analisados de forma qualitativa, através de uma análise de uso, sem, para tanto, quantificar resultados. Os objetivos deste trabalho enquadram-no como pesquisa exploratória, pois será proposta uma nova solução, que atenda ao problema proposto e amplie os conhecimentos inerentes ao contexto que já foram explorados. O estudo tem procedimentos técnicos bibliográfico e experimental. Foi implementada uma aplicação do modelo que permitiu a extração de movimentos de pontos-chave do corpo para acompanhamento histórico e avaliação do progresso do paciente de forma manual ou automatizada, utilizando o cálculo de similaridade de séries temporais através dos algoritmos de distância euclidiana e *dynamic time warping*. Com o modelo apresentado foi possível determinar o percentual de aumento de cerca de 75% na similaridade dos movimentos de exercícios ao longo de sessões de tratamento fisioterápico.

Palavras-Chave: Reabilitação. DPOC. Visão Computacional. *Machine Learning*.

ABSTRACT

Currently, with the increasing evolution of technology, there are countless researches in the area of health aimed at improving the quality of life of patients. Technologies such as Machine Learning, for example, enable automated data analysis extremely fast due to the processing speed of computers, especially with the use of advanced graphics cards. The programs of patients with chronic obstructive pulmonary disease are too dependent on manual analysis, a fact that limits the patients that each professional can attend. Likewise, the data to be analyzed are limited because they are recorded manually. The model described in this work is of an applied nature, since it has the objective of solving a practical problem. The data were analyzed in a qualitative way, through a use analysis, without quantifying results. The objectives of this work fit as an exploratory research, because a new solution will be proposed, which will meet the proposed problem and expand the knowledge inherent to the context that has already been explored. The study has technical bibliographic and experimental procedures. It was implemented a model application that allowed the extraction of movements of keypoints of the body for historical monitoring and evaluation of the patient's progress in a manual or automated way, using the similarity of time series through Euclidean distance and dynamic time warping algorithms. With the model presented, it was possible to determine the percentage of increase of about 75% in the similarity of the movements of exercises during sessions of physiotherapeutic treatment.

Keywords: Rehabilitation. DPOC. Visual Computing. Machine Learning.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Classificação da pesquisa.....	31
Figura 2: Exemplos de similaridade de forma baseada em contorno e região.	38
Figura 3: Alguns descritores de forma.	38
Figura 4: Rede Neural Com uma camada escondida.....	40
Figura 5: Rede Neural que utiliza Back Propagation.	41
Figura 6: Representação da interação entre os sistemas respiratório, cardiovascular e locomotor durante o exercício.....	43
Figura 7: Cadastro do protocolo na ferramenta StArt.	51
Figura 8: Validação realizada pela ferramenta ToS.	52
Figura 9: Gráfico comparativo de resultados entre as bases selecionadas.	53
Figura 10: Resultados inseridos na ferramenta StArt.....	54
Figura 11: Cadastro de extração de dados na ferramenta StArt.	56
Figura 12: Fluxograma dos resultados das fases de seleção.....	57
Figura 13: Comparativo do ano de publicação dos artigos selecionados.....	58
Figura 14: Comparativo da base de dados dos artigos selecionados.....	59
Figura 15: Comparativo de técnicas utilizadas nos artigos.	61
Figura 16: Comparativo de metodologias usadas.....	62
Figura 17: Comparativo de ferramentas utilizadas.....	64
Figura 18: Visão geral do Modelo.....	69
Figura 19: Arquitetura do MAETF.....	71
Figura 20: Classe com o modelo de dados do Paciente.....	74
Figura 21: Classe com o modelo de dados de vídeo.....	74
Figura 22: Ficha de acompanhamento do paciente	78
Figura 23: Interface de cadastro de paciente	79
Figura 24: Detecção de pontos-chave realizada a partir dos vídeos.....	80
Figura 25: Oclusão parcial de imagem durante a detecção de pontos-chave	81
Figura 26: Representação gráfica de análise do Paciente A.....	82
Figura 27: Paciente A – Gráfico da média da Distância Euclidiana em séries do mesmo tamanho	88
Figura 28: Paciente A – Gráfico da média DTW de séries completas	88
Figura 29: Paciente A – Gráfico da média DTW em séries do mesmo tamanho.....	89
Figura 30: Paciente A - Gráfico de cargas utilizadas no programa de reabilitação.....	90
Figura 31: Paciente A - Gráfico de esforço do paciente.....	90

Figura 32: Representação gráfica de análise do Paciente B	91
Figura 33: Paciente B - Gráfico da média da Distância Euclidiana em séries do mesmo tamanho	97
Figura 34: Paciente B - Gráfico da média de DTW em séries completas	97
Figura 35: Paciente B - Gráfico da média de DTW em séries do mesmo tamanho	98
Figura 36: Paciente B - Gráfico de cargas utilizadas no programa de reabilitação.....	99
Figura 37: Paciente B - Gráfico de esforço do paciente	99
Figura 38: Representação gráfica de análise do Paciente C	100
Figura 39: Paciente C - Gráfico de cargas utilizadas no programa de reabilitação.....	104
Figura 40: Paciente C - Gráfico de esforço do paciente	104
Figura 41: Representação gráfica de análise do Paciente D.....	105
Figura 42: Representação gráfica de análise do Paciente E	109
Figura 43: Paciente E – Gráfico da Média da Distância Euclidiana em séries do mesmo tamanho	114
Figura 44: Paciente E – Gráfico da Média de DTW em séries completas	115
Figura 45: Paciente E – Gráfico da Média de DTW em séries do mesmo tamanho	115
Figura 46: Paciente E - Gráfico de cargas utilizadas no programa de reabilitação	116
Figura 47: Paciente E - Gráfico de esforço do paciente	117
Figura 48: Representação gráfica de análise do Paciente F.....	118
Figura 49: Paciente F Gráfico da Média da Distância Euclidiana em séries do mesmo tamanho	123
Figura 50: Paciente F Gráfico da Média de DTW em séries completas.....	124
Figura 51: Paciente F Gráfico da Média de DTW em séries do mesmo tamanho	124
Figura 52: Paciente F - Gráfico de cargas utilizadas no programa de reabilitação	125
Figura 53: Paciente F - Gráfico de esforço do paciente	126
Figura 54: Representação gráfica de análise do Paciente G.....	127
Figura 55: Paciente G – Gráfico da Média da Distância Euclidiana em séries do mesmo tamanho	132
Figura 56: Paciente G – Gráfico da Média de DTW em séries completas.....	132
Figura 57: Paciente G – Gráfico da Média de DTW em séries do mesmo tamanho.....	133
Figura 58: Paciente G - Gráfico de cargas utilizadas no programa de reabilitação.....	134
Figura 59: Paciente G - Gráfico de esforço do paciente.....	134
Figura 60: Representação gráfica de análise do Paciente H.....	135
Figura 61: Paciente H – Gráfico da Média da Distância Euclidiana em séries do mesmo tamanho	140
Figura 62: Paciente H – Gráfico da Média de DTW em séries completas.....	140
Figura 63: Paciente H – Gráfico da Média de DTW em séries do mesmo tamanho.....	141

Figura 64: Paciente H - Gráfico de cargas utilizadas no programa de reabilitação.....	142
Figura 65: Paciente H - Gráfico de esforço do paciente.....	142
Figura 66: Representação gráfica de análise do Paciente I	143
Figura 67: Paciente I – Gráfico da Média da Distância Euclidiana em séries do mesmo tamanho	148
Figura 68: Paciente I – Gráfico da Média de DTW em séries completas	148
Figura 69: Paciente I – Gráfico da Média de DTW em séries do mesmo tamanho	149
Figura 70: Paciente I - Gráfico de cargas utilizadas no programa de reabilitação	150
Figura 71: Paciente I - Gráfico de esforço do paciente	150
Figura 72: Representação gráfica de análise do Paciente J	151
Figura 73: Paciente J – Gráfico da Média da Distância Euclidiana em séries do mesmo tamanho	156
Figura 74: Paciente J – Gráfico da Média de DTW em séries completas	157
Figura 75: Paciente J – Gráfico da Média de DTW em séries do mesmo tamanho	157
Figura 76: Paciente J - Gráfico de cargas utilizadas no programa de reabilitação	158
Figura 77: Paciente J - Gráfico de esforço do paciente	159
Figura 78: Representação gráfica de análise do Paciente K.....	160
Figura 79: Paciente K – Gráfico da Média da Distância Euclidiana em séries do mesmo tamanho	165
Figura 80: Paciente K – Gráfico da Média de DTW em séries completas.....	165
Figura 81: Paciente K – Média de DTW em séries do mesmo tamanho.....	166
Figura 82: Paciente K - Gráfico de cargas utilizadas no programa de reabilitação.....	167
Figura 83: Paciente K - Gráfico de esforço do paciente.....	167
Figura 84: Representação gráfica de análise do Paciente L	168
Figura 85: Representação gráfica de análise do Paciente M	171
Figura 86: Paciente M - Gráfico de cargas utilizadas no programa de reabilitação.....	175
Figura 87: Paciente M - Gráfico de esforço do paciente	175
Figura 88: Representação gráfica de análise do Paciente N.....	176
Figura 89: Paciente N - Gráfico de cargas utilizadas no programa de reabilitação.....	180
Figura 90: Paciente N - Gráfico de esforço do paciente.....	180
Figura 91: Gráfico da Média geral da Distância Euclidiana em séries do mesmo tamanho ..	182
Figura 92: Gráfico da Média geral de DTW em séries completas	183
Figura 93: Gráfico da Média geral de DTW em séries do mesmo tamanho	183

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Equações de prognóstico para distância de caminhada durante testes de 6 e 12 minutos para adultos de idades de 40 a 80 anos.....	44
Tabela 2: Comparação dos resultados nas bases de dados.....	52
Tabela 3: Título, autor e ano dos artigos selecionados.....	57
Tabela 4: Serviços Disponibilizados	75
Tabela 5: Paciente A - Cotovelo Direito – Distância Euclidiana em séries de mesmo tamanho	82
Tabela 6: Paciente A - Cotovelo Direito – DTW em séries completas	83
Tabela 7: Paciente A - Cotovelo Direito – DTW em séries de mesmo tamanho	83
Tabela 8: Paciente A - Cotovelo Esquerdo – Distância Euclidiana em séries de mesmo tamanho	83
Tabela 9: Paciente A - Cotovelo Esquerdo – DTW em séries completas	84
Tabela 10: Paciente A - Cotovelo Esquerdo – DTW em séries de mesmo tamanho	84
Tabela 11: Paciente A - Punho Direito – Distância Euclidiana em séries de mesmo tamanho	84
Tabela 12: Paciente A - Punho Direito – DTW em séries completas.....	84
Tabela 13: Paciente A - Punho Direito – DTW em séries de mesmo tamanho.....	85
Tabela 14: Paciente A - Punho Esquerdo – Distância Euclidiana em séries de mesmo tamanho	85
Tabela 15: Paciente A - Punho Esquerdo – DTW em séries completas.....	85
Tabela 16: Paciente A - Punho Esquerdo – DTW em séries de mesmo tamanho.....	86
Tabela 17: Paciente A - Média da Distância Euclidiana em séries do mesmo tamanho.....	86
Tabela 18: Paciente A - Média de DTW em séries completas	87
Tabela 19: Paciente A - Média de DTW em séries do mesmo tamanho.....	87
Tabela 20: Paciente A - Registro de carga e escala de Borg	89
Tabela 21: Paciente B – Cotovelo Direito – Distância Euclidiana em séries de mesmo tamanho	91
Tabela 22: Paciente B – Cotovelo Direito – DTW em séries completas.....	92
Tabela 23: Paciente B – Cotovelo Direito – DTW em séries de mesmo tamanho.....	92
Tabela 24: Paciente B – Cotovelo Esquerdo – Distância Euclidiana em séries de mesmo tamanho	92
Tabela 25: Paciente B – Cotovelo Esquerdo – DTW em séries completas.....	92
Tabela 26: Paciente B – Cotovelo Esquerdo – DTW em séries de mesmo tamanho.....	93
Tabela 27: Paciente B – Punho Direito – Distância Euclidiana em séries de mesmo tamanho.....	93
Tabela 28: Paciente B – Punho Direito – DTW em séries completas	93

Tabela 29: Paciente B – Punho Direito – DTW em séries de mesmo tamanho	94
Tabela 30: Paciente B – Punho Esquerdo – Distância Euclidiana em séries de mesmo tamanho	94
Tabela 31: Paciente B – Punho Esquerdo – DTW em séries completas	94
Tabela 32: Paciente B – Punho Esquerdo – DTW em séries de mesmo tamanho	94
Tabela 33: Paciente B – Média da Distância Euclidiana em séries do mesmo tamanho	95
Tabela 34: Paciente B – Média de DTW em séries completas.....	96
Tabela 35: Paciente B – Média de DTW em séries do mesmo tamanho.....	96
Tabela 36: Paciente B - Registro de carga e escala de Borg	98
Tabela 37: Paciente C – Cotovelo Direito – Distância Euclidiana em séries de mesmo tamanho	101
Tabela 38: Paciente C – Cotovelo Direito – DTW em séries completas.....	101
Tabela 39: Paciente C – Cotovelo Direito – DTW em séries de mesmo tamanho.....	101
Tabela 40: Paciente C – Cotovelo Esquerdo – Distância Euclidiana em séries de mesmo tamanho	101
Tabela 41: Paciente C – Cotovelo Esquerdo – DTW em séries completas.....	101
Tabela 42: Paciente C – Cotovelo Esquerdo – DTW em séries de mesmo tamanho	102
Tabela 43: Paciente C – Punho Direito – Distância Euclidiana em séries de mesmo tamanho	102
Tabela 44: Paciente C – Punho Direito – DTW em séries completas	102
Tabela 45: Paciente C – Punho Direito – DTW em séries de mesmo tamanho	102
Tabela 46: Paciente C – Punho Esquerdo – Distância Euclidiana em séries de mesmo tamanho	102
Tabela 47: Paciente C – Punho Esquerdo – DTW em séries completas	103
Tabela 48: Paciente C – Punho Esquerdo – DTW em séries de mesmo tamanho	103
Tabela 49: Paciente C - Registro de carga e escala de Borg	103
Tabela 50: Paciente D – Cotovelo Direito – Distância Euclidiana em séries de mesmo tamanho	106
Tabela 51: Paciente D – Cotovelo Direito – DTW em séries completas	106
Tabela 52: Paciente D – Cotovelo Direito – DTW em séries de mesmo tamanho.....	106
Tabela 53: Paciente D – Cotovelo Esquerdo – Distância Euclidiana em séries de mesmo tamanho	106
Tabela 54: Paciente D – Cotovelo Esquerdo – DTW em séries completas.....	106
Tabela 55: Paciente D – Cotovelo Esquerdo – DTW em séries de mesmo tamanho.....	107
Tabela 56: Paciente D – Punho Direito – Distância Euclidiana em séries de mesmo tamanho	107
Tabela 57: Paciente D – Punho Direito – DTW em séries completas.....	107
Tabela 58: Paciente D – Punho Direito – DTW em séries de mesmo tamanho.....	107

Tabela 59: Paciente D – Punho Esquerdo – Distância Euclidiana em séries de mesmo tamanho	107
Tabela 60: Paciente D – Punho Esquerdo – DTW em séries completas	108
Tabela 61: Paciente D – Punho Esquerdo – DTW em séries de mesmo tamanho	108
Tabela 62: Paciente D - Registro de carga e escala de Borg	108
Tabela 63: Paciente E – Cotovelo Direito – Distância Euclidiana em séries de mesmo tamanho	109
Tabela 64: Paciente E – Cotovelo Direito – DTW em séries completas.....	110
Tabela 65: Paciente E – Cotovelo Direito – DTW em séries de mesmo tamanho.....	110
Tabela 66: Paciente E – Cotovelo Esquerdo – Distância Euclidiana em séries de mesmo tamanho	110
Tabela 67: Paciente E – Cotovelo Esquerdo – DTW em séries completas	110
Tabela 68: Paciente E – Cotovelo Esquerdo – DTW em séries de mesmo tamanho	110
Tabela 69: Paciente E – Punho Direito – Distância Euclidiana em séries de mesmo tamanho	111
Tabela 70: Paciente E – Punho Direito – DTW em séries completas	111
Tabela 71: Paciente E – Punho Direito – DTW em séries de mesmo tamanho	111
Tabela 72: Paciente E – Punho Esquerdo – Distância Euclidiana em séries de mesmo tamanho	111
Tabela 73: Paciente E – Punho Esquerdo – DTW em séries completas.....	112
Tabela 74: Paciente E – Punho Esquerdo – DTW em séries de mesmo tamanho.....	112
Tabela 75: Paciente E – Média da Distância Euclidiana em séries do mesmo tamanho.....	113
Tabela 76: Paciente E – Média de DTW em séries completas.....	113
Tabela 77: Paciente E – Média de DTW em séries do mesmo tamanho.....	113
Tabela 78: Paciente E - Registro de carga e escala de Borg.....	116
Tabela 79: Paciente F – Cotovelo Direito – Distância Euclidiana em séries de mesmo tamanho	118
Tabela 80: Paciente F – Cotovelo Direito – DTW em séries completas	118
Tabela 81: Paciente F – Cotovelo Direito – DTW em séries de mesmo tamanho	119
Tabela 82: Paciente F – Cotovelo Esquerdo – Distância Euclidiana em séries de mesmo tamanho	119
Tabela 83: Paciente F – Cotovelo Esquerdo – DTW em séries completas	119
Tabela 84: Paciente F – Cotovelo Esquerdo – DTW em séries de mesmo tamanho	119
Tabela 85: Paciente F – Punho Direito – Distância Euclidiana em séries de mesmo tamanho	120
Tabela 86: Paciente F – Punho Direito – DTW em séries completas.....	120
Tabela 87: Paciente F – Punho Direito – DTW em séries de mesmo tamanho.....	120

Tabela 88: Paciente F – Punho Esquerdo – Distância Euclidiana em séries de mesmo tamanho	121
Tabela 89: Paciente F – Punho Esquerdo – DTW em séries completas.....	121
Tabela 90: Paciente F – Punho Esquerdo – DTW em séries de mesmo tamanho.....	121
Tabela 91: Paciente F Média da Distância Euclidiana em séries do mesmo tamanho	122
Tabela 92: Paciente F Média de DTW em séries completas	122
Tabela 93: Paciente F Média de DTW em séries do mesmo tamanho	122
Tabela 94: Paciente F - Registro de carga e escala de Borg.....	125
Tabela 95: Paciente G – Cotovelo Direito – Distância Euclidiana em séries de mesmo tamanho	127
Tabela 96: Paciente G – Cotovelo Direito – DTW em séries completas	127
Tabela 97: Paciente G – Cotovelo Direito – DTW em séries de mesmo tamanho.....	128
Tabela 98: Paciente G – Cotovelo Esquerdo – Distância Euclidiana em séries de mesmo tamanho	128
Tabela 99: Paciente G – Cotovelo Esquerdo – DTW em séries completas.....	128
Tabela 100: Paciente G – Cotovelo Esquerdo – DTW em séries de mesmo tamanho.....	128
Tabela 101: Paciente G – Punho Direito – Distância Euclidiana em séries de mesmo tamanho	129
Tabela 102: Paciente G – Punho Direito – DTW em séries completas.....	129
Tabela 103: Paciente G – Punho Direito – DTW em séries de mesmo tamanho	129
Tabela 104: Paciente G – Punho Esquerdo – Distância Euclidiana em séries de mesmo tamanho	129
Tabela 105: Paciente G – Punho Esquerdo – DTW em séries completas	130
Tabela 106: Paciente G – Punho Esquerdo – DTW em séries de mesmo tamanho	130
Tabela 107: Paciente G – Média da Distância Euclidiana em séries do mesmo tamanho	131
Tabela 108: Paciente G – Média de DTW em séries completas	131
Tabela 109: Paciente G – Média de DTW em séries do mesmo tamanho	131
Tabela 110: Paciente G - Registro de carga e escala de Borg	133
Tabela 111: Paciente H – Cotovelo Direito – Distância Euclidiana em séries de mesmo tamanho	136
Tabela 112: Paciente H – Cotovelo Direito – DTW em séries completas	136
Tabela 113: Paciente H – Cotovelo Direito – DTW em séries de mesmo tamanho.....	136
Tabela 114: Paciente H – Cotovelo Esquerdo – Distância Euclidiana em séries de mesmo tamanho	136
Tabela 115: Paciente H – Cotovelo Esquerdo – DTW em séries completas.....	136
Tabela 116: Paciente H – Cotovelo Esquerdo – DTW em séries de mesmo tamanho.....	137
Tabela 117: Paciente H – Punho Direito – Distância Euclidiana em séries de mesmo tamanho	137

Tabela 118: Paciente H – Punho Direito – DTW em séries completas	137
Tabela 119: Paciente H – Punho Direito – DTW em séries de mesmo tamanho	137
Tabela 120: Paciente H – Punho Esquerdo – Distância Euclidiana em séries de mesmo tamanho	137
Tabela 121: Paciente H – Punho Esquerdo – DTW em séries completas	138
Tabela 122: Paciente H – Punho Esquerdo – DTW em séries de mesmo tamanho	138
Tabela 123: Paciente H – Média da Distância Euclidiana em séries do mesmo tamanho	139
Tabela 124: Paciente H – Média de DTW em séries completas	139
Tabela 125: Paciente H – Média de DTW em séries do mesmo tamanho	139
Tabela 126: Paciente H - Registro de carga e escala de Borg	141
Tabela 127: Paciente I – Cotovelo Direito – Distância Euclidiana em séries de mesmo tamanho	143
Tabela 128: Paciente I – Cotovelo Direito – DTW em séries completas	144
Tabela 129: Paciente I – Cotovelo Direito – DTW em séries de mesmo tamanho	144
Tabela 130: Paciente I – Cotovelo Esquerdo – Distância Euclidiana em séries de mesmo tamanho	144
Tabela 131: Paciente I – Cotovelo Esquerdo – DTW em séries completas	144
Tabela 132: Paciente I – Cotovelo Esquerdo – DTW em séries de mesmo tamanho	145
Tabela 133: Paciente I – Punho Direito – Distância Euclidiana em séries de mesmo tamanho	145
Tabela 134: Paciente I – Punho Direito – DTW em séries completas	145
Tabela 135: Paciente I – Punho Direito – DTW em séries de mesmo tamanho.....	145
Tabela 136: Paciente I – Punho Esquerdo – Distância Euclidiana em séries de mesmo tamanho	146
Tabela 137: Paciente I – Punho Esquerdo – DTW em séries completas.....	146
Tabela 138: Paciente I – Punho Esquerdo – DTW em séries de mesmo tamanho.....	146
Tabela 139: Paciente I – Média da Distância Euclidiana em séries do mesmo tamanho.....	147
Tabela 140: Paciente I – Média de DTW em séries completas	147
Tabela 141: Paciente I – Média de DTW em séries do mesmo tamanho.....	147
Tabela 142: Paciente I - Registro de carga e escala de Borg.....	149
Tabela 143: Paciente J – Cotovelo Direito – Distância Euclidiana em séries de mesmo tamanho	152
Tabela 144: Paciente J – Cotovelo Direito – DTW em séries completas.....	152
Tabela 145: Paciente J – Cotovelo Direito – DTW em séries de mesmo tamanho.....	152
Tabela 146: Paciente J – Cotovelo Esquerdo – Distância Euclidiana em séries de mesmo tamanho	152
Tabela 147: Paciente J – Cotovelo Esquerdo – DTW em séries completas.....	153

Tabela 148: Paciente J – Cotovelo Esquerdo – DTW em séries de mesmo tamanho	153
Tabela 149: Paciente J – Punho Direito – Distância Euclidiana em séries de mesmo tamanho	153
Tabela 150: Paciente J – Punho Direito – DTW em séries completas	153
Tabela 151: Paciente J – Punho Direito – DTW em séries de mesmo tamanho	154
Tabela 152: Paciente J – Punho Esquerdo – Distância Euclidiana em séries de mesmo tamanho	154
Tabela 153: Paciente J – Punho Esquerdo – DTW em séries completas	154
Tabela 154: Paciente J – Punho Esquerdo – DTW em séries de mesmo tamanho.....	154
Tabela 155: Paciente J – Média da Distância Euclidiana em séries do mesmo tamanho.....	155
Tabela 156: Paciente J – Média de DTW em séries completas.....	155
Tabela 157: Paciente J – Média de DTW em séries do mesmo tamanho.....	156
Tabela 158: Paciente J - Registro de carga e escala de Borg	158
Tabela 159: Paciente K – Cotovelo Direito – Distância Euclidiana em séries de mesmo tamanho	160
Tabela 160: Paciente K – Cotovelo Direito – DTW em séries completas	160
Tabela 161: Paciente K – Cotovelo Direito – DTW em séries de mesmo tamanho.....	161
Tabela 162: Paciente K – Cotovelo Esquerdo – Distância Euclidiana em séries de mesmo tamanho	161
Tabela 163: Paciente K – Cotovelo Esquerdo – DTW em séries completas.....	161
Tabela 164: Paciente K – Cotovelo Esquerdo – DTW em séries de mesmo tamanho.....	161
Tabela 165: Paciente K – Punho Direito – Distância Euclidiana em séries de mesmo tamanho	162
Tabela 166: Paciente K – Punho Direito – DTW em séries completas.....	162
Tabela 167: Paciente K – Punho Direito – DTW em séries de mesmo tamanho	162
Tabela 168: Paciente K – Punho Esquerdo – Distância Euclidiana em séries de mesmo tamanho	162
Tabela 169: Paciente K – Punho Esquerdo – DTW em séries completas	163
Tabela 170: Paciente K – Punho Esquerdo – DTW em séries de mesmo tamanho	163
Tabela 171: Paciente K – Média da Distância Euclidiana em séries do mesmo tamanho	164
Tabela 172: Paciente K – Média de DTW em séries completas	164
Tabela 173: Paciente K – Média de DTW em séries do mesmo tamanho	164
Tabela 174: Paciente K - Registro de carga e escala de Borg	166
Tabela 175: Paciente L – Cotovelo Direito – Distância Euclidiana em séries de mesmo tamanho	168
Tabela 176: Paciente L – Cotovelo Direito – DTW em séries completas.....	169
Tabela 177: Paciente L – Cotovelo Direito – DTW em séries de mesmo tamanho.....	169

Tabela 178: Paciente L – Cotovelo Esquerdo – Distância Euclidiana em séries de mesmo tamanho	169
Tabela 179: Paciente L – Cotovelo Esquerdo – DTW em séries completas	169
Tabela 180: Paciente L – Cotovelo Esquerdo – DTW em séries de mesmo tamanho	169
Tabela 181: Paciente L – Punho Direito – Distância Euclidiana em séries de mesmo tamanho	170
Tabela 182: Paciente L – Punho Direito – DTW em séries completas	170
Tabela 183: Paciente L – Punho Direito – DTW em séries de mesmo tamanho	170
Tabela 184: Paciente L – Punho Esquerdo – Distância Euclidiana em séries de mesmo tamanho	170
Tabela 185: Paciente L – Punho Esquerdo – DTW em séries completas.....	170
Tabela 186: Paciente L – Punho Esquerdo – DTW em séries de mesmo tamanho.....	171
Tabela 187: Paciente M – Cotovelo Direito – Distância Euclidiana em séries de mesmo tamanho	172
Tabela 188: Paciente M – Cotovelo Direito – DTW em séries completas.....	172
Tabela 189: Paciente M – Cotovelo Direito – DTW em séries de mesmo tamanho.....	172
Tabela 190: Paciente M – Cotovelo Esquerdo – Distância Euclidiana em séries de mesmo tamanho	172
Tabela 191: Paciente M – Cotovelo Esquerdo – DTW em séries completas.....	172
Tabela 192: Paciente M – Cotovelo Esquerdo – DTW em séries de mesmo tamanho	173
Tabela 193: Paciente M – Punho Direito – Distância Euclidiana em séries de mesmo tamanho	173
Tabela 194: Paciente M – Punho Direito – DTW em séries completas	173
Tabela 195: Paciente M – Punho Direito – DTW em séries de mesmo tamanho	173
Tabela 196: Paciente M – Punho Esquerdo – Distância Euclidiana em séries de mesmo tamanho	173
Tabela 197: Paciente M – Punho Esquerdo – DTW em séries completas	174
Tabela 198: Paciente M – Punho Esquerdo – DTW em séries de mesmo tamanho	174
Tabela 199: Paciente M - Registro de carga e escala de Borg	174
Tabela 200: Paciente N – Cotovelo Direito – Distância Euclidiana em séries de mesmo tamanho	176
Tabela 201: Paciente N – Cotovelo Direito – DTW em séries completas	177
Tabela 202: Paciente N – Cotovelo Direito – DTW em séries de mesmo tamanho.....	177
Tabela 203: Paciente N – Cotovelo Esquerdo – Distância Euclidiana em séries de mesmo tamanho	177
Tabela 204: Paciente N – Cotovelo Esquerdo – DTW em séries completas.....	177
Tabela 205: Paciente N – Cotovelo Esquerdo – DTW em séries de mesmo tamanho.....	177

Tabela 206: Paciente N – Punho Direito – Distância Euclidiana em séries de mesmo tamanho	178
Tabela 207: Paciente N – Punho Direito – DTW em séries completas	178
Tabela 208: Paciente N – Punho Direito – DTW em séries de mesmo tamanho	178
Tabela 209: Paciente N – Punho Esquerdo – Distância Euclidiana em séries de mesmo tamanho	178
Tabela 210: Paciente N – Punho Esquerdo – DTW em séries completas	178
Tabela 211: Paciente N – Punho Esquerdo – DTW em séries de mesmo tamanho	179
Tabela 212: Paciente N - Registro de carga e escala de Borg	179
Tabela 213: Média geral da Distância Euclidiana em séries do mesmo tamanho.....	181
Tabela 214: Média geral de DTW em séries completas	181
Tabela 215: Média geral de DTW em séries do mesmo tamanho.....	182
Tabela 216: Comparativo entre os trabalhos relacionados e o modelo MAETF.....	186

LISTA DE SIGLAS

2D	Duas Dimensões
3D	Três Dimensões
AD	Analógico/Digital
CMY	<i>Cyan, Magenta and Yellow</i>
DPOC	Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica
DTW	<i>Dynamic Time Warping</i>
FFNN	<i>FeedForward Neural Networks</i>
HSI	<i>Hue, Saturation and Intensity</i>
MAETF	Modelo de Análise de Evolução de Tratamento Fisioterápico
PICOC	População, Intervenção, Comparação, Resultados e Contexto
RGB	<i>Red, Green and Blue</i>
ToS	<i>Tree of Science</i>

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	28
1.1 Questão de Pesquisa	29
1.2 Objetivos	29
1.2.1 Objetivos Específicos	29
1.3 Método	30
1.4 Organização do Texto	31
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	33
2.1 Visão Computacional	33
2.1.1 Reconhecimento de imagem	33
2.1.2 Classificação de Imagens	36
2.1.3 Reconhecimento de objetos	36
2.1.4 Descritores de Forma	37
2.2 Machine Learning	39
2.3 Redes Neurais	39
2.3.1 <i>Forward Propagation</i>	40
2.3.2 <i>Back Propagation</i>	40
2.4 Distância Euclidiana	41
2.5 Dynamic Time Warping	41
2.6 Reabilitação Pulmonar	42
2.7 Considerações sobre o Capítulo	46
3 REVISÃO SISTEMÁTICA	47
3.1 Protocolo	47
3.1.1 FORMULAÇÃO DE PESQUISA	47
3.1.2 Formulação de Critérios	48
3.1.3 Seleção dos Estudos	49
3.1.3.1 Definição de estudos	49
3.2 Desenvolvimento da Revisão Sistemática	50
3.2.1 Fases de Seleção	52
3.2.1.1 Fase 1	53
3.2.1.2 Fase 2	54
3.2.1.3 Fase 3	55
3.2.1.4 Fase 4	55
3.2.1.5 Fase 5	55
3.3 Resultados	56
3.3.1 Perguntas Respondidas	59
3.3.2 Análise dos Artigos	60
3.3.2.1 Validação	60
3.3.2.2 Técnicas Utilizadas	61
3.3.2.3 Metodologias Usadas	61
3.3.2.4 Autores Relevantes	62
3.3.2.5 Ligação com os Temas Propostos	62
3.3.2.6 Protótipos Desenvolvidos	63
3.3.2.7 Formas de Validação	63
3.3.2.8 Aplicação na Área da Saúde	63
3.3.2.9 Linguagens Utilizadas	63
3.3.2.10 Resultados Obtidos	63
3.3.2.11 Ferramentas Utilizadas	63
4 TRABALHOS RELACIONADOS	65
4.1 Measurement Properties of Short Lower Extremity Functional Exercise Tests in People With Chronic Obstructive Pulmonary Disease: Systematic Review	65
4.2 Adherence and factors affecting satisfaction in long-term telerehabilitation for patients with chronic obstructive pulmonary disease: a mixed methods study	65
4.3 Effects and barriers to deployment of telehealth wellness programs for chronic patients across 3 European countries	66

4.4 Gold classification of COPD Gene cohort based on deep learning.....	66
4.5 Considerações sobre os trabalhos relacionados.....	66
5 MODELO DE ANÁLISE DE EVOLUÇÃO DE TRATAMENTO FISIOTERÁPICO - MAETF	68
5.1 Visão Geral.....	68
5.2 Requisitos	69
5.3 Arquitetura	70
5.4 Recursos utilizados	71
6 IMPLEMENTAÇÃO E AVALIAÇÃO.....	72
6.1 Desenvolvimento do protótipo	72
6.1.1 Linguagens, Frameworks.....	72
6.1.2 Armazenamento	73
6.1.3 Serviços disponibilizados	74
6.2 Avaliação.....	76
6.2.1 Programa de Reabilitação Pulmonar	77
Aplicação do modelo MAETF.....	78
6.2.2 Testes de funcionalidade	78
6.2.3 Validação do caso de estudo	79
6.2.3.1 Dificuldades encontradas.....	80
6.2.4 Resultados obtidos.....	81
6.2.4.1 Paciente A	82
6.2.4.2 Paciente B	91
6.2.4.3 Paciente C.....	100
6.2.4.4 Paciente D.....	105
6.2.4.5 Paciente E	109
6.2.4.6 Paciente F	117
6.2.4.7 Paciente G.....	126
6.2.4.8 Paciente H.....	135
6.2.4.9 Paciente I	143
6.2.4.10 Paciente J.....	151
6.2.4.11 Paciente K.....	159
6.2.4.12 Paciente L	168
6.2.4.13 Paciente M	171
6.2.4.14 Paciente N.....	176
6.2.5 Análise dos Resultados.....	181
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	185
7.1 Conclusões	185
7.2 Contribuições	185
7.3 Trabalhos Futuros.....	186

1 INTRODUÇÃO

O advento da tecnologia permite avanços em diversas áreas da ciência. Dentre as tecnologias mais estudadas atualmente para promover esta evolução está a aprendizagem de máquina, ou *Machine Learning*, que permite que “o computador aprenda” de forma sintética, com inúmeras possibilidades de uso. Estes avanços são essenciais para mudanças nas interações com o mundo e para melhora da qualidade de vida das pessoas.

Estudos ligados às ciências da saúde são vitais para a evolução dos processos de detecção, acompanhamento e tratamento de doenças. É o caso da área que pesquisa sobre o acompanhamento e reabilitação pulmonar em pacientes com Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica (DPOC). DPOC é um termo utilizado para descrever doenças pulmonares progressivas, como enfisema e bronquite crônica, por exemplo. São doenças progressivas que não são totalmente reversíveis e têm consequências sistêmicas, pois dificultam a respiração e causam obstrução do fluxo de ar dos pulmões. Entre seus sintomas estão a dificuldade em respirar, tosse, dispneia, produção de muco, chiado e aperto no peito. É causada principalmente pela exposição prolongada a substâncias que irritam e danificam os pulmões, como a fumaça do cigarro, poeiras e produtos químicos, infecções pulmonares, entre outros. Uma pessoa com DPOC pode passar anos sem perceber que está ficando cada vez mais sem fôlego até se tornar muito difícil realizar tarefas simples, como subir escadas.

No enfisema, os alvéolos (ou sacos aéreos) dos pulmões estão danificados, o que dificulta a respiração. Para Hyatt et al. (2006), “*o enfisema puro está associado à hiperinsuflação (capacidade pulmonar total aumentada); uma perda significativa de elasticidade pulmonar e muitas vezes uma diminuição substancial na capacidade de difusão de monóxido de carbono*”. Quando ocorre a bronquite crônica, as vias aéreas ficam inchadas e são preenchidas com muco, o que pode prejudicar o fluxo respiratório. A doença é encontrada frequentemente em fumantes, com uma tosse produtiva crônica e, frequentemente, com infecções respiratórias. Ao compará-las, Hyatt et al. (2006) descrevem que a bronquite crônica tem recuo pulmonar na maioria das vezes normal, enquanto a pressão parcial de oxigênio no sangue arterial pode ser baixa e associada à retenção de dióxido de carbono.

Atualmente há um aumento crescente no número de mortes causadas pela doença. Fato que preocupa e expõe a necessidade de estudos que permitam a extração de informações mais detalhadas e precisas sobre diversos aspectos da mesma. O interesse na área de reabilitação pulmonar vem aumentando substancialmente nos últimos anos por dois motivos: o crescente número de pacientes com a doença e a publicação de evidências baseadas em ensaios clínicos, utilizando metodologia apropriada (DOURADO, 2011).

Para o diagnóstico da doença, o exame mais utilizado é a espirometria. O exame é um teste de diagnóstico que avalia os volumes respiratórios. Ou seja, registra a quantidade de ar que entra e sai dos pulmões, assim como o fluxo e o tempo, sendo considerado o exame mais importante para avaliar o funcionamento do pulmão. Hyatt et al. (2006) consideram que “*mesmo que o diagnóstico clínico de DPOC seja definido, ainda é essencial quantificar o grau de dano da função pulmonar. Um volume expiratório forçado no primeiro segundo de 50% do previsto fornece o prognóstico de doença incapacitante futura*”. Para executar o procedimento, o paciente deve assoprar um espirômetro (aparelho que mede a quantidade de ar que uma pessoa é capaz de inspirar ou expirar a cada vez que respira), que registra o volume de ar expirado.

Sendo a DPOC uma doença crônica, se faz necessário um acompanhamento e/ou tratamento que permita a redução dos sintomas, visando maior qualidade de vida do paciente. Dourado (2011) descreve que “*a reabilitação pulmonar já se tornou capaz de reduzir a*

dispneia, aumentar a capacidade para realizar exercícios e aprimorar a qualidade de vida relacionada com a saúde dos pacientes”. A *American Thoracic Society* e a *European Respiratory Society* (NICI et al., 2006) descrevem a reabilitação pulmonar como uma intervenção multidisciplinar estruturada, integral e baseada em evidências, voltada à pacientes com doenças respiratórias crônicas que sejam sintomáticos e tenham redução do nível habitual de atividades físicas. Junto ao tratamento do paciente, o acompanhamento auxilia a na redução dos sintomas, melhora o convívio social e reduz os custos para estabilização ou reversão dos sintomas da doença, quando estes se manifestam.

Para o acompanhamento da evolução do paciente, programas de treinamento com exercícios são reconhecidamente o componente mais importante da reabilitação pulmonar (DOURADO, 2011). Têm como objetivo principal aprimorar a musculatura de pacientes com DPOC. De acordo com Langer et al. (2009), a avaliação do fisioterapeuta deve sempre incluir a coleta do histórico e exames clínicos para determinar os objetivos da fisioterapia. A avaliação objetiva da capacidade de exercício do paciente, bem como da função muscular respiratória e periférica, da atividade física e da qualidade de vida são essenciais. O especialista deve compreender a gravidade da condição do paciente, incluindo comorbidades, e seu prognóstico é importante para a elaboração de um tratamento apropriado.

1.1 Questão de Pesquisa

Com o intuito de contribuir para o processo de acompanhamento de pacientes com DPOC, o tema desta dissertação é desenvolver um modelo que permita a extração dos movimentos de pontos-chave do corpo para acompanhamento histórico e posterior avaliação do progresso do paciente na execução dos movimentos dos exercícios estipulados nos programas de treinamento. Cabe salientar que a proposta tem o intuito de auxiliar o acompanhamento dos exercícios, contudo não se podem considerar os dados extraídos como insumos únicos para um diagnóstico clínico. Conforme Hyatt et al. (2006), estes devem ser somados a outras avaliações clínicas, como anamnese, exame físico, radiografia de tórax, exame de tomografia computadorizada, entre outros.

Ante o exposto, foi definida a questão de pesquisa a seguir: Quais os benefícios da criação de um modelo tecnológico de apoio à programas de reabilitação pulmonar?

1.2 Objetivos

O objetivo geral deste trabalho é desenvolver um modelo para auxiliar profissionais da área da saúde a extrair características de evolução do movimento de pacientes com DPOC de forma visual, minimizando a obrigatoriedade de exames presenciais frequentes.

1.2.1 Objetivos Específicos

Para atingir o objetivo geral mencionado, a proposta desenvolvida tem como objetivos específicos:

- Permitir uma abrangência maior de atendimentos a pacientes com dificuldades de locomoção até os consultórios, sendo impossibilitados, muitas vezes até pela distância, de realizar os tratamentos.
- Desenvolver um modelo que permita a avaliação de dados históricos de características da evolução de movimentos em pacientes com DPOC.
- Permitir a especialistas de outras áreas a utilização do modelo de forma genérica, visando atender o acompanhamento de outras doenças que possam ser avaliadas através da evolução de movimentos.
- Validar o modelo proposto com pacientes em um projeto de Reabilitação Pulmonar.

Para atingir tais objetivos, foi desenvolvida uma ferramenta a partir do modelo, visando avaliar sua eficácia. A ferramenta permite, de forma assíncrona, a captura, processamento e análise de gravações de vídeo de sessões de tratamento de pacientes com DPOC. Foram utilizados algoritmos de *Machine Learning*, mais especificamente redes neurais, para o treinamento de algoritmos genéticos capazes de detectar os pontos-chave do corpo do paciente.

Existem muitas pesquisas na área de reabilitação pulmonar. A maior parte dos trabalhos aborda práticas que envolvem o acompanhamento de pacientes com DPOC ao longo de um período pré-determinado. Os resultados destes, embora positivos, utilizam abordagens de análise manual, que oneram o processo de avaliação, tornando-os demasiadamente extenso. Se faz necessário explorar outras oportunidades na área, que possam auxiliar a melhora no acompanhamento dos pacientes.

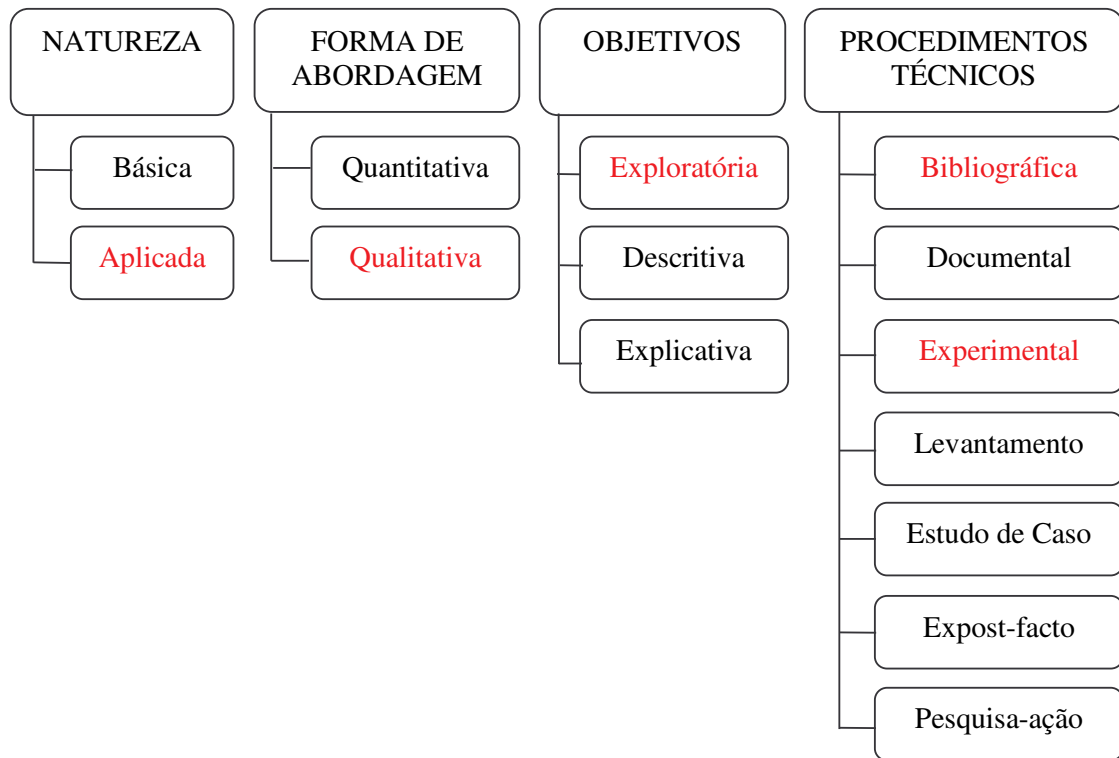
Não foram encontrados trabalhos relacionados com abordagens que utilizem como insumos o histórico de evolução de pacientes através de imagens para análise e acompanhamento. É possível, então, determinar esta como uma lacuna de pesquisa, objeto a ser atingido nesta proposta.

O modelo proposto traz benefícios ao processo de acompanhamento, devido ao aporte de dados entregue, promovendo informações que podem auxiliar na melhora da qualidade de vida do paciente. Os dados do progresso podem, futuramente, ser avaliados por profissionais da área da saúde, determinando com maior precisão o grau de evolução do paciente e, inclusive, podendo ser decisivos nos diagnósticos.

1.3 Método

Para atingir os objetivos definidos, criou-se a Figura 1, que identifica visualmente a estrutura metodológica a qual este projeto é embasado. Na sequência, cada escolha elencada em vermelho é justificada.

Figura 1: Classificação da pesquisa



Fonte: adaptado pelo autor de BEZ, 2011.

Este projeto é de natureza aplicada, pois tem por objetivo solucionar um problema de ordem prática, que é proporcionar uma avaliação visual/gráfica e estatística do progresso de pacientes nas execuções dos movimentos de exercícios físicos. Os dados serão analisados de forma qualitativa, pois este será validado perante o resultado da aplicação proposta, através de uma análise de uso, sem, para tanto, quantificar resultados.

Os objetivos deste trabalho enquadram-no como pesquisa exploratória, pois será proposta uma nova solução, que atenda ao problema proposto e amplie os conhecimentos inerentes ao contexto que já foram explorados. Como procedimentos técnicos identifica-se como bibliográfico e experimental, pois é necessário o estudo bibliográfico da área de interesse e, posteriormente, o desenvolvimento de experimento para avaliação dos resultados obtidos.

1.4 Organização do Texto

A seguir, o capítulo 2 detalha a fundamentação teórica realizada sobre as áreas de estudo pertinentes ao trabalho. Aborda inicialmente os conceitos de visão computacional, onde exploram-se temas como reconhecimento e classificação de imagens, reconhecimento de objetos e descritores de forma. Em seguida são abordados os conceitos de *machine learning* e redes neurais, que são essenciais para a construção do modelo proposto. Concluindo o embasamento teórico, os conceitos de reabilitação pulmonar são explorados, visando identificar os insumos necessários para o trabalho.

O capítulo 3 detalha a revisão sistemática realizada afim de identificar trabalhos relacionados ao proposto nesta dissertação. São descritos os métodos utilizados para busca e seleção dos artigos.

O capítulo 4 descreve os trabalhos relacionados, explorando os 4 artigos selecionados ao longo de revisão sistemática realizada. Jonhston et al, (2017) tratam de uma revisão sistemática sobre abordagens de programas de exercícios de baixa intensidade em pessoas com DPOC. Em Hoas et al. (2016) é descrita uma metodologia de acompanhamento na reabilitação de pacientes com DPOC utilizando tecnologias que permitam a telemonitorização dos mesmos, com o apoio de ferramentas e desenvolvidas e videoconferências. Barberan-Garcia et al. (2014) tratam de uma abordagem desenvolvida para o acompanhamento de pacientes com DPOC, com aplicação em unidades hospitalares de três cidades europeias simultaneamente. O trabalho construído por Ying et al. (2016) é o que menos se aproxima da área da saúde, mas é diretamente ligado à área da computação que serviu como base para a construção da *string* de busca: *Deep Learning*. O conceito de aprendizagem profunda aplicado foi o de utilização de redes neurais para a extração e classificação de características de pacientes com DPOC, visando trazer maior precisão à tomada de decisão clínica no acompanhamento de pacientes com a doença.

No capítulo 5 é apresentado o modelo de análise de evolução de tratamento fisioterápico. São descritos o objetivo do modelo apresentado e requisitos necessários para a sua implementação. No capítulo 6 detalha a implementação realizada para avaliação do modelo. Descreve inicialmente como o modelo foi desenvolvido, bem como linguagens, características de implementação e serviços disponibilizados. Em seguida detalha as análises dos resultados obtidos em cada avaliação realizada. O capítulo 7 apresenta as considerações finais e trabalhos futuros.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Esta seção visa detalhar os principais conceitos relacionados à presente pesquisa. Inicialmente abordando a área de Visão Computacional, descrevendo conceitos de Reconhecimento e Classificação de Imagens, além de descritores de forma, entre outros. Em seguida serão descritos os temas *Machine Learning*, Redes Neurais, Distância Euclidiana, *Dynamic Time Warping* e Reabilitação Pulmonar.

2.1 Visão Computacional

Atualmente umas das áreas mais promissoras quanto à avanços tecnológicos é a área de Visão Computacional. Esta pode ser definida como a área que trata da extração de informações de imagens, visando detectar padrões, formas e outras características que, aliadas a outros algoritmos, como de *Machine Learning*, por exemplo, permitem o reconhecimento mais preciso de padrões. Artero (2008) descreve a visão computacional (ou visão de máquina), como a capacidade de capturar e processar imagens que fornecem uma grande quantidade de informações a respeito do ambiente. Tal processamento tem nível de complexidade alto, tanto que, em um ser humano, é estimado que aproximadamente 70% do processamento cerebral é destinado ao tratamento das imagens que são registradas pelos olhos.

Dentre as abordagens advindas deste tema, encontram-se: reconhecimento facial; detecção de padrões para classificação de tipos específicos de imagens; descrição de imagens utilizando detecção e classificação; entre outras. A seguir descrevem-se algumas das abordagens de visão computacional que permitem a aplicação em redes neurais: reconhecimento de imagens, classificação de imagens, reconhecimento de objetos e descritores de forma.

2.1.1 Reconhecimento de imagem

O Reconhecimento de Padrões em Imagens é uma área em constante evolução na Ciência da Computação, com aplicação em muitas áreas, que precisam de soluções diferentes, sendo, desta maneira, fundamental o entendimento sobre imagens digitais e, similarmente, sobre os ciclos que compõem um sistema de identificação de padrões em imagens digitais.

Uma imagem pode ser descrita por uma função bidimensional de intensidade da luz $f(x,y)$, sendo seu valor, em qualquer ponto de coordenadas espaciais (x,y) , correspondente ao brilho da imagem naquele ponto (GONZALEZ; WOODS, 2000). A função $f(x,y)$ caracteriza um conjunto bidimensional de pontos $M \times N$, os quais representam os pixels da imagem.

Há diferentes formas de representação de imagens digitais, que dependem da natureza da imagem. Geralmente as imagens são classificadas como binárias, em níveis de cinza ou coloridas. Em imagens binárias os pixels são capazes de assumir somente 2 valores, 0 (preto) ou 1 (branco). As imagens em tons de cinza, ou imagens monocromáticas, contém pixels que assumem valores entre 0 (preto) e N (branco). Todos os outros valores intermediários serão tons de cinza. Usualmente, $N+1$ é uma potência de 2; no caso de ser 256, precisará de 8 bits (1 byte)

para cada pixel, sendo capaz de demonstrar todas as tonalidades que o olho humano é capaz de distinguir (LIBERMAN, 1997).

Por sua vez, as imagens coloridas são capazes de ser representadas de duas formas: por intermédio de uma tabela de cores ou pelo modelo RGB (*Red, Green e Blue*). No modelo de tabela, há códigos para cada cor, organizados em maneira de cadastro. Cada pixel da imagem representa um índice da tabela, também denominada *palette*. Já no modelo RGB, cada pixel ocupa 24 bits (3 bytes), no qual são representadas as intensidades de vermelho, verde e azul do pixel. Há mais modelos de cores, como o HSI (*Hue, Saturation and Intensity*), o CMY (*Cyan, Magenta and Yellow*), dentre outros (BIMBO, 1999).

O reconhecimento de padrões é a parte primordial de qualquer sistema de interpretação de imagens de alto-nível. Para diminuir a dimensão e a redundância dos dados, um conjunto de valores numéricos, conhecidos como feições, é tirado das imagens e empregado para representá-las. Um sistema de identificação flexível precisa ser capaz de aceitar um objeto independentemente de sua orientação, tamanho e localização no campo de visão. Esses requisitos são alcançados com a extração de feições invariantes a rotação, escala e translação (KHOTANZAD; LU, 1989).

Vários destes sistemas compartilham uma estrutura genérica composta de 5 passos, listados a seguir:

Aquisição de imagem: O primeiro aprendizado de um sistema de reconhecimento de padrões em imagens é o processamento de aquisição. Ao longo desta etapa, sensores ópticos são responsáveis pela captura de sinais emitidos por fontes de luz. Associadamente, esses sinais são digitalizados por conversores AD (Analogico/Digital), armazenados e processados pelas fases subsequentes. Segundo Gonzales e Woods (1992), o primeiro passo do processo requer apenas um sensor de imagens e a capacidade para digitalizar o sinal produzido pelo sensor. Há vários equipamentos com a função de capturar imagens, tendo como exemplo, câmeras fotográficas, filmadoras e scanners. A captura é realizada de acordo com uma determinada taxa de amostragem que define a resolução da imagem. De acordo com a necessidade e intenção, as imagens capturadas são então convertidas para o formato esperado e apropriadamente armazenadas.

Pré-processamento: Pré-processamento é o nome utilizado para operações em imagens com baixo nível de abstração, no qual a chegada e a saída são imagens (SONKA; HLAVAC; BOYLE, 1999). Esta etapa é opcional e tem o objetivo de corrigir imperfeições e defeitos incorporados à imagem ao longo a aquisição. As razões destas imperfeições podem ser muitas, a partir de características do sistema até falhas no processamento de aquisição. Posto isto, a filtragem de ruídos, a melhora de contraste e até operações de rotação e escalamento podem ser considerados exemplos de pré-processamento. A prática adequada desta etapa amplifica as chances de sucesso dos processos seguintes. Para Augusto (2002), nesta etapa são utilizadas técnicas para aumento de contraste, remoção de ruídos, realce e normalização, com o objetivo de converter os padrões para uma forma que possibilite uma simplificação do posterior processo de reconhecimento.

Segmentação: Nesta etapa, a imagem é considerada do ponto de vista da informação nela presente, podendo ser entendida como o particionamento da mesma em regiões que apresentam características semelhantes. A detecção destas regiões pode ser feita de 2 modos: por intermédio da aglomeração de pontos vizinhos com atributos semelhantes, ou por intermédio da caracterização da borda da região. Além do mais, a detecção de regiões pode ser

feita visando um dos seguintes objetivos: extrair uma determinada região ou particionar a imagem num conjunto de regiões disjuntas cuja união representa a imagem inteira. As exigências nas quais deseja-se segmentar a imagem frequentemente são distinguíveis com base nos níveis de cinza ou características de coloração dos pixels individuais que compõem estas partes. Tendo como exemplo, em uma imagem de caracteres impressos ou escritos, os pixels pertencentes aos caracteres geralmente apresentam-se mais escuros que aqueles pertencentes ao fundo. Além do mais, deve-se observar os relacionamentos espaciais dos pixels.

Extração de Feições ou Reconhecimento e descrição: Nesta etapa busca-se qualquer informação quantitativa de interesse ou que possa ser fundamental para a caracterização entre classes de objetos (GONZALEZ; WOODS, 2000). Para isto, é preciso escolher a forma de representação dos dados, que pode ser por fronteiras (externa) ou por regiões completas (interna). A representação por fronteira é adequada no momento em que o interesse é alicerçado em qualidades externas, tais como cantos e pontos de inflexão (*zero-crossings*). A representação por regiões é adequada no momento em que o interesse está alicerçado em atributos internos (os pixels que compõem a região), como indicadores estatísticos, coloração e textura. Nada, no entanto, inviabiliza a uso das duas formas de representação conjuntamente, isto ficando a cargo da tarefa a ser realizada. Assim que for tomada a decisão sob qual das formas de representação será empregada, deve-se optar por quais serão as feições usadas para tal tarefa. Tendo como exemplo, uma região pode ser representada por sua fronteira, com esta última sendo descrita por feições tais como tamanho e número de concavidades da fronteira. Frequentemente, uma representação externa é escolhida no momento em que a atenção primária estiver direcionada para feições de forma. Por outro lado, uma representação interna é selecionada no momento em que a atenção estiver direcionada para características como coloração ou textura. Em qualquer um dos casos, as feições selecionadas como descritores precisam ser afetadas o mínimo possível por variações como mudanças de tamanho, rotação e translação. Em outras palavras, na extração de feições, a imagem é representada como um vetor numérico (vetor de feições) que possui o objetivo de minimizar a redundância dos dados e também efetuar a diminuição de dimensionalidade. Estas feições precisam ter grande parte da informação de fato utilizável para a classificação. Dessa maneira, a extração de boas feições é uma etapa crucial para que a próxima etapa (classificação) atinja seu propósito de acordo com o esperado. Boas feições são aquelas que satisfazem 2 requisitos:

Pequena variação intraclasse – formas ligeiramente distintas, porém com características gerais similares precisam ter valores próximos;

Grande variação interclasse – feições de diferentes classes precisam ter valores muito distintos.

Além disso, um sistema de reconhecimento flexível precisa aceitar um objeto independente de sua orientação, tamanho e localização. Esses requisitos são traduzidos em características invariantes a rotação, escala e translação. Existem, hoje, muitas técnicas de reconhecimento desenvolvidas e que podemos dividir em três abordagens:

Estatística - conjuntos de medidas de características (na forma de *n-tupla* ou vetores) são extraídos das imagens e métodos estatísticos são utilizados para separar as classes. Dentre os métodos utilizados podemos citar classificadores bayesianos, métodos probabilísticos e regras de decisão.

Estrutural - padrões são representados em uma forma simbólica (tais como *strings* e árvores), e os métodos de reconhecimento são baseados em casamento de símbolos ou em modelos que tratam padrões de símbolos como sentenças, a partir de uma linguagem artificial;

Neural - na abordagem neural, como o próprio nome diz, o reconhecimento é realizado utilizando-se Redes Neurais Artificiais. Alguns autores consideram o reconhecimento via Redes Neurais como sendo um tipo particular de reconhecimento estatístico, já que as características também são na forma de *n-tuplas* ou vetores e existe uma equivalência entre alguns modelos de Redes Neurais e técnicas estatísticas fundamentais (Augusto, 2002; Bishop, 1995).

2.1.2 Classificação de Imagens

A classificação é a parte mais abstrata do processamento digital de imagens. Ela representa o “alto nível” e permite obter a compreensão e a descrição final da imagem analisada. A classificação parte da premissa que a similaridade entre objetos implica que eles possuam atributos parecidos, formando classes/agrupamentos.

O resultado da classificação pode ser percentual (indicando o % de chance da ocorrência de alguma classe) ou similarmente pode ser uma imagem com algumas características enfatizadas para ajudar o profissional na sua tomada de decisão. De outra forma, podemos observar que a fase de classificação consiste em reconhecer um objeto, uma forma ou, de modo geral, uma entidade particular da imagem.

Para Gonzales e Woods (1992), a interpretação envolve a fixação de significado a um grupo de objetos reconhecidos, em outras palavras, deve-se dar significados a imagem. Dado um conjunto de classes e um padrão mostrado como entrada para o sistema, o problema consiste em arbitrar a que classe o padrão pertence.

Os três principais formalismos utilizados para a representação do conhecimento são baseados em:

- Lógica formal - onde o conhecimento pode ser expresso através de regras lógicas;
- Redes semânticas - que através de grafos direcionados demonstra o relacionamento entre elementos de uma imagem;
- Sistema de produção ou regra base - que apesar de ser restrito a um determinado domínio, é utilizado numa larga escala de aplicativo em processamento de imagem digital.

2.1.3 Reconhecimento de objetos

Reconhecimento de objetos é uma tarefa de visão computacional que consiste em atribuir um rótulo a uma imagem com base no objeto nela representado. Algoritmos do estado da arte aplicam técnicas de *Machine Learning* para classificar imagens diretamente a partir dos pixels.

Diversos fatores contribuem para tornar esta tarefa complexa, como a oclusão parcial de um objeto, diferenças de iluminação, variações em cenas de fundo, além das diferentes configurações que objetos do mesmo tipo podem apresentar. A relação entre os valores dos pixels e o conteúdo da imagem não é simples. Por isso, geralmente há uma primeira etapa de pré-processamento, que inclui obter uma descrição do conteúdo da imagem mais apropriada que os pixels. Encontrar essa descrição é a parte mais laboriosa e costumava ser feita por especialistas da área. Para isto, aplicam-se diferentes extratores de características, a depender da tarefa em questão.

Recentemente, avanços tanto teóricos como tecnológicos permitiram o uso eficiente de redes neurais de múltiplas camadas nessa tarefa. Uma das principais motivações desses desenvolvimentos é a descoberta automática de uma descrição mais apropriada dos dados. Neste trabalho foi realizada uma pesquisa do estado da arte, para definir a arquitetura utilizada, bem como os modelos de treinamento e ferramentas para construção da aplicação proposta.

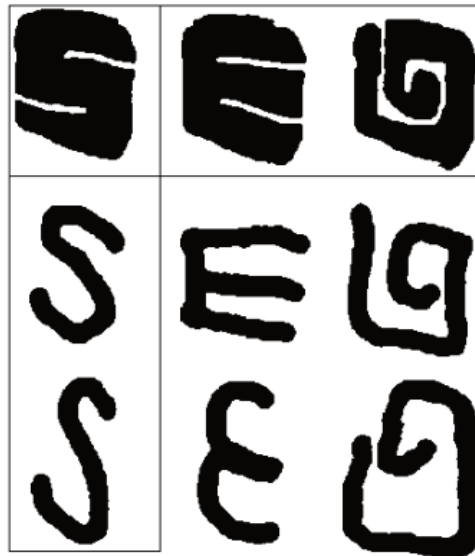
A seguir serão descritos alguns conceitos sobre as etapas de reconhecimento de imagem, redes neurais e sobre a ferramenta proposta.

2.1.4 Descritores de Forma

A noção de forma do objeto, embora de intuitividade clara, pode ter vários significados. Vários dos objetos do mundo real são 3D, no entanto, imagem e vídeo geralmente contêm projeções 2D dos mesmos (BOBER, 2001). No caso 2D, há duas noções de similaridade que são: baseada em região e baseada em contorno. Objetos na primeira série contêm uma distribuição espacial similar dos pixels, sendo semelhantes de acordo com critérios baseados em região. No entanto, contêm contornos distintos.

No momento em que a similaridade baseada em contorno é empregada, os objetos mostrados em cada coluna são parecidos (Figura 2). Caso fosse efetuada uma consulta por intermédio de uma imagem exemplo tal como a localizada na primeira linha e primeira coluna, as imagens consideradas semelhantes seriam as da primeira linha (se a similaridade fosse baseada em região) ou da primeira coluna (se a similaridade fosse baseada em contorno) (BOBER, 2001).

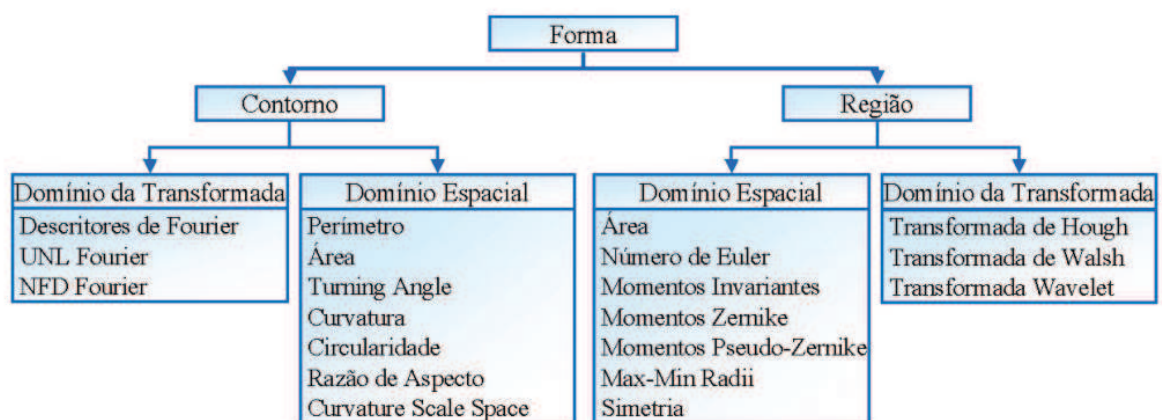
Figura 2: Exemplos de similaridade de forma baseada em contorno e região.



Fonte: BOBER, 2001.

Faz-se necessário comentar a necessidade da procura de técnicas que possuam invariância a mudanças de orientação (rotação e translação) bem como a variações de escala, uma vez que, tendo como exemplo, nas aplicações consideradas, objetos semelhantes, porém com tamanhos distintos que precisam ser considerados similares independente de seu tamanho. Em vista disso, são consideradas técnicas eficazes aquelas que contém tais qualidades aliadas similarmente à robustez em relação a ruído. Na Figura 3 alguns destes descritores são apresentados. Cabe destacar que as técnicas apresentadas nesta não são as únicas existentes, sendo somente uma pequena porção dentre todas as possibilidades.

Figura 3: Alguns descritores de forma.



Fonte: ERPEN, 2004.

As técnicas de Visão Computacional possibilitam a extração de inúmeras características de imagens, sendo então uma promissora fonte de informações para diversas áreas que utilizam

imagens como insumo. Dentre estas áreas, a área da Saúde, descrita na seção 2.4 sobre uma de suas subáreas (Reabilitação Pulmonar), tem estudos recentes e demonstra grande potencial de avanço tecnológico.

2.2 Machine Learning

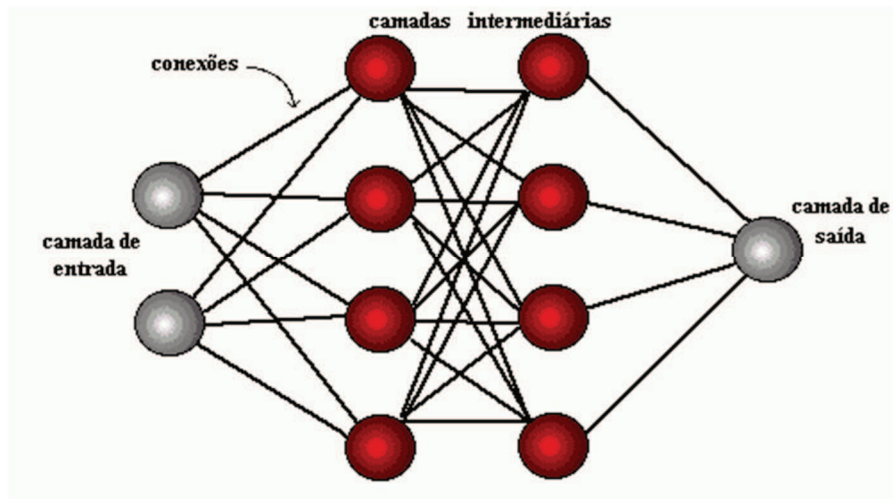
Como o termo em inglês já sugere, *Machine Learning* é uma área recente, que trata do desenvolvimento de algoritmos que permitam a um computador um “aprendizado” artificial. Para Artero (2008), “*a capacidade de aprender com as experiências é extremamente importante para a evolução das espécies, assim a implementação de técnicas de aprendizado automático tem se tornado uma das áreas de grande interesse em IA*”. Posto isto, deve-se salientar que este processo é complexo e pouco conhecido, embora o ser humano utilize-o a todo momento.

Segundo Luger (2013), para que qualquer sistema possa se autodeclarar inteligente, é necessário que possua a capacidade de aprender. Por este motivo, agentes inteligentes devem ter a capacidade de se modificarem ao longo do tempo, durante suas interações tanto com outros agentes externos, quanto com seus próprios processos internos. Em Simon (1983, apud Luger, 2013), o aprendizado é descrito como “*qualquer mudança em um sistema que melhore o seu desempenho na segunda vez que ele repetir a mesma tarefa ou outra tarefa tirada da mesma população*”.

2.3 Redes Neurais

Redes Neurais são modelos genéricos constituídos de neurônios artificiais. Um neurônio recebe um conjunto de valores de entrada e computa um único valor de saída. O formato mais simples de redes neurais são as *Feedforward Neural Networks* (FFNN). Este tipo de rede é constituído de camadas, e todos os neurônios de uma camada são conectados com os neurônios da próxima, conforme demonstrado na Figura 4.

Figura 4: Rede Neural Com uma camada escondida.



Fonte: <http://conteudo.icmc.usp.br/pessoas/andre/research/neural/>.

Braga, Carvalho e Ludermir (2007) descrevem redes neurais como sistemas paralelos distribuídos compostos por unidades de processamento simples (neurônios artificiais) que calculam determinadas funções matemáticas (normalmente não-lineares). Lima, Pinheiro e Santos (2014) dizem que redes neurais podem ser caracterizadas como modelos computacionais com capacidades de adaptar, aprender, generalizar, agrupar ou organizar dados, nos quais a estrutura operacional é baseada em processamento paralelo.

Abaixo são apresentados alguns conceitos de redes neurais que são utilizados em inúmeros algoritmos de treinamento.

2.3.1 Forward Propagation

Forward propagation é o algoritmo de rede neural onde cada camada da rede computa a saída como uma função aplicada a um vetor de ativação dos neurônios da camada anterior. Os parâmetros de uma camada formam uma matriz W que multiplica o vetor de entrada x para obter o vetor de ativação z . Então, a rede aplica uma função não-linear para obter o vetor disparo a .

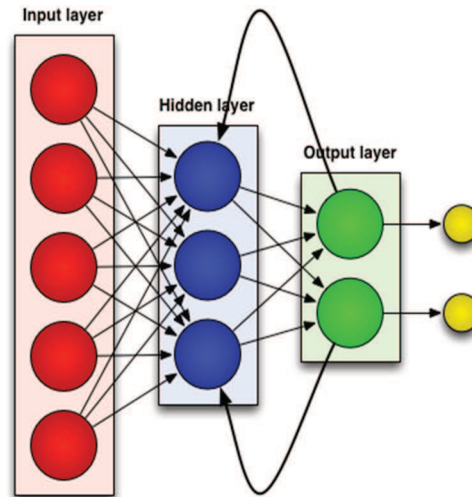
A função de disparo não deve ser linear porque a composição de transformações lineares pode ser representada por uma única transformação linear. Os neurônios da primeira camada não computam nenhuma ativação, apenas representam o vetor de entrada.

2.3.2 Back Propagation

Neste método as redes neurais são um modelo supervisionado, cada vetor de entrada vem com o vetor de saída desejado na base de treino. Então, podemos computar a diferença entre a saída desejada e a obtida para medir o erro da rede. A partir do erro, podemos ajustar os parâmetros W da rede usando o gradiente do erro com relação a esses parâmetros.

Como as funções de ativação são deriváveis, podemos usar a regra da cadeia para computar a derivada do erro com relação a cada parâmetro da rede tendo apenas o valor do erro na última camada. A Figura 5 demonstra o funcionamento de uma rede com este modelo.

Figura 5: Rede Neural que utiliza Back Propagation.



Fonte: <https://jasonroell.com/2017/06/26/understanding-recurrent-neural-networks-the-preferred-neural-network-for-time-series-data/>.

2.4 Distância Euclidiana

O algoritmo de distância euclidiana é utilizado para avaliar a dissimilaridade entre curvas em séries temporais. Para Bortolossi (2002), esta análise pode ser realizada entre dois pontos (a,b) e (x,y) e pode ser calculada pelo teorema de Pitágoras, que fornece o tamanho do segmento de reta que une os pontos. Para análises em séries temporais, é necessário que ambas tenham o mesmo tamanho, para a aplicação do cálculo recursivamente em todos os pontos.

Conforme Cassisi et al. (2012), a distância euclidiana deve obedecer algumas propriedades matemáticas que garantem que a distância calculada pode ser considerada como métrica:

- Não-negatividade: $f(x, y) \geq 0$
- Identidade: $f(x, y) = 0$ se e somente se $x = y$
- Simetria: $f(x, y) = f(y, x)$
- Desigualdade triangular: $f(x, z) \leq f(x, y) + f(y, z)$

2.5 Dynamic Time Warping

Dynamic Time Warping (ou DTW) é um algoritmo utilizado para comparar e alinhar duas sequências que podem variar no tempo ou velocidade. É frequentemente utilizado em

reconhecimento de fala, mineração de dados, robótica e similaridade de imagens, devido às suas características.

Conforme Cuesta (2013), geralmente utiliza-se para comparativo de séries temporais a distância euclidiana, que desenha uma linha direta entre o par de pontos. DTW é usado para definir a semelhança entre as séries temporais para classificação. Podemos dizer que, se a distância entre as séries é pequena, podem ser consideradas semelhantes.

O processo para calcular a distância entre duas séries utilizando DTW consiste em encontrar todas as distâncias de cada ponto em uma série em relação aos pontos da outra, encontrando o menor caminho possível e retornando como resultado o valor total da soma da menor distância de cada ponto. O algoritmo pode ser implementado utilizando computação dinâmica, mas tem alto custo computacional, tendo em séries muito longas um custo de processamento proporcionalmente elevado.

Para que possa ser utilizado nestes casos, é necessária a utilização de otimizações no algoritmo, que garantem o processamento apenas de caminhos “aceitáveis” utilizando as seguintes restrições:

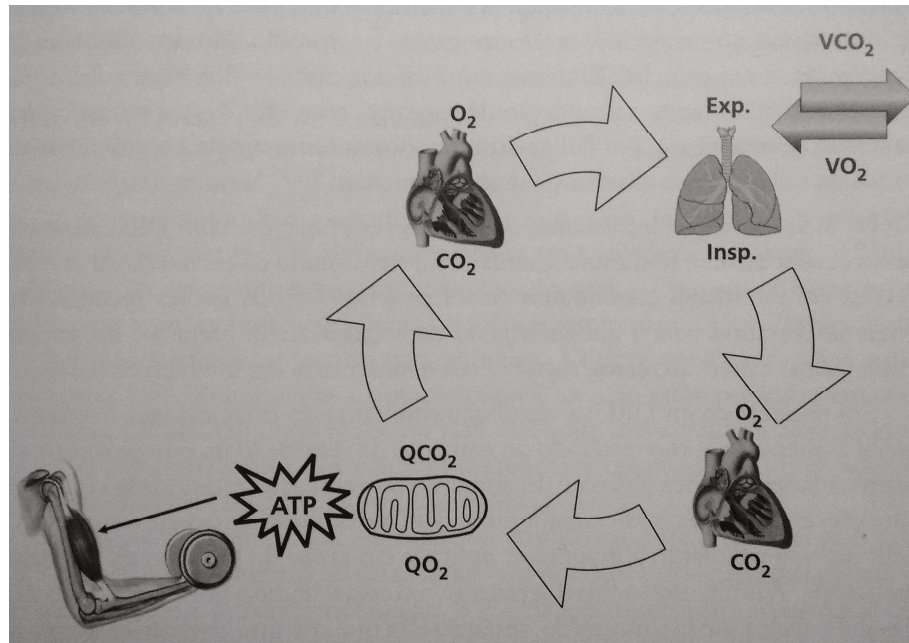
- Monotonicidade: o caminho não retornará a si mesmo. Os índices permanecem os mesmos ou aumentam, eles nunca diminuem.
- Continuidade: o caminho avança um passo de cada vez, podendo aumentar em no máximo 1 em cada etapa ao longo do caminho (em qualquer direção).
- Limite: o caminho começa no canto inferior esquerdo e termina no canto superior direito.
- Janela de Empenamento: é improvável que um bom caminho se desvie muito da diagonal. A distância que o caminho pode percorrer é a largura da janela.
- Restrição de inclinação: O caminho não deve ser muito íngreme ou muito raso. Isso evita que sequências curtas correspondam a outras muito longas. A condição é expressa como uma relação p/q em que p é o número de etapas permitidas na mesma direção (horizontal ou vertical). Depois de p passos na mesma direção, não é permitido avançar na mesma direção antes de pisar pelo menos q na direção diagonal.

2.6 Reabilitação Pulmonar

Nici et al. (2006) descreve o termo “Reabilitação Pulmonar” como uma ‘intervenção multiprofissional, integral e baseada em evidências, voltada à pacientes com doenças respiratórias crônicas que sejam sintomáticos e tenham diminuição das atividades diárias. A reabilitação pulmonar, integrada ao tratamento individualizado do paciente, auxilia na redução dos sintomas, otimização da capacidade funcional, aumento na participação e redução de custos por meio da estabilização ou reversão das manifestações sistêmicas da doença.

De um modo geral, pacientes com DPOC (Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica) queixam-se de dispnéia e fadiga quando se exercitam. Para Dourado (2011) os principais fatores que contribuem para este cenário são: limitação ventilatória; disfunção muscular esquelética; e disfunção cardíaca. A Figura 6 representa a interação complexa entre estes fatores que influencia na capacidade da execução de exercícios.

Figura 6: Representação da interação entre os sistemas respiratório, cardiovascular e locomotor durante o exercício.



Legenda: VO₂ = captação pulmonar de oxigênio; VCO₂ = liberação pulmonar de dióxido de carbono; Insp. = Inspiração; Exp. = Expiração; QO₂ = consumo muscular.

Fonte: DOURADO, 2011.

De acordo com Costa et al. (2017), há uma projeção de que até o ano 2020 a DPOC seja a causa de morte de mais de 6 milhões anualmente no mundo, o que torna ainda mais importante os estudos sobre tratamentos e acompanhamentos que proporcionem a melhora em pacientes com a doença.

Um programa de reabilitação pulmonar visa melhorar a qualidade de vida do paciente, diminuir possíveis sintomas de doenças respiratórias e promover a melhora física para as atividades do dia-a-dia. A melhora de qualquer um desses aspectos pode promover resultados positivos no prognóstico da doença. Ante o exposto, é possível afirmar que entre os objetivos da reabilitação pulmonar estão:

- Minimizar e/ou controlar os sintomas respiratórios;
- Ampliar a capacidade física;
- Melhorar a qualidade de vida;
- Reduzir o impacto psicológico da limitação física;
- Diminuir o número de agravamentos relacionados à doença;
- Prolongar a vida.

Para Dourado (2011), dentre os diversos tipos de treinamentos e avaliações possíveis para o acompanhamento de pacientes com DPOC, o *endurance* é o mais eficaz para o aprimoramento do metabolismo aeróbio de obtenção de energia. Por trabalhar intensidades baixas a moderadas de exercício por tempo prolongado (entre 20 minutos e várias horas), promove diversas adaptações na via aeróbia. Pode ser considerada uma excelente forma de

prevenção e tratamento de doenças que impactam em baixa tolerância a esforços, que é o caso de pacientes com DPOC.

Outro método de avaliação simples e eficiente é descrito por Hyatt et al. (2006): os testes de caminhada de 6 e 12 minutos. São testes muito úteis para quantificar e documentar a capacidade de exercício de um paciente ao longo do tempo. Podem ser utilizados também por pacientes com problemas cardíacos, este treinamento também pode ser utilizado como base para a avaliação do progresso de pacientes em um programa de reabilitação. Como metodologia para aplicação deste, pode ser mensurada uma distância de cerca de 100 pés com o paciente, contabilizando o número de voltas, sendo o paciente, ao longo do percurso, orientado a caminhar para trás e para frente, procurando andar o máximo possível. Durante o trajeto podem ocorrer pequenas pausas para repouso, mas procurando sempre retomar o quanto antes para que o teste seja válido. A Tabela 1 demonstra alguns prognósticos de distâncias médias percorridas durante os testes.

Tabela 1: Equações de prognóstico para distância de caminhada durante testes de 6 e 12 minutos para adultos de idades de 40 a 80 anos.

Velocidade (mph)	Distância (pés) caminhada em:	
	6 min	12 min
3	1.584	3.168
2	1.056	2.112
1	528	1.056
0,5	264	528
0,25	132	264

Fonte: HYATT et al., 2006.

Da mesma forma que os testes de *endurance* e de caminhada, o teste de escadas também é muito utilizado, sendo um método de baixo custo e fácil aplicação, mas que, para Mazzocchi et al. (2012), mesmo sendo descrito inicialmente em 1955, até hoje não tem padronização adequada. Em um estudo recente descrito por Dourado (2011), pacientes com DPOC realizaram os testes até se tornarem limitados por sintomas e pararem. O que demonstra que o teste pode também ser um aliado para avaliação do risco operatório de pacientes com a doença.

Além dos treinamentos de moderada a alta intensidade citados, a literatura descreve treinamentos de baixa intensidade, com pesos leves ou com testes de resistência com o próprio peso corporal do paciente. Clark et al. (1996, apud Dourado, 2011), por exemplo, avaliou os efeitos de exercícios de baixa intensidade em 48 pacientes com DPOC, randomizados em grupos experimental e de controle. Utilizando o programa de treinamento abaixo listado, observou-se que os pacientes do grupo de treinamento tiveram melhora significativa em força e resistência musculares, quando comparados ao grupo de controle.

Programa de treinamento de força de baixa intensidade (DOURADO, 2011):

- Circundação da cintura escapular
 - a) Circundação da cintura escapular para a frente

- b) Circundação da cintura escapular para trás
- Circundação do braço
 - a) Braço direito – Circundação passando o braço o mais próximo possível da cabeça em um grande círculo
 - b) Braço esquerdo – Idem
- Círculo com os braços (crescente e decrescente)
 - a) Braço direito – Braço abduzido na altura do ombro. Realizar 5 círculos progressivamente maiores e, em seguida, 5 círculos progressivamente menores
 - b) Braço esquerdo - Idem
- Exercício abdominal

Sentado em uma cadeira. Contrair os músculos abdominais, contar até 5 e voltar à posição inicial
- Flexão dos braços na parede

Posicionar os pés na linha dos quadris e ficar em pé a uma distância confortável da parede. Colocar as mãos na parede com os braços estendidos na linha dos ombros. Flexionar os cotovelos e retornar à posição inicial
- Sentar e levantar

Utilizar uma cadeira convencional, a partir da posição sentada, levantar-se e sentar-se novamente
- Quadríceps
 - a) Perna direita – Sentado em uma cadeira convencional, estenda o joelho contraindo o quadríceps. Mantendo-o contraído, contar até 4 e retornar à posição inicial
 - b) Perna esquerda – Idem
- Flexão plantar

Sentado em uma cadeira convencional, elevar os calcanhares do solo e retornar à posição inicial
- Caminhada no mesmo lugar

Em pé, flexionar um dos joelhos mantendo os dedos do pé em contato com o solo, enquanto o joelho contralateral se mantém estendido. Alternar esse movimento como se estivesse caminhando no mesmo lugar
- Step

Subir um pequeno degrau com a perna direita seguida da perna esquerda. Descer o degrau com a perna direita e em seguida com a perna esquerda.

Mesmo com os grandes avanços recentes, os tipos de avaliações citadas não descrevem técnicas que permitam o acompanhamento automatizado dos pacientes, sendo esta uma área ainda a ser explorada, pois trará benefícios tanto a pacientes quanto à médicos, fisioterapeutas e todos os demais especialistas que participam de programas de reabilitação pulmonar.

2.7 Considerações sobre o Capítulo

Neste capítulo foram descritos conceitos utilizados como embasamento para a revisão sistemática realizada no capítulo a seguir. Compreender os trabalhos relacionados existentes foi essencial para a construção de um modelo aderente como solução ao problema de pesquisa.

3 REVISÃO SISTEMÁTICA

A revisão sistemática sobre ferramentas de apoio à reabilitação pulmonar foi desenvolvida baseando-se no protocolo criado por Medeiros (2016), que utilizou uma mescla do protocolo da pesquisadora Elisabete Kitchenham (KITCHENHAM, 2007), referente à área de Ciência da Computação, e o protocolo de Recomendação PRISMA (PRISMA, 2015), direcionado para a área da saúde. Não é foco deste trabalho analisar métodos manuais utilizados para acompanhamento de programas de reabilitação pulmonar. Destaca-se o foco desta revisão em ferramentas que se utilizem de visão computacional.

3.1 Protocolo

A revisão sistemática foi desenvolvida baseando-se nos protocolos apresentados anteriormente, seguindo o seu planejamento com:

- a) Título: Revisão sistemática sobre ferramentas de apoio à reabilitação pulmonar.
- b) Resumo: Esta revisão sistemática utilizará como guia o protocolo criado por Medeiros (2016), tendo como tema desta revisão ferramentas de apoio à reabilitação pulmonar, buscando também assuntos de interesse referentes às mesmas, como suas ligações com a saúde e técnicas de visão computacional utilizadas. O protocolo foi desenvolvido com a ajuda de especialistas da área de computação (ligados a saúde e visão computacional) e, caso for necessário, poderá sofrer ajustes posteriormente, sendo todas as modificações justificadas.
- c) Objetivo – PICOC: Para o auxílio na criação da *string* de busca, Kitchenham (2007) recomenda a utilização do PICOC (População, Intervenção, Comparação, Resultados e Contexto). A formulação da pesquisa é apresentada a seguir.

3.1.1 FORMULAÇÃO DE PESQUISA

a) Foco da questão: Esta revisão sistemática busca encontrar os artigos que trabalham com ferramentas de apoio à reabilitação pulmonar, buscando encontrar técnicas que utilizem visão computacional como insumo (imagens, vídeos, etc.), visando principalmente verificar na literatura modos de auxiliar no acompanhamento da recuperação de pacientes.

b) Questões de interesse:

- Técnicas utilizadas
- Abordagens
- Estudos já realizados
- Aplicações recorrentes

c) Palavras-chaves: *Pulmonary Rehabilitation, Support Tools, Vision Computer, Machine Learning*

d) Intervenção: Verificar as tecnologias que são utilizadas nas pesquisas.

- e) Controle: Não será utilizado.
- f) Efeito: Identificar as lacunas de pesquisa na área de visão computacional, como apoio à reabilitação pulmonar.
- g) Medida do Resultado: Gerar um embasamento teórico para a dissertação, assim como a publicação de artigos científicos.
- h) População de interesse: Pesquisadores, professores, fisioterapeutas, desenvolvedores e profissionais da computação.
- i) Aplicação: Esta revisão sistemática tem como foco pesquisadores, professores e alunos da área da computação aplicada, pois trará uma visão abrangente de tecnologias e metodologias adotadas até o momento para o desenvolvimento de pesquisas.
- j) Desenho do experimento: Não será desenvolvido.
- k) Financiamento: Não há.

3.1.2 Formulação de Critérios

a) Definição dos critérios de seleção das fontes de dados: As fontes de dados foram selecionadas através de trabalhos relacionados e indicações das orientadoras deste projeto. As mesmas possuem artigos relacionados a computação e saúde.

Para a área da computação foram utilizadas as bases de dados: *Web Of Science*, que possui o acesso a periódicos em diversas áreas do conhecimento, tendo conteúdo integral apenas para pesquisadores (Web Of Science, 2017); *ACM Digital Library*, que é uma base de dados bibliográficos com foco na área da computação (ACM, 2017); *IEEEExplore*, que fornece acesso a algumas das publicações mais citadas no mundo em Ciência da Computação, Eletrônica e Engenharia Elétrica (IEEEEXPLORE, 2017).

Para a área da saúde, foi utilizada a base de dados PubMed, que conta com publicações biomédicas do MEDLINE (PubMed, 2017);

b) Idiomas das Fontes de Dados: Somente foram consideradas as publicações que estiveram no idioma em inglês.

c) *String* de busca: A *String* de busca foi criada conforme as palavras-chave definidas, tendo como elementos obrigatórios da pesquisa o uso de “Reabilitação pulmonar” (*Pulmonary rehabilitation*). Os termos “Ferramentas de apoio” (*Support tools*), “Visão Computacional” (*Visual Computing*) e “Aprendizagem de máquina” (*Machine Learning*) foram definidos como elementos auxiliares. A *String* foi aplicada nas bases de dados definidas anteriormente. A estrutura da *string* de busca foi definida como: (“*pulmonary rehabilitation*”) AND ((“*support tools*”) OR (“*visual computing*”) OR (“*deep learning*”)).

d) Artigos de controle: Optou-se por não utilizar nenhum artigo de controle para esta revisão sistemática.

3.1.3 Seleção dos Estudos

3.1.3.1 Definição de estudos

i. Critérios para a inclusão/exclusão dos resultados

As publicações selecionadas deveriam obedecer aos seguintes critérios:

- a) O ano de publicação do artigo deve estar dentro do período de 2013 e 2018;
- b) Ser um artigo científico publicado;
- c) Deve estar escrito em inglês;
- d) O artigo deve apresentar uma forma de validação;
- e) A publicação deve estar disponível na íntegra na internet ou disponível através de convênios das instituições de ensino.
- f) Ser validado pelo software *My Tree of Science* (Robledo-Giraldo et al., 2013).

ii. Definição dos tipos de estudo:

Foram selecionados estudos dos tipos teóricos, qualitativos e quantitativos referentes aos temas.

iii. Procedimentos para seleção dos estudos

Na primeira etapa, foi executada a *string* de busca nas bases de dados selecionadas. Todas as publicações encontradas foram exportadas no formato BibTex para serem cadastradas na ferramenta StArt. Após o registro, foram validados os critérios de inclusão já definidos. Os artigos da base *Web Of Science* passaram pela validação do software ToS. Avante, foram realizadas as leituras de todos os títulos, palavras-chave e resumos, passando em seguida para uma validação de introdução e conclusão e, na fase final, a leitura integral dos artigos selecionados.

iv. Fases de seleção de artigos:

- a) Fase 1 - Validar os critérios de inclusão e exclusão;
- b) Fase 2 - Validar as publicações na ferramenta TOS (conforme as bases compatíveis).
- c) Fase 3 - Leitura do título, palavras-chave e resumo;
- d) Fase 4 - Leitura da introdução e conclusão;
- e) Fase 5 - Leitura integral dos artigos e validação das respostas para as perguntas.

v. Critérios de qualidade das fases da Revisão Sistemática:

Os critérios de qualidade que foram avaliados nesta revisão sistemática estão descritos a seguir:

- a) As publicações apresentam algum tipo de validação?
- b) Quais foram as técnicas mais utilizadas?
- c) Que tipos de metodologias foram usadas?

- d) Quais autores foram a base para a fundamentação teórica?
 - e) O artigo apresenta algum protótipo desenvolvido?
 - f) Que formas de validação foram utilizadas?
 - g) Os artigos foram aplicados à área da saúde?
 - h) A proposta teve resultados positivos?
 - i) Quais foram as ferramentas utilizadas?
- vi. Análises adicionais: Não há.

3.2 Desenvolvimento da Revisão Sistemática

Para a classificação dos artigos, foi utilizado o *software* StArt, desenvolvido para apoiar todo o processo de uma revisão sistemática. Por meio de uma árvore hierárquica, ele disponibiliza funcionalidades que apoiam a execução de cada fase. Inicialmente, é cadastrado o protocolo criado no capítulo anterior. Após, o software disponibiliza funcionalidades para apoiar as etapas de condução, seleção e extração das informações. Para a importação dos dados na ferramenta, as publicações devem ser exportadas no formato BibTex [Hernandes et al. 2010] ou MEDLINE [Alvarez et al. 1999]. A Figura 7 ilustra o cadastro do protocolo na ferramenta StArt.

Figura 7: Cadastro do protocolo na ferramenta StArt.

Protocol

Objective:* ?

Esta revisão sistemática busca encontrar os artigos que trabalham com ferramentas de apoio à reabilitação pulmonar, buscando encontrar técnicas que utilizem computação gráfica como insumo (imagens, vídeos, etc.), visando principalmente verificar na literatura modos de auxiliar no acompanhamento da recuperação de pacientes.

* This field must be filled in

Main question:* ?

Existem ferramentas de apoio à recuperação pulmonar eficazes que utilizam computação gráfica como insumos?

Population: Pesquisadores, professores, fisioterapeutas, desenvolvedores e profissionais da computação.

Intervention: Verificar as tecnologias que são utilizadas nas pesquisas.

Control: Não será utilizado.

Results: Gerar um embasamento teórico para a dissertação, assim como a publicação de artigos científicos.

Application: Esta revisão sistemática tem como foco pesquisadores, professores e alunos da área da computação aplicada, pois trará uma visão abrangente de tecnologias e metodologias adotadas até o momento para desenvolvimento de pesquisas.

* This field must be filled in

[Add Secondary Question](#)

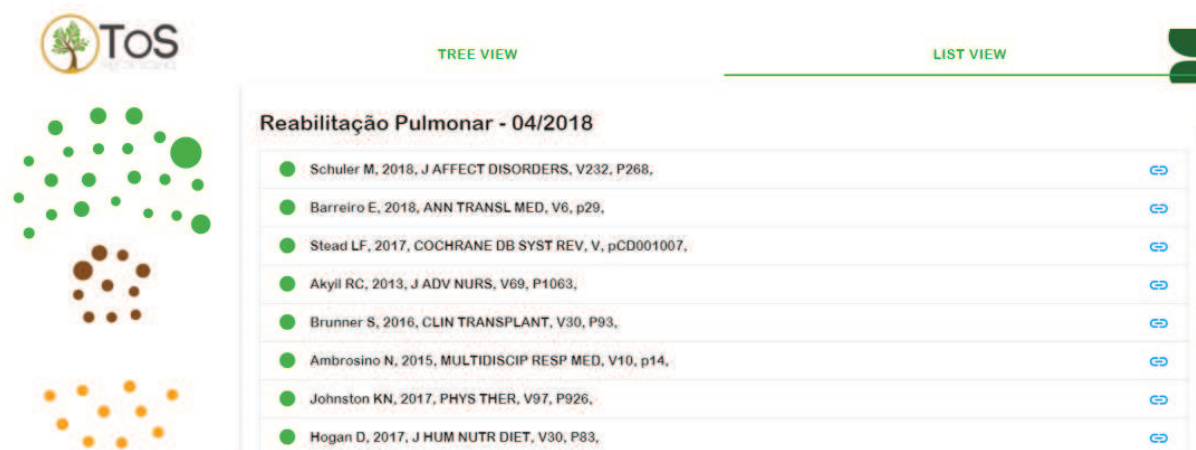
Fonte: Elaborado pelo autor.

Para a análise dos resultados da base de dados da *Web Of Science*, utilizou-se o software *My Tree of Science* (ToS), proposto pelo grupo de pesquisa GAIA, da Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales (Robledo-Giraldo; Duque-Méndez; Zuluaga-Giraldo, 2013). ToS é uma ferramenta web para a seleção de artigos científicos que utiliza os princípios da teoria da rede para identificar os artigos e autores mais relevantes em um determinado assunto. Os artigos são relacionados às suas referências e formam um gráfico onde pode-se calcular os graus de saída e entrada para cada artigo.

Como resultado, ele fornece uma lista ordenada dos artigos relevantes de pesquisa em formato de árvore, onde a raiz (representada em laranja) são artigos clássicos na literatura (não utilizados neste trabalho por não preencher o requisito de tempo de publicação), o tronco (representado em marrom) são os artigos que servem como a estrutura da pesquisa e as folhas (representadas em verde) são as publicações com novas tendências sobre o assunto pesquisado. Na Figura 8 é ilustrada a representação da ferramenta com a *string* de busca apresentada no

protocolo. Em seguida, serão apresentados os resultados das buscas realizadas nas bases de dados, as fases de seleção e os critérios de inclusão e exclusão de cada artigo.

Figura 8: Validação realizada pela ferramenta ToS.



Fonte: Elaborado pelo autor.

3.2.1 Fases de Seleção

Após a criação do protocolo e a definição das ferramentas de apoio, deu-se início a etapa de execução. A inserção da *string* de busca nas bases de dados foi realizada no dia 16 de abril de 2018. Somando os resultados das quatro plataformas propostas nesta pesquisa, foram encontradas 381 publicações relacionadas ao tema. A Tabela 2 ilustra os resultados encontrados de acordo com a base.

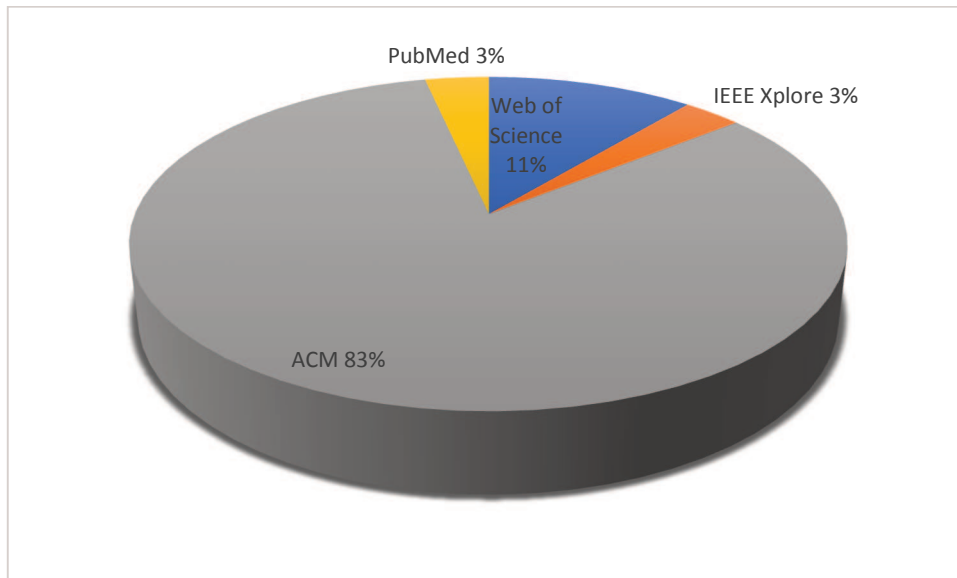
Tabela 2: Comparação dos resultados nas bases de dados.

Base	Resultados
Web of Science	42
IEEE Xplore	12
ACM	314
PubMed	13
	381

Fonte: Elaborado pelo autor.

Para representar a diferença de resultados entre as bases selecionadas, a Figura 9 ilustra um gráfico comparativo da quantidade de publicações encontradas. A seguir, serão apresentados os resultados de acordo com cada fase de seleção.

Figura 9: Gráfico comparativo de resultados entre as bases selecionadas.



Fonte: Elaborado pelo autor.

3.2.1.1 Fase 1

Como os motores de busca disponibilizam opções de filtros, antes da exportação dos resultados, foram aplicados os critérios de exclusão referentes ao ano de publicação, artigo científico publicado e o idioma, excluindo do retorno da busca todos os artigos publicados antes do ano de 2013 e que não estejam escritos em inglês. Os resultados foram exportados no formato BibTex ou MEDLINE, conforme a base de dados, e inseridos na ferramenta StArt, como mostra a Figura 10.

Figura 10: Resultados inseridos na ferramenta StArt.

General information

String: ("pulmonary rehabilitation") AND (("support tools") OR ("visual computing") OR ("deep learning"))

Search machine: Web of Science **Number of papers:** 30 **Date of the search:** 04/16/2018

Observations:

Import Reference File

ID Paper Title Author Status/Selection Status/Extraction Priority Reading Score

ID Paper	Title	Author	Year	Status/Selection	Status/Extraction	Reading Priority	Score
9704	Assessment of depression before and after inpatient rehabili...	Schuler, Michael and Strohmayr, Miriam...	2018	Unclassified	Unclassified	Low	2
9705	Telehealth Interventions Delivering Home-based Support Gro...	Banbury, Annie and Nancarrow, Susan a...	2018	Unclassified	Unclassified	Low	3
9706	Feasibility and predictive performance of the Hendrich Fall Ris...	Campanini, Isabella and Mastrangelo, St...	2018	Unclassified	Unclassified	Low	0
9707	Models of disuse muscle atrophy: therapeutic implications in cr...	Barreiro, Esther	2018	Unclassified	Unclassified	Low	0
9708	Understanding the factors affecting self-management of COP...	Ogunbayo, Oladapo J. and Russell, Sian ...	2017	Unclassified	Unclassified	Low	3
9709	Measurement Properties of Short Lower Extremity Functional ...	Johnston, Kylie N. and Potter, Adrian J. ...	2017	Unclassified	Unclassified	Low	3
9710	Integrated Transitions of Care for Patients With Rare Pulmon...	Moreo, Kathleen and Lattimer, Cheri and...	2017	Unclassified	Unclassified	Low	3
9711	Nutritional status of Vietnamese outpatients with chronic obst...	Hogan, D. and Lan, L. T. T. and Diep, D...	2017	Unclassified	Unclassified	Low	0
9712	Group behaviour therapy programmes for smoking cessation	Stead, Lindsay F. and Carroll, Allison J. ...	2017	Unclassified	Unclassified	Low	3
9713	Psychometric properties of the Physical Activity Scale for the ...	Tao, Yan-Xia and Wang, Lan and Dong, ...	2017	Unclassified	Unclassified	Low	3
9714	Recommendations for utilization of the paracorporeal lung ass...	Gazit, Avihu Z. and Sweet, Stuart C. an...	2016	Unclassified	Unclassified	Low	0
9715	Adherence and factors affecting satisfaction in long-term tel...	Hoas, Hanne and Andreassen, Hege Kri...	2016	Unclassified	Unclassified	Low	0
9716	Feasibility of whole-body vibration as an early inpatient rehab...	Brunner, Stefan and Brunner, Dorothee ...	2016	Unclassified	Unclassified	Low	0
9717	Machine Learning Approaches for Supporting Patient-Specific ...	Lofaro, Danilo and Grocchia, Maria Carmel...	2016	Unclassified	Unclassified	Low	0
9718	Neuromuscular electrical stimulation for muscle weakness in a...	Jones, Sarah and Man, William D-C and ...	2016	Unclassified	Unclassified	Low	0
9719	Lessons Learned from a Major Near Miss: A Case Report Inclu...	Van Zytveld, Chelsea R. and Rodriguez, ...	2016	Unclassified	Unclassified	Low	0
9720	Emotional Intelligence: A Novel Outcome Associated with Well...	Benzo, Roberto P. and Kirsch, Janee L. ...	2016	Unclassified	Unclassified	Low	9
9721	Evaluation of a Nurse-Led Educational Telephone Interventio...	Billington, Julia and Coster, Samantha an...	2015	Unclassified	Unclassified	Low	0
9722	Evaluating Comparative Effectiveness Research Priorities for ...	Stellefson, Michael and Alber, Julia and P...	2015	Unclassified	Unclassified	Low	3
9723	Supported self-management for patients with moderate to se...	[Anonymous]	2015	Unclassified	Unclassified	Low	3
9724	The Effects of Respiratory Muscle Weakness and Dilatory T...	Keskinen, Riina and Kintaneni, Palma F...	2015	Unclassified	Unclassified	Low	0

Path:

Name:

Size:

Fonte: Elaborado pelo autor.

Após a inserção das publicações no software, automaticamente foram excluídos 13 artigos detectados como duplicados entre as bases selecionadas. Foi realizada uma revisão manual e detectou-se mais 5 artigos duplicados. Neste momento os mesmos já estavam sendo classificados de acordo com os critérios de inclusão e exclusão previamente definidos no protocolo. Decidiu-se que alguns critérios seriam realizados nas próximas fases, a fim de otimizar o tempo da análise, tais como a validação da ferramenta ToS, que será realizada na Fase 2 e a verificação da disponibilidade dos artigos na íntegra e as formas de validações, que serão usadas na Fase 4. A ferramenta Start permite a classificação do artigo, se ele deve ser aceito ou rejeitado para a próxima fase, e ainda informa por qual critério de exclusão ou inclusão foi aceito ou rejeitado. Dos **381** artigos desta etapa foram aceitos para a segunda fase **368**, eliminando os duplicados e considerando que os demais já atendem aos critérios de exclusão iniciais.

3.2.1.2 Fase 2

Para a realização da segunda fase, foram exportadas as publicações da base de dados *Web Of Sciences* no formato de “texto sem formato” e importadas na ferramenta ToS. Após a validação do software, foram considerados relevantes 32 artigos dos 42 encontrados na base. 10 artigos foram rejeitados nessa fase pelo critério de exclusão “não validado pelo ToS”. As publicações consideradas como estrutura desta área de pesquisa (tronco) são aquelas que dão suporte a pesquisa, como: Doyle et al. (2013); Scirha et al. (2015); Gupta et al. (2014); entre outros.

Os artigos que apresentam as tendências atuais (folhas) envolvendo reabilitação pulmonar e/ou visão computacional são: Schuler et al. (2018); Barreiro (2018); Stead et al. (2017); Billington et al. (2015); dentre outros.

As bases de dados IEEE Xplore, ACM e PubMed não foram compatíveis com o software ToS. Sendo assim, as suas publicações passaram automaticamente para a Fase 3. Após a validação, **358** artigos foram aceitos para a Fase 3.

3.2.1.3 Fase 3

Na fase 3, realizou-se a leitura dos títulos, palavras-chave e resumo, analisando a presença dos termos “*reabilitação pulmonar*”, “*ferramentas de apoio*”, “*computação gráfica*” ou “*aprendizagem profunda*”. Nesta etapa, foram adicionados dois critérios de exclusão que não foram previstos/esperados na criação do protocolo:

- Não se enquadrar na abordagem adotada (devido a quantidade de artigos que, embora utilizem tecnologias semelhantes, não estejam dentro da abordagem;
- Não possuir relação entre os assuntos obrigatórios da pesquisa (uma grande quantidade de publicações tratava de outras tecnologias de apoio e suporte à saúde, desviando do objetivo principal deste trabalho).

Após a leitura dos resumos e a validação dos novos critérios de exclusão, **11** publicações foram aceitas para a quarta fase.

3.2.1.4 Fase 4

Na quarta fase, foram lidas as introduções e conclusões dos artigos aprovados na fase anterior, buscando obter uma ideia mais clara sobre o foco dos artigos que possam ter sido aceitos sem tanta exatidão, bem como, analisar a qualidade dos resultados obtidos. Após a leitura e a análise, **4** publicações foram aprovadas para a última fase, onde foi realizada a leitura completa dos mesmos.

3.2.1.5 Fase 5

A fase 5 consistiu na leitura completa dos 4 artigos que restaram, visando extrair todas as informações das publicações encontradas e organizá-las para que, assim, possam ser respondidas as perguntas pré-definidas no protocolo. A ferramenta StArt disponibiliza uma aba de extração de dados dos artigos, onde foram cadastradas as perguntas e respostas propostas, classificando conforme cada publicação e as informações que se buscava extrair, como mostra a Figura 11.

Figura 11: Cadastro de extração de dados na ferramenta StArt.

9709 - Measurement Properties of Short Lower Extremity Functional Exercise Tests in People With Chronic Obstructive Pulmonary Disease: ...

Study Data Selection Data **Data Extraction Form** Similar Studies

As publicações apresentam algum tipo de validação? Sim

Quais foram as técnicas mais utilizadas?

Que tipos de metodologias foram usadas?

Quais autores foram a base para a fundamentação teórica?

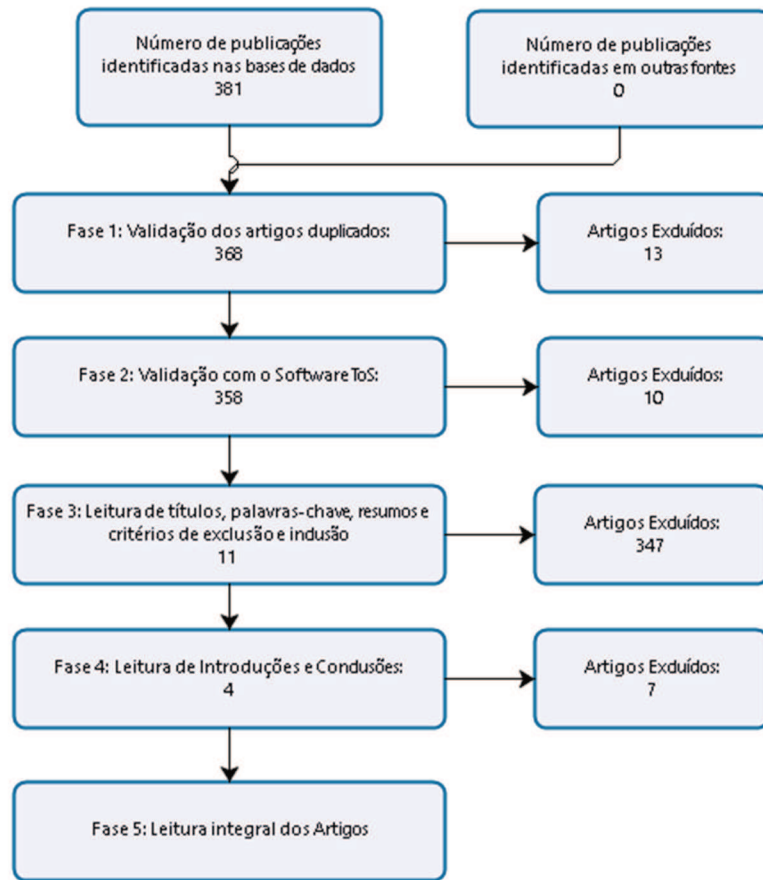
O artigo apresenta algum protótipo desenvolvido? Sim

Fonte: Elaborado pelo autor.

Após a leitura das publicações e a extração dos dados concluídas, iniciou-se a análise dos resultados obtidos. Alguns desses resultados foram simplificados no formato de gráficos e tabelas.

3.3 Resultados

Mediante a conclusão da leitura e a extração das informações das 4 publicações selecionadas para a etapa final, é possível responder as perguntas de pesquisa levantadas no protocolo desta revisão. Para exemplificar o processo ocorrido na seção anterior, a Figura 12 ilustra um fluxograma geral dos resultados das classificações dos artigos em cada fase de seleção, representando a quantidade de publicações que passaram para a próxima etapa e o volume de documentos que foram excluídos, conforme os critérios daquela fase.

Figura 12: Fluxograma dos resultados das fases de seleção.

Fonte: Elaborado pelo autor.

A Tabela 3 mostra os artigos considerados como relevantes para esta revisão sistemática e o seu ano de publicação.

Tabela 3: Título, autor e ano dos artigos selecionados

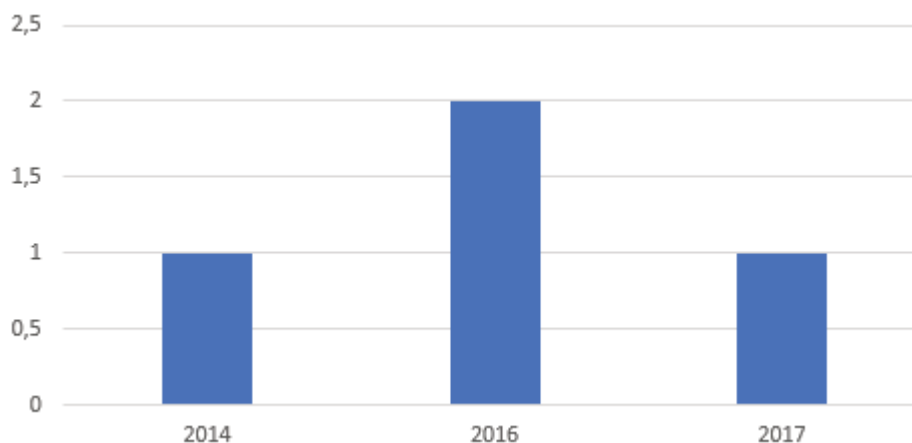
Título	Autor	Ano
Measurement Properties of Short Lower Extremity Functional Exercise Tests in People With Chronic Obstructive Pulmonary Disease: Systematic Review	Johnston, Kylie N. and Potter, Adrian J. and Phillips, Anna	2017
Adherence and factors affecting satisfaction in long-term telerehabilitation for patients with chronic obstructive pulmonary disease: a mixed methods study	Hoas, Hanne and Andreassen, Hege Kristin and Lien, Linda Aaroen and Hjalmsen, Audhild and Zanaboni, Paolo	2016

Título	Autor	Ano
Gold classification of COPD Gene cohort based on deep learning	J. Ying and J. Dutta and N. Guo and L. Xia and A. Sitek and Q. Li and Q. Li	2016
Effects and barriers to deployment of telehealth wellness programs for chronic patients across 3 European countries	Barberan-Garcia, A. and Vogiatzis, I. and Solberg, H. S. and Vilaro, J. and Rodriguez, D. A. and Garasen, H. M. and Troosters, T. and Garcia-Aymerich, J. and Roca, J. and NEXES Consortium	2014

Fonte: Elaborado pelo autor.

Para uma análise detalhada, foram gerados gráficos comparativos com relação ao ano das publicações selecionadas e as bases encontradas. Um detalhe importante para ressaltar é que o ano de 2017 é referente somente às publicações realizadas até o mês de agosto, data em que foi realizada a busca desta revisão. A Figura 13 apresenta o gráfico comparativo do ano das publicações.

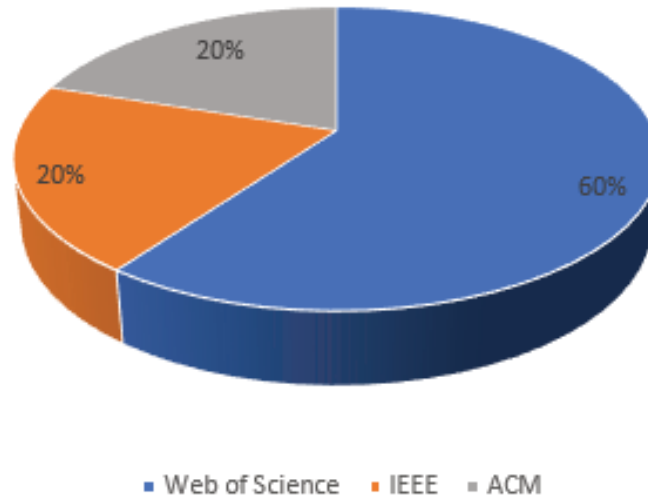
Figura 13: Comparativo do ano de publicação dos artigos selecionados.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Através do gráfico é possível verificar que o estudo de ferramentas de apoio à reabilitação pulmonar utilizando visão computacional são poucas e muito recentes, tendo atualmente visto as poucas publicações no período de 2013 ao atual. A Figura 14 ilustra o gráfico comparativo das bases de dados.

Figura 14: Comparativo da base de dados dos artigos selecionados.



Fonte: Elaborado pelo autor.

A base de dados da *Web of Science* obteve grande êxito quanto as publicações desta pesquisa. De forma geral, pode-se dizer que as bases tiveram uma proporção semelhante quanto ao êxito dos resultados, com exceção da base PubMed, a qual apenas 13 artigos foram encontrados e nenhum foi selecionado. Caso haja futuras revisões, pode-se considerar a hipótese de substituí-la.

3.3.1 Perguntas Respondidas

Através dos resultados da revisão sistemática, foi possível responder às seguintes perguntas:

- As publicações apresentam algum tipo de validação?
 - Sim (3 artigos).
- Quais foram as técnicas mais utilizadas?
 - Classificação de dados, utilizando *Deep Learning* (1 artigo).
 - Telereabilitação (1 artigo).
 - Revisão Sistemática (1 artigo).
- Que tipos de metodologias foram usadas?
 - Telemonitorização (1 artigo).
 - Análise de técnicas existentes (1 artigo).
 - Validação em algoritmo de redes neurais (1 artigo).
 - Protocolo de pesquisa (1 artigo).
- 4. Quais autores foram a base para a fundamentação teórica?

- Spruit et al., 2013 (3 artigos).
- 5. Qual a ligação entre os temas propostos?
 - Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica - DPOC (4 artigos).
- 6. Teve algum protótipo desenvolvido?
 - Sim (2 artigos).
 - Não informado (2 artigos).
- 7. Que formas de validação foram utilizadas?
 - Questionários (1 artigo).
 - Usuários (1 artigo).
 - Testes em redes neurais (1 artigo).
 - Análise de artigos (1 artigo)
- 8. Os artigos foram aplicados à área da saúde?
 - Sim (4 artigos).
- 9. Quais as linguagens de que foram utilizadas?
 - Não informado (4 artigos).
- 10. A proposta teve resultados positivos?
 - Sim (4 artigos).
- 11. Quais foram as ferramentas utilizadas?
 - Não informado (3 artigos).
 - Aplicação web e videoconferências (1 artigo).

3.3.2 Análise dos Artigos

Conforme os dados obtidos nos artigos, foi possível responder a todas as perguntas pré-estabelecidas nessa revisão sistemática. Essa seção apresentará uma análise aprofundada de cada questão, buscando apresentar os resultados, causas e observações sobre os artigos selecionados para a fase final.

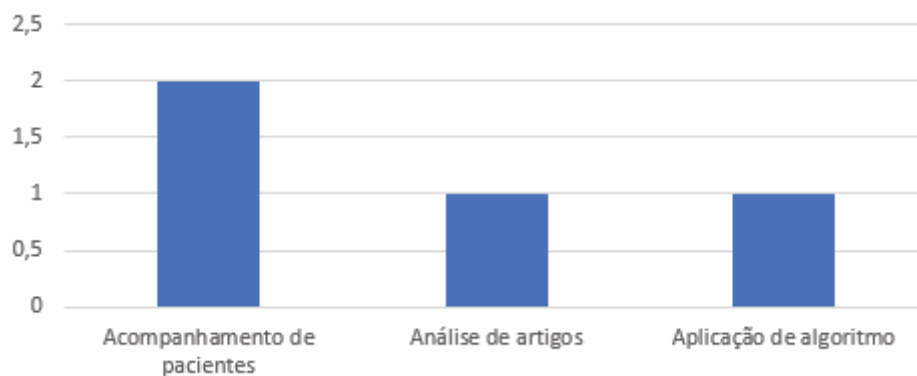
3.3.2.1 Validação

Após a análise das perguntas respondidas, é possível afirmar que 75% dos artigos selecionados para a última fase possuem algum tipo de validação, visto também que era um dos critérios de inclusão para estar entre os selecionados. As formas de validação empregadas serão apresentadas ao longo deste capítulo.

3.3.2.2 Técnicas Utilizadas

As técnicas utilizadas foram distribuídas uniformemente, pois cada artigo utilizou uma técnica distinta, somando 25% cada. Aplicaram técnicas de revisão sistemática, acompanhamento via telemonitorização e telereabilitação, novo programa de exercícios como forma de abordagem promissora e a aplicação de um algoritmo para treinamento de redes neurais. A Figura 15 ilustra um gráfico com esses resultados.

Figura 15: Comparativo de técnicas utilizadas nos artigos.



Fonte: Elaborado pelo autor.

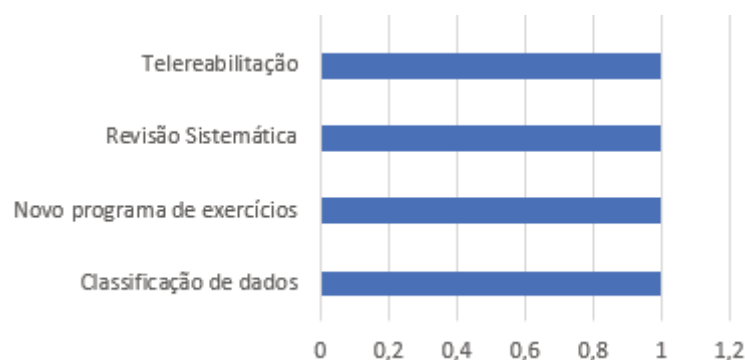
3.3.2.3 Metodologias Usadas

Dentre as metodologias utilizadas, 50% dos artigos abordam práticas que envolvem o acompanhamento de pacientes com DPOC ao longo de um período pré-determinado. Os resultados destes, embora positivos, utilizam abordagens de análise manual, que oneram o processo de avaliação, tornando-o demasiadamente extenso.

Outrossim, 1 (25%) descreve uma revisão sistemática sobre DPOC (25%), que explora as formas atuais existentes para avaliação e acompanhamento de pacientes com a doença. O resultado da revisão demonstra que o tema ainda é recente e há muito o que explorar, visto que nas bases de dados consultadas há pouca informação sobre o tema – dentre os 706 artigos identificados pela *string* de busca utilizada, apenas 29 foram aprovados na etapa final de análise. Desta forma, pode-se afirmar que há muito o que explorar quanto a ferramentas tecnológicas que possam apoiar no processo de acompanhamento dos pacientes com DPOC.

Por fim, o último dos artigos (25%) descreve a utilização de *Deep Learning* para classificar características que pacientes com DPOC possuem, para posterior utilização em análises e diagnósticos. Seus resultados positivos demonstram que é uma abordagem promissora, mas que ainda há muito a ser evoluída.

A Figura 16 apresenta um gráfico com os resultados descritos:

Figura 16: Comparativo de metodologias usadas.

Fonte: Elaborado pelo autor.

3.3.2.4 Autores Relevantes

Na análise dos trabalhos, um grupo de autores foi considerado como base para a fundamentação teórica, onde considera-se como destaque os autores Spruit et al. (2013), por ser citados em três artigos. Os demais autores aparecem apenas nos artigos dos quais foram extraídos. Nota-se, com isso, uma extensa gama de pesquisadores que buscam trabalhar com reabilitação pulmonar em suas pesquisas, mas sem muitas referências técnicas que sirvam como base de sustentação para o tema.

3.3.2.5 Ligação com os Temas Propostos

Todos os artigos têm relação com algum dos temas abordados pela revisão. Jonhston et al. (2017) tratam de uma revisão sistemática sobre abordagens de programas de exercícios de baixa intensidade em pessoas com DPOC. Em Hoaas et al. (2016) é descrita uma metodologia de acompanhamento na reabilitação de pacientes com DPOC utilizando tecnologias que permitam a telemonitorização dos mesmos, com o apoio de ferramentas desenvolvidas e videoconferências.

Barberan-Garcia et al. (2014) tratam de uma abordagem desenvolvida para o acompanhamento de pacientes com DPOC, com aplicação em unidades hospitalares de três cidades europeias simultaneamente. O trabalho construído por Ying et al. (2016) é o que menos se aproxima da área da saúde, mas é diretamente ligado à área da computação que serviu como base para a construção da *string* de busca: *Deep Learning*. O conceito de aprendizagem profunda aplicado foi o de utilização de redes neurais para a extração e classificação de características de pacientes com DPOC, visando trazer maior precisão à tomada de decisão clínica no acompanhamento de pacientes com a doença.

3.3.2.6 Protótipos Desenvolvidos

Em relação ao desenvolvimento de protótipos, verificou-se que 25% dos autores criaram um protótipo para seu experimento, seguindo de 75% dos trabalhos que não construíram ou não ilustraram um protótipo.

3.3.2.7 Formas de Validação

Dentre as formas de validação utilizadas, cada artigo apresentou uma abordagem distinta, sendo que um não utilizou validação (JONHSTON et al., 2017), por tratar-se de uma revisão sistemática.

As abordagens descritas foram análise estatística de dados (BARBERAN-GARCIA et al., 2014), análise de *logs* capturados durante a utilização do software desenvolvido (HOAAS et al., 2016) e testes dos algoritmos de redes neurais após o treinamento com uma base de dados (YING et al., 2016).

3.3.2.8 Aplicação na Área da Saúde

Quanto à aplicação na área da saúde, foi verificado que 100% dos autores aplicaram seus estudos nessa área.

3.3.2.9 Linguagens Utilizadas

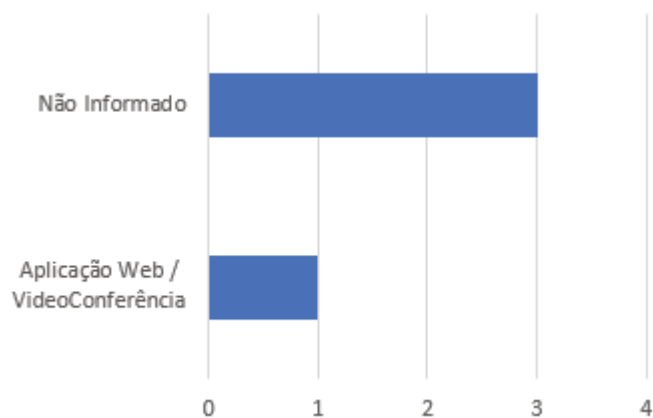
Nenhum dos autores informou as linguagens utilizadas em seus protótipos.

3.3.2.10 Resultados Obtidos

Sobre os resultados obtidos, verificou-se que 100% dos autores consideraram os seus resultados como positivos ou esperados. Ocorre esse valor principalmente pela consideração do objetivo da proposta dos trabalhos, e não ao resultado esperado do que se busca nessa revisão.

3.3.2.11 Ferramentas Utilizadas

Verificou-se que em 75% dos artigos não são informadas ferramentas que foram utilizadas, enquanto 25% (1 artigo), utilizou uma aplicação web e videoconferências como ferramentas. A Figura 17 ilustra o gráfico com esses resultados.

Figura 17: Comparativo de ferramentas utilizadas.

Fonte: Elaborado pelo autor.

O embasamento teórico obtido a partir das revisões sistemática e bibliográfica permite maior confiabilidade e assertividade na detecção das lacunas de pesquisa existentes. A seguir são detalhadas as análises sobre os trabalhos relacionados.

4 TRABALHOS RELACIONADOS

Para determinar trabalhos relacionados já publicados e que possam apoiar na construção do modelo, realizou-se uma revisão sistemática, detalhada no capítulo anterior. A partir da mesma, foram selecionados como publicações relacionadas as que são descritas a seguir.

4.1 Measurement Properties of Short Lower Extremity Functional Exercise Tests in People With Chronic Obstructive Pulmonary Disease: Systematic Review

Jonhston et al. (2017) trata de uma revisão sistemática sobre abordagens de programas de exercícios de baixa intensidade (duração < 6 minutos) em pessoas com DPOC. Para tal foram realizadas algumas etapas de seleção:

- Pesquisa em bases de dados: Foram identificadas 706 publicações dentre as bases selecionadas, e 11 de outras fontes não citadas no trabalho. Destas, 107 foram removidas, pois estavam duplicadas.
- Seleção de publicações: Nesta etapa 541 artigos foram excluídos, pois não tinham relação com o tema avaliado.
- Extração de dados: 40 publicações foram excluídas devido a características não condizentes com as restrições da revisão, como avaliação de programas com mais de 6 minutos e artigos não relacionados com o tema.
- Leitura e análise das publicações: Por fim, 29 artigos foram lidos e analisados.

Os resultados dos artigos avaliados demonstram a confiabilidade e validade dos programas de exercícios de baixa intensidade.

4.2 Adherence and factors affecting satisfaction in long-term telerehabilitation for patients with chronic obstructive pulmonary disease: a mixed methods study

Em Hoaas et al. (2016) é descrita uma metodologia de acompanhamento na reabilitação de pacientes com DPOC utilizando tecnologias que permitam a telemonitorização dos mesmos, com o apoio de ferramentas e desenvolvidas e videoconferências.

A mesma tem como objetivo minimizar os efeitos da falta de manutenção dos pacientes em programas de reabilitação de longa duração. Como problema de pesquisa, descreve que, sem qualquer estratégia de manutenção, os benefícios de programas de reabilitação geralmente diminuem após 6 a 12 meses.

Dentre os principais ofensores ou barreiras para que os pacientes continuem os programas de reabilitação estão, por exemplo, a quebra da rotina diária, viagens ou dificuldades no transporte, horário inconveniente, falta de percepção do benefício, falta de apoio social, baixa autoconfiança, entre outros.

Como proposta de solução para a problemática está a utilização de Telereabilitação, descrita como a entrega do serviço de reabilitação médica à distância, independentemente da localização geográfica dos pacientes, usando as tecnologias da informação e da comunicação eletrônicas. Ou seja, o trabalho descreve que a aderência aumenta ao utilizar comunicação por vídeo para que o paciente não tenha a necessidade de se deslocar até consultórios ou hospitais para realizar os treinamentos do programa acompanhado de um profissional qualificado.

4.3 Effects and barriers to deployment of telehealth wellness programs for chronic patients across 3 European countries

Barberan-Garcia et al. (2014) tratam de uma abordagem desenvolvida para o acompanhamento de pacientes com DPOC, com aplicação em unidades hospitalares de três cidades europeias simultaneamente.

Os pacientes foram submetidos a um programa de reabilitação cardiopulmonar supervisionado por 8 semanas, divididos em dois grupos: grupo experimental e grupo de controle.

Após o estudo foi possível determinar a eficácia da abordagem em Barcelona, combinando sustentabilidade a longo prazo de efeitos fisiológicos induzida pelo treinamento, juntamente com resultados reforçados em termos de estilo de vida.

Nas cidades de Trondheim e Atenas a abordagem falhou, porém, foi possível identificar os fatores que determinaram o fracasso do programa.

4.4 Gold classification of COPDGene cohort based on deep learning

O trabalho construído por Ying et al. (2016) é o que menos se aproxima da área da saúde, mas é diretamente ligado à área da computação que serviu como base para a construção da *string* de busca: *Deep Learning*.

O conceito de aprendizagem profunda aplicado foi a utilização de redes neurais para a extração e classificação de características de pacientes com DPOC, visando trazer maior precisão para a classificação clínica de pacientes com a doença.

Dentre os resultados, foi possível detectar as 50 características mais fortemente ligadas à DPOC.

4.5 Considerações sobre os trabalhos relacionados

Dentre as formas de validação utilizadas, cada artigo apresentou uma abordagem distinta, sendo que um não utilizou validação (JONHSTON et al., 2017), por tratar-se de uma revisão sistemática.

As abordagens descritas foram análise estatística de dados (BARBERAN-GARCIA et al., 2014), análise de *logs* capturados durante a utilização do software desenvolvido (HOAAS

et al., 2016) e testes dos algoritmos de redes neurais após o treinamento com uma base de dados (YING et al., 2016). Quanto à aplicação, foi verificado que 100% dos autores aplicaram seus estudos na área da saúde.

Há muitos trabalhos na área de reabilitação pulmonar. Porém, os estudos sempre descrevem a validação e acompanhamento manual e presencial de profissionais nos programas de reabilitação.

Cabe salientar que em nenhum dos trabalhos relacionados ocorre o estudo e experimentação da utilização de técnicas de visão computacional que possam contribuir decisivamente para a avaliação e melhora no acompanhamento de pacientes com DPOC.

O capítulo a seguir apresenta o modelo elaborado para a análise de evolução de tratamento fisioterápico, construído a partir do embasamento teórico, revisão sistemática e análise dos trabalhos relacionados, descritos nos capítulos anteriores.

5 MODELO DE ANÁLISE DE EVOLUÇÃO DE TRATAMENTO FISIOTERÁPICO - MAETF

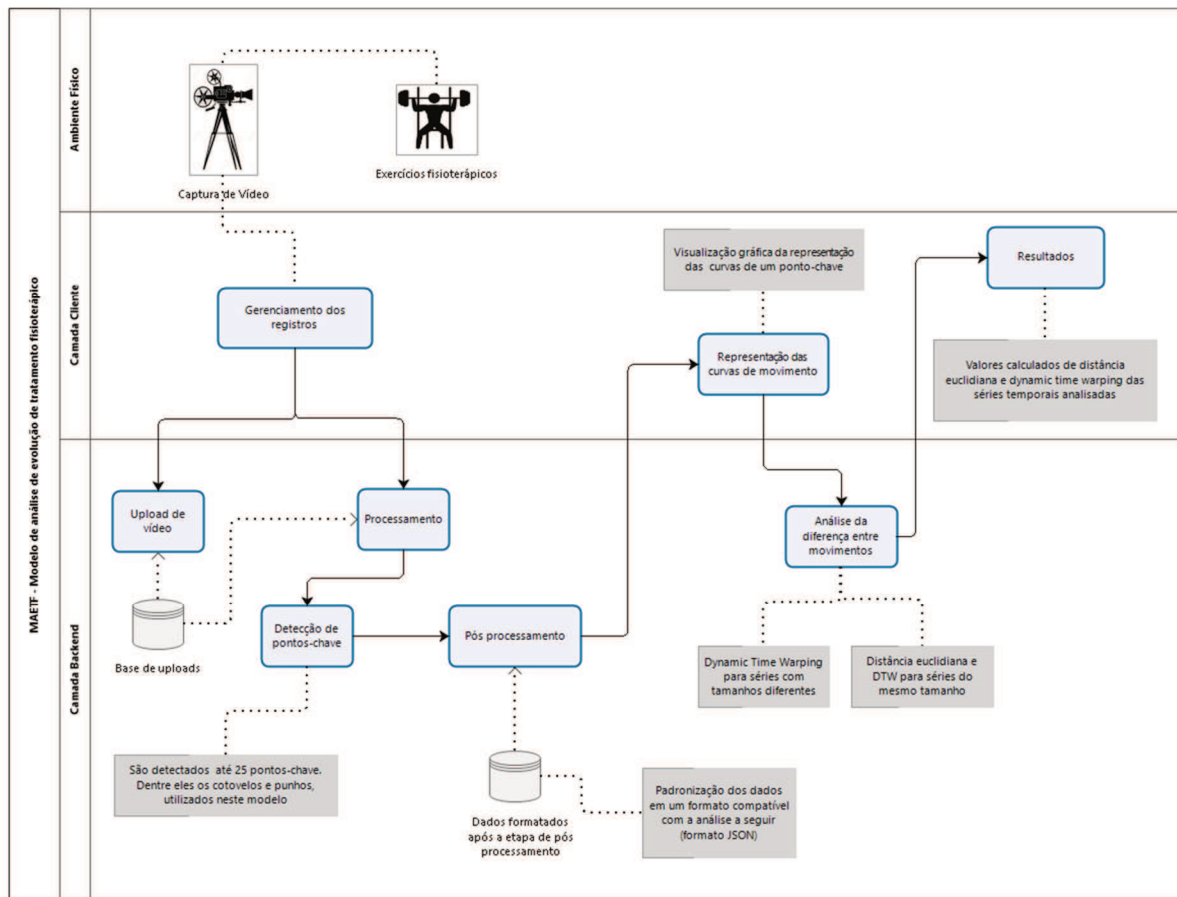
Este capítulo apresenta um modelo de análise de evolução de tratamento fisioterápico, denominado MAETF. A primeira seção mostra uma visão geral sobre o modelo e quais as suas características. Em seguida é descrita a arquitetura e estruturas necessárias para a aplicação do modelo.

5.1 Visão Geral

Este modelo tem como objetivo permitir o registro e a análise de dados históricos referentes à evolução dos movimentos fisioterápicos de pacientes, utilizando como meio de monitoramento aparelhos de gravação de vídeo, processados por algoritmos de aprendizagem de máquina e armazenados de forma estruturada para análise automatizada e detecção do percentual de mudança em cada curva de movimentos, bem como outras análises a serem realizadas por especialistas.

A Figura 18 representa a visão geral deste modelo. A captura dos vídeos das sessões de exercícios fisioterápicos ocorre de forma manual, agnóstica ao modelo de processamento. Desta forma, pode ser realizada utilizando qualquer dispositivo de gravação de vídeo (filmadora, câmera de smartphone, etc.), sendo único requisito a necessidade de que o dispositivo tenha resolução adequada para a análise dos dados.

Figura 18: Visão geral do Modelo



Fonte: Elaborado pelo autor.

A interface provida pelo modelo possibilita o gerenciamento dos registros de histórico de exercícios, bem como realizar o *upload* dos vídeos e iniciar o seu processamento. O processamento consiste na detecção dos pontos-chave do corpo em análise quadro-a-quadro, sendo posteriormente os dados resultantes formatados afim de utilizar um padrão que permita melhor serialização e análise (foi escolhido o formato JSON).

O modelo ainda prevê a representação gráfica dos resultados, classificados por ponto-chave e data de gravação, e a análise das séries temporais registradas para cada movimento, afim de calcular as suas diferenças utilizando os algoritmos de distância euclidiana e *dynamic time warping*.

5.2 Requisitos

Para que o modelo atinja os objetivos descritos na visão geral, deve-se especificar e desenvolver os requisitos a seguir:

- Controle de Pacientes:

- Permitir a criação de pacientes na aplicação, para que seja possível vincular os registros de histórico aos mesmos;
- Permitir a edição dos registros, visando ajustar possíveis erros de cadastro;
- *Upload* de vídeos:
 - Permitir o envio de vídeos das gravações, vinculando os mesmos ao paciente que foi registrado e a data em que ocorreu;
- Filtros de seleção:
 - Permitir a aplicação de filtros por paciente e ponto-chave do corpo;
- Análise:
 - Permitir a análise de dados de um paciente, através da informação de qual ponto-chave será analisado, para que o histórico seja avaliado e as diferenças entre as curvas sejam calculadas.
- Performance:
 - Garantir que o *upload* de vários arquivos e a análise dos dados simultânea não deixe a aplicação fora do ar.
- Usabilidade:
 - Garantir que a aplicação seja intuitiva, ou seja, que os usuários não tenham dificuldade em utilizá-la.

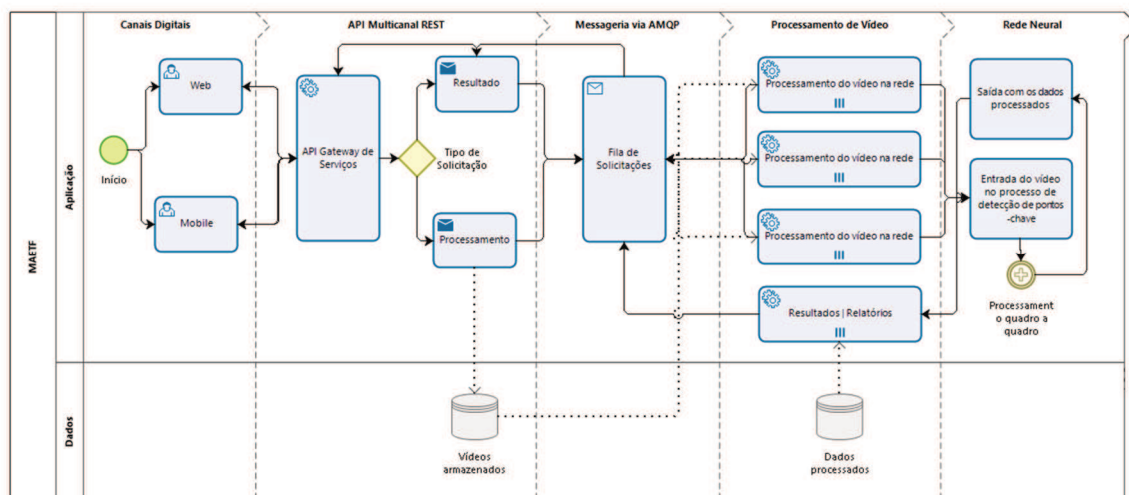
5.3 Arquitetura

A Figura 19 ilustra a arquitetura do MAETF, que está dividida em algumas camadas, conforme segue:

- Canais Digitais:
 - Camada externa que permite a interação dos profissionais responsáveis por registrar os pacientes, realizar a gravação dos vídeos, submetê-los e posteriormente analisar os resultados na aplicação;
- API Multicanal:
 - Micros serviços HTTP construídos seguindo a arquitetura REST (*Representational State Transfer*), que expõe para os canais externos à aplicação métodos que permitem gerenciar pacientes, realizar o *upload* de vídeos e analisá-los;
- Mensageria:
 - Micro serviço responsável por controlar o fluxo assíncrono dos processos, criando filas de execução quando a carga de solicitações ultrapassar um limite pré-estabelecido. Para que este funcione de forma padronizada e estável, optou-se por utilizar o protocolo AMQP (*Advanced Message Queuing Protocol*);

- Processamento de vídeo:
 - Camada de micro serviços responsáveis por:
 - Solicitar o processamento dos dados dos vídeos em uma rede neural;
 - Padronizar os resultados utilizando o formato JSON (*JavaScript Object Notation*);
 - Calcular os resultados dos comparativos entre os registros históricos de cada ponto-chave, para que possa ser analisado.
- Rede Neural:
 - Responsável por processar os vídeos quadro-a-quadro e detectar os pontos-chave do corpo, retornando as coordenadas dos mesmos no quadro, bem como a acurácia na seleção de cada ponto.

Figura 19: Arquitetura do MAETF



Fonte: Elaborado pelo autor.

5.4 Recursos utilizados

Tendo em vista à utilização de algoritmos de redes neurais, que demandam alto processamento aritmético em paralelo, foram utilizados os seguintes recursos de hardware:

- Processador Intel® Core™ i7-7700 (8M Cache, up to 4.20 GHz);
- Placa mãe ASUS PRIME B250M-PLUS DDR4;
- Memória 16Gb Crucial Ballistix Sport LT 2133Mhz;
- Placa de vídeo Gigabyte Geforce GTX 1080 TI - 11GB;
- Hd SSD 240gb Kingston Sv300.

6 IMPLEMENTAÇÃO E AVALIAÇÃO

Este capítulo detalha como foi realizado o desenvolvimento e a avaliação do MAETF. O protótipo que implementa o modelo é discutido na seção 6.1, a avaliação na seção 6.2, por fim, a seção 6.3 aborda algumas considerações sobre o capítulo.

6.1 Desenvolvimento do protótipo

Para o desenvolvimento de uma ferramenta flexível e otimizada, optou-se pela construção de uma aplicação que utiliza o conceito *client-server* para dividir a aplicação em duas camadas:

- *Backend*: as operações gerenciamento e controle de cadastro, operações de *upload* e processamento de vídeos e algoritmo de detecção de pontos-chave;
- *Frontend*: canal de comunicação com o cliente e interação do mesmo com a aplicação.

A camada de *backend* foi desenvolvida utilizando o conceito de micro serviços, que consiste em múltiplas aplicações pequenas e independentes, responsáveis por implementar etapas distintas do modelo. O *frontend* foi desenvolvido no protótipo como um único módulo, que detêm a todas implementações das interações e solicitações ao *backend* necessárias para o funcionamento da aplicação.

6.1.1 Linguagens, Frameworks

As linguagens utilizadas foram selecionadas levando em consideração a camada em que cada módulo ou micro serviço estão situados em relação à arquitetura do modelo, bem como, quais as responsabilidades de implementação que devem atender, conforme segue:

- Canais digitais:
 - Optou-se por desenvolver uma aplicação web, utilizando as linguagens *Typescript* e *Javascript*.
 - Devido à necessidade de uma aplicação intuitiva, optou-se por utilizar o *framework Angular*, que implementa o padrão *Material Design*.
- API Multicanal
 - Pela agilidade na construção de micro serviços, bem como a estabilidade e confiabilidade necessárias para a aplicação, foi selecionado o *framework Spring*, que utiliza a linguagem *Java*. A utilização do módulo *SpringBoot* permitiu um desenvolvimento acelerado deste micro serviço, garantindo a qualidade do mesmo.
 - Utilizou-se também o *framework Hibernate*, que permite o mapeamento objeto-relacional entre uma classe *Java* e uma tabela de um banco de

dados. Desta forma, a modelagem dos dados foi desenvolvida junto ao projeto de implementação e representa como a tabela foi construída.

- Mensageria
 - Para esta camada optou-se pela utilização a ferramenta de código livre *RabbitMQ*, escrita na linguagem *Erlang*, que implementa o protocolo AMQP necessário para utilizar mensageria assíncrona, conforme os requisitos do modelo.
- Processamento de Vídeo
 - Para o processamento de vídeo desenvolveram-se dois micro serviços:
 - Sendo necessário solicitar a análise dos vídeos, utilizou-se a linguagem *Python* para acionar o processamento de redes neurais, bem como, monitorar as filas de solicitações assíncronas da camada de mensageria e registrar a finalização do processamento de vídeo.
 - Após a detecção dos pontos-chave, implementou-se um micro serviço responsável por padronizar as saídas de dados no formato JSON, utilizando *NodeJS* e linguagem *Javascript*.
- Rede Neural
 - O processamento quadro-a-quadro foi implementado em um micro serviço utilizando a linguagem *Python* e a biblioteca *Openpose*, que permite a detecção dos pontos-chave através de processamento paralelo utilizando GPUs. A rede neural utilizada é do tipo *back propagation*. Esta rede neural foi treinada a partir da base de dados *Microsoft Common Objects in Context* (<http://cocodataset.org>).

6.1.2 Armazenamento

Quanto ao armazenamento dos dados do histórico de vídeos dos pacientes, por se tratarem de dados binários de grande volume, optou-se pelo armazenamento em arquivos no formado MPEG-4, junto ao micro serviço da camada API Multicanal, pois o mesmo que recebe os *uploads* da camada de Canais Digitais.

Para que o serviço responsável pelo processamento dos vídeos possa identificar e relacionar os vídeos aos pacientes, todos eles recebem um identificador único, que é armazenado em um banco de dados relacional MYSQL, junto aos dados do paciente.

A Figura 20 demonstra a representação do modelo de banco de dados que armazena os dados do paciente, enquanto a Figura 21 representa o modelo que guarda os dados de identificação dos vídeos registrados. Ambos criadas a partir da modelagem realizada junto ao projeto da camada API Multicanal.

Figura 20: Classe com o modelo de dados do Paciente

```

1 package br.com.ernestobarbosa.gateway.entity.table;
2
3 import com.fasterxml.jackson.annotation.JsonIgnoreProperties;
4 import lombok.Getter;
5 import lombok.Setter;
6 import org.springframework.data.jpa.domain.support.AuditingEntityListener;
7 import javax.persistence.*;
8 import javax.validation.constraints.NotBlank;
9 import java.io.Serializable;
10
11 @Getter
12 @Setter
13 @Entity
14 @Table(name = "paciente")
15 @EntityListeners(AuditingEntityListener.class)
16 @JsonIgnoreProperties(value = {"createdAt", "updatedAt"}, allowGetters = true)
17 public class Paciente implements Serializable {
18
19     @Id
20     @GeneratedValue(strategy = GenerationType.IDENTITY)
21     private Long id;
22
23     @NotBlank
24     private String name;
25
26 }

```

Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 21: Classe com o modelo de dados de vídeo

```

1 package br.com.ernestobarbosa.gateway.entity.table;
2
3 import com.fasterxml.jackson.annotation.JsonIgnore;
4 import com.fasterxml.jackson.annotation.JsonIgnoreProperties;
5 import lombok.Getter;
6 import lombok.Setter;
7 import org.hibernate.annotations.OnDelete;
8 import org.hibernate.annotations.OnDeleteAction;
9 import org.springframework.data.jpa.domain.support.AuditingEntityListener;
10 import javax.persistence.*;
11 import java.io.Serializable;
12 import java.util.Date;
13
14 @Entity @Table(name = "video") @EntityListeners(AuditingEntityListener.class)
15 @Getter @Setter @JsonIgnoreProperties(value = {"createdAt", "updatedAt"}, allowGetters = true)
16 public class Video implements Serializable {
17
18     @Id
19     @GeneratedValue(strategy = GenerationType.IDENTITY)
20     private Long id;
21     private String fileName;
22     private String path;
23     @ManyToOne(fetch = FetchType.LAZY, optional = false)
24     @JoinColumn(name = "idPaciente", nullable = false)
25     @OnDelete(action = OnDeleteAction.CASCADE)
26     @JsonIgnore
27     private Paciente paciente;
28     private Date date;
29 }

```

Fonte: Elaborado pelo autor.

6.1.3 Serviços disponibilizados

Os serviços do MAETF são disponibilizados em URIs que utilizam o protocolo REST, conforme descrito na seção 5.3.

Para atender aos requisitos das funcionalidades necessárias para implementação do modelo, foram disponibilizados dez serviços. A Tabela 4 lista os serviços disponibilizados pelo protótipo. A primeira coluna informa cada URI disponibilizada pela camada de API Multicanal, utilizando valores entre chaves para informar que é necessária a utilização de parâmetros na URI. A segunda coluna informa os métodos que devem ser utilizados para realizar a solicitação, enquanto a terceira coluna detalha os parâmetros necessários para utilizar os serviços, a quarta coluna informa o corpo de dados necessário para a solicitação e a quinta descreve a tarefa que será realizada ao fazer uma requisição HTTP para cada uma das URIs.

Tabela 4: Serviços Disponibilizados

URI	Método	Pârametro(s)	Corpo	Descrição
/paciente/listar	GET			Lista os pacientes cadastrados
/paciente/criar	POST		JSON com o nome do paciente	Cria um novo Paciente
/paciente/{id}	GET	Id do Paciente		Retorna os dados de um Paciente
/paciente/{id}	PUT	Id do Paciente	JSON com o novo nome do paciente	Atualiza os dados de um Paciente
/paciente/{id}	DELETE	Id do Paciente		Exclui um Paciente
/vídeo/{id}/{date}	POST	Id do Paciente e data da gravação		Envia um vídeo de um paciente, informando a data de gravação
/vídeo/{id}	GET	Id do Paciente		Retorna o <i>Hash</i> de identificação de vídeo
/run/{hash}	POST	Hash de identificação de vídeo		Envia a solicitação de processamento de um vídeo
/status/{hash}	GET	Hash de identificação de vídeo		Retorna o status do processamento de um vídeo (Não processado ou processado)
/process/{hash}	POST	Hash de identificação de vídeo		Retorna os dados do processamento de um vídeo, padronizados no formato JSON (séries

URI	Método	Pâmetro(s)	Corpo	Descrição
				temporais de cada ponto-chave)
/analyze	POST		JSON com as duas séries temporais que devem ser analisadas	Calcula a diferença entre as séries temporais utilizando os algoritmos de distância euclidiana e <i>Dynamic Time Warping</i>

Fonte: Elaborado pelo autor.

Os cinco primeiros serviços, que iniciam com o prefixo “/paciente”, são utilizados para o controle e gerenciamento dos dados do paciente. Os métodos iniciados por “/vídeo” permitem o *upload* de vídeos e retorno do identificador de cada vídeo gerado. Os demais serviços provêm as funcionalidades necessárias para processar, monitorar e analisar os vídeos de cada paciente.

6.2 Avaliação

Para a avaliação do modelo foi utilizado o protótipo do MAETF. Para a obtenção dos dados utilizados nos testes foi realizado o acompanhamento e gravação de sessões de exercícios de pacientes com DPOC, para registro de histórico e posterior análise dos resultados.

Para a realização do experimento foi realizada uma parceria junto à Universidade Feevale, que possibilitou o acompanhamento e captura de vídeos dos pacientes do programa de reabilitação pulmonar, realizado nas dependências da universidade. À frente do programa está a Dr^a. Cássia Cinara da Costa, que proveu as informações referentes às planilhas de acompanhamento de carga e esforço de cada paciente.

Os pacientes foram registrados com nomes fictícios, como “Paciente A” e “Paciente B”, pois para fins científicos apenas os dados resultantes são necessários. Por questões legais e de direito de imagem, todos os pacientes que participaram do acompanhamento assinaram um termo de aceite do uso de imagens pessoais para fins de pesquisa científica. Cada paciente foi registrado e o *upload* das gravações das sessões foi realizado utilizando a interface do protótipo.

A seção 6.2.1 descreve o funcionamento do programa de reabilitação acompanhado, bem como as medidas colhidas ao longo deste, que permitiram a análise frente aos dados obtidos a partir dos resultados da implementação do modelo.

A seção 6.2.2 apresenta os testes das funcionalidades implementadas no protótipo, que visa detectar inconformidades entre os requisitos e o que foi desenvolvido. A seção 6.2.3 descreve como foram as análises individuais de cada paciente avaliado durante a aplicação dos testes do protótipo.

6.2.1 Programa de Reabilitação Pulmonar

O Programa de Reabilitação Pulmonar consiste em um acompanhamento multidisciplinar que tem duração de 12 semanas, no qual os pacientes foram acompanhados por médicos, psicólogos, nutricionistas e enfermeiros. O programa de exercícios físicos foi supervisionado por fisioterapeutas e profissionais de educação física.

Ocorre uma entrevista inicial com os pacientes quanto à atividade física, visando compreender quais são as dificuldades e necessidades de cada um. A periodicidade foi de três vezes por semana (segundas, quartas e sextas), com duração de duas horas, sendo divididas as atividades em: aquecimento, exercícios aeróbicos, resistidos e alongamentos. A primeira sessão de cada paciente foi utilizada para determinar as cargas iniciais (pesos, velocidades, tempo e número de repetições) para cada paciente, sendo incrementadas nas sessões seguintes de acordo com a percepção subjetiva de esforço moderada, obtida através da escala de BORG (Costa et al., 2014).

Conforme Costa et al.(2014), foi realizado o teste 1RM (uma repetição máxima) com os pacientes com o objetivo de determinar o peso que o paciente pode levantar em cada aparelho. Para isso, foram respeitadas algumas recomendações:

- Os profissionais executaram os exercícios predeterminados para que o paciente visualizasse os movimentos e pudesse lembrá-los, em seguida realizando-os com pouco peso;
- Foi informado a cada paciente que, em cada aparelho, era necessário realizar um exercício de estimativa de carga, analisando o esforço e com no máximo três tentativas;
- Foi apresentada para os pacientes a escala de percepção de esforço de 0 a 10 de Borg, para que o paciente já se familiarizasse com a mesma;
- O teste foi finalizado sempre que o paciente considerasse a carga muito alta, sinalizando uma pontuação superior a sete na escala de Borg;
- Durante a execução dos exercícios, os pacientes deveriam realizar respiração passiva, inspirando antes e expirando durante o movimento;
- Foi utilizado um oxímetro para monitorar a saturação do paciente, que deve ficar acima de 90%. Após cada exercício, deve ser respeitado ao menos dois minutos de descanso;
- Deve ser observada qualquer mudança no comportamento, expressão, tosse, dispneia e outras expressões corporais do paciente que sejam diferentes das habituais.

Durante as sessões foram registrados os pesos e percepções subjetivas de esforço na escala de Borg, como pode ser observado na ficha de acompanhamento do paciente da Figura 22.

Figura 22: Ficha de acompanhamento do paciente

UNIVERSIDADE FEEVALE
Instituto de Ciências da Saúde
Laboratório de Estudo da Atividade Física, do Exercício e dos Esportes
PROJETO REABILITAÇÃO PULMONAR (DPOC)

FICHA DE TREINAMENTO DE FORÇA

Nome: Iolanda Estadiamento:

INICIANTE 50%

1ª sessão/ P.A.: <u>130/80</u> <u>27/02/2019</u>	2ª sessão/ P.A.: <u>140/90</u> <u>01/03/2019</u>	3ª sessão/ P.A.: <u>140/90</u> <u>03/03/2019</u>	4ª sessão/ P.A.: <u>140/90</u> <u>06/03/2019</u>
5ª sessão/ P.A.: <u>130/80</u> <u>10/03/2019</u>	6ª sessão/ P.A.: <u>130/80</u> <u>13/03/2019</u>	7ª sessão/ P.A.: <u>130/80</u> <u>15/03/2019</u>	8ª sessão/ P.A.: <u>130/80</u> <u>17/03/2019</u>

INTERMEDIÁRIO 60%

9ª sessão/ P.A.: <u>130/80</u> <u>22/03/2019</u>	10ª sessão/ P.A.: <u>120/70</u> <u>24/03/2019</u>	11ª sessão/ P.A.: <u>130/80</u> <u>25/03/2019</u>	12ª sessão/ P.A.: <u>130/80</u> <u>03/04/2019</u>
13ª sessão/ P.A.: <u>130/80</u> <u>05/04/2019</u>	14ª sessão/ P.A.: <u>120/70</u> <u>12/04/2019</u>	15ª sessão/ P.A.: <u>130/80</u> <u>17/04/2019</u>	16ª sessão/ P.A.: <u>120/70</u> <u>19/04/2019</u>

AVANÇADO I 70%

18ª sessão/ P.A.: <u>110/70</u> <u>21/04/2019</u>	19ª sessão/ P.A.: <u>120/80</u> <u>24/04/2019</u>	20ª sessão/ P.A.: <u>130/80</u> <u>26/04/2019</u>	21ª sessão/ P.A.: <u>120/80</u> <u>28/04/2019</u>
22ª sessão/ P.A.: <u>130/80</u> <u>01/05/2019</u>	23ª sessão/ P.A.: <u>120/80</u> <u>03/05/2019</u>	24ª sessão/ P.A.: <u>110/70</u> <u>05/05/2019</u>	25ª sessão/ P.A.: <u>110/70</u> <u>08/05/2019</u>

AVANÇADO II 80%

26ª sessão/ P.A.: <u>120/80</u> <u>10/05/2019</u>	27ª sessão/ P.A.: <u>120/70</u> <u>17/05/2019</u>	28ª sessão/ P.A.: <u>110/80</u> <u>21/05/2019</u>	29ª sessão/ P.A.: <u>130/80</u> <u>05/06/2019</u>
30ª sessão/ P.A.:	31ª sessão/ P.A.:	32ª sessão/ P.A.:	33ª sessão/ P.A.:

EXERCÍCIO	S x R	Teste Carga Máxima		Cargas de Treinamento									
		Inicial		Final		Iniciante		Intermediário		Avançado I		Avançado II	
		1RM	Borg	1RM	Borg	50%	Borg	60%	Borg	70%	Borg	80%	Borg
1. Rosca direta	2 x 10	7	5			3,5	2	4,2	2	4,9	4	5,6	4
2. Tríceps Testa	2 x 10	6	5			3	3	3,6	2	4,2	3	4,8	3
3. Roldana alta	2 x 10	4	5			2	3	2,4	3	2,8	3	3,2	3
4. Elevação lateral	2 x 10	5	3			2,5	2	3	3	3,5	3	4	4
5. Extensão de joelhos	2 x 10	9	5			4,5	4	5,4	3	6,3	3	7,2	3
6. Voador invertido	2 x 10	4	4			2	4	2,4	3	2,8	3	3,2	3
7. Supino sentado	2 x 10	6	5			3	3	3,6	3	4,2	3	4,8	5
8. Flexão de joelhos	2 x 10	8	3			4	2	4,8	2	5,6	3	6,4	3
9. Flexão plantar	2 x	30	3			15	2	18	2	21	3	24	3
10. Abdominais	2 x	20	3			10	2	12	2	14	2	16	3

DATA:

* Cada pastilha numerada das máquinas roldana alta, supino sentado pesa 6,3kg
 ** Conversão: (0,1 e 0,2 = 1kg); (0,3 = 2kg); (0,4 e 0,5 = 3kg); (0,6 e 0,7 = 4kg); (0,8 = 5kg); (0,9 = 6kg)
 * Cada pastilha numerada da máquina voador invertido, flexão e extensão de joelhos pesa 5,0kg
 ** Conversão: (0,1 e 0,2 = 1kg); (0,3 e 0,4 = 2kg); (0,5 e 0,6 = 3kg); (0,7 / 0,8 e 0,9 = 4kg)

Observações:

Fonte: Elaborado pelo autor.

Aplicação do modelo MAETF

Dentro do programa de reabilitação pulmonar, foi selecionado como alvo do estudo o exercício de roldana alta. Os testes de funcionalidade descritos a seguir, bem como os resultados, foram obtidos através da análise e acompanhamento deste exercício.

6.2.2 Testes de funcionalidade

Inicialmente foram validados os pré-requisitos necessários para o controle de registros de pacientes, realizando testes de cadastro, manutenção e listagem, através da interface do protótipo (Figura 23).

Figura 23: Interface de cadastro de paciente

Criar Paciente

Nome do paciente

Paciente A Salvar

Fonte: Elaborado pelo autor.

Também foram validadas as operações de *upload* e consulta de identificadores de vídeo, afim de garantir que a funcionalidade implementada está de acordo com os requisitos pré-estabelecidos no modelo.

Por fim, foi verificada a seção de busca e análise de vídeos por paciente, onde é possível informar o paciente que está sendo analisado e qual ponto-chave está sendo analisado.

6.2.3 Validação do caso de estudo

Para validar a aplicação do modelo, foi utilizado como caso de estudo um grupo de 14 pacientes com DPOC. Para a captura dos vídeos foi utilizada uma câmera filmadora posicionada de forma fixa próxima ao aparelho selecionado para as análises. A Figura 24 demonstra um exemplo de análise de um dos vídeos capturados.

Os voluntários já participam do programa de reabilitação pulmonar e foram acompanhados pelo período de 3 meses, seguindo alguns pré-requisitos:

- Exercício:
 - Para o acompanhamento deste caso de estudo, foi selecionado como exercício-alvo para gravação o chamado “roldana alta” (Figura 23), pois trabalha com os pontos-chave de antebraço e punho e são realizados em um aparelho imóvel, que pode ter as imagens registradas sempre do mesmo ângulo, altura e profundidade (requisitos necessários para um melhor acompanhamento do histórico de evolução dos movimentos).
- Não-interferência:
 - As gravações não devem interferir no processo atual do programa de reabilitação já estabelecido.

Figura 24: Detecção de pontos-chave realizada a partir dos vídeos



Fonte: Elaborado pelo autor.

6.2.3.1 Dificuldades encontradas

O programa de reabilitação pulmonar deste caso de estudo necessita do acompanhamento próximo de profissionais especializados, devido à eventuais dificuldades do paciente. Esta característica específica foi determinante para que, mesmo atendendo os pré-requisitos necessários para efetivamente realizar o acompanhamento e registro dos exercícios, alguns problemas fossem identificados.

As características que se fizeram presentes ao longo do acompanhamento e ocasionaram em maiores impedimentos foram:

- Oclusão parcial de pontos-chave:
 - Quando o profissional se posiciona parcialmente à frente do paciente e oculta parte da imagem do mesmo na gravação;
- Múltiplas pessoas muito próximas no vídeo:
 - Esta característica, advinda também da proximidade entre profissional e paciente, faz com que algumas vezes a detecção “confunda” os pontos chave de ambos.

A Figura 25 apresenta um exemplo de ruído de oclusão parcial.

Figura 25: Oclusão parcial de imagem durante a detecção de pontos-chave



Fonte: Elaborado pelo autor.

Estas inconformidades e dificuldades resultaram na necessidade de um pré-processamento manual dos vídeos, onde foi possível minimizar os efeitos destes.

6.2.4 Resultados obtidos

Após o processamento dos vídeos realizado via protótipo do modelo, foram obtidos os resultados a seguir, analisados posteriormente de forma individual para cada paciente. As análises realizadas consideraram os seguintes pontos-chave: cotovelos direito e esquerdo e punhos direito e esquerdo.

Para cada paciente foi analisada a similaridade entre as gravações de todos os acompanhamentos que ocorreram ao longo do levantamento de dados para o caso de estudo. Estes resultados foram compilados em tabelas e gráficos que permitem avaliações de evolução, como análises estatísticas, objetivo principal da construção do protótipo.

Para quantificar os resultados foram utilizados os seguintes cálculos:

- Distância Euclidiana (somente é possível com séries temporais do mesmo tamanho, então foi necessário realizar cortes nas séries temporais);
- *Dynamic time warping* com séries completas (sem cortes);
- *Dynamic time warping* com séries do mesmo tamanho (cortes similares à distância euclidiana).

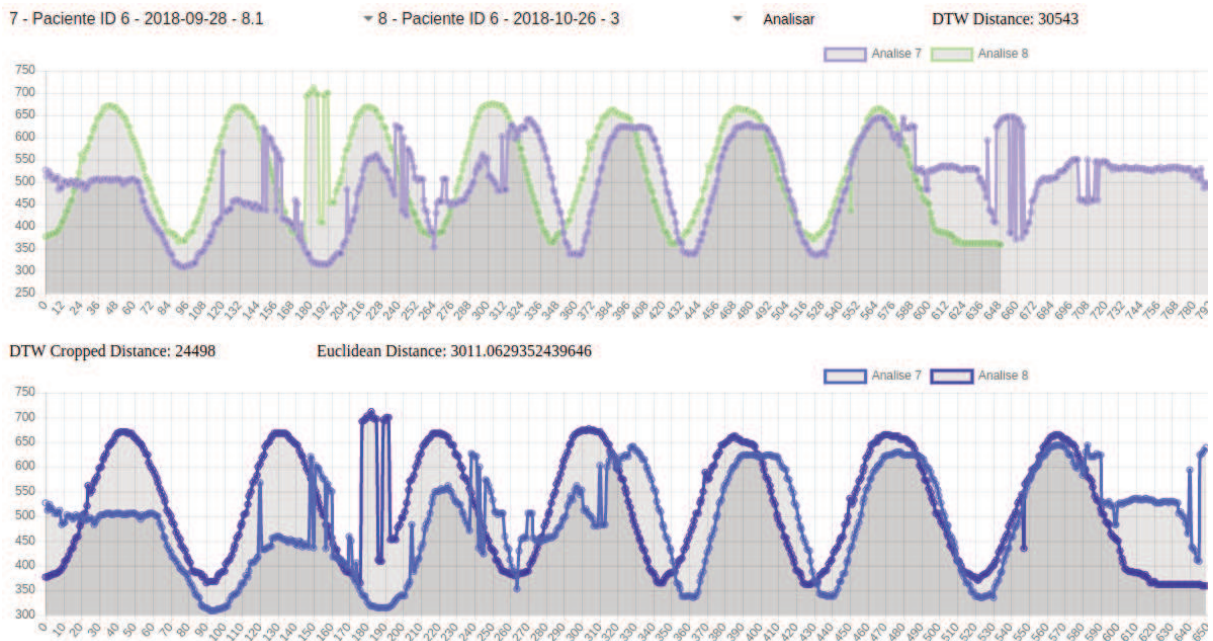
A definição do percentual de aumento na similaridade das curvas se deu através do cálculo variação percentual $(B - A)/A \times 100$, onde A é a diferença inicial calculada a partir da primeira e segunda sessões e B é a diferença final calculada entre as duas últimas sessões.

A seguir são detalhadas as análises realizadas em cada paciente e em cada ponto-chave analisado.

6.2.4.1 Paciente A

O paciente A teve seus exercícios registrados nos dias 12/09/2018, 14/09/2018, 17/09/2018, 28/09/2018 e 26/10/2018. A Figura 26 demonstra uma das análises do paciente registradas de forma gráfica. A parte superior da figura representa a série temporal completa e a inferior um recorte de tempo, necessário para o cálculo de distância euclidiana. Na imagem superior, a curva na cor verde representa o movimento realizado pelo paciente no dia 26/10/2018, enquanto a azul representa o movimento no dia 28/09/2018. Na imagem inferior, as duas datas são representadas na cor azul. Os eixos x e y representam o número do quadro analisado e a coordenada y do ponto-chave detectado, respectivamente.

Figura 26: Representação gráfica de análise do Paciente A



Fonte: Elaborado pelo autor.

As tabelas a seguir detalham os resultados das análises realizadas.

Tabela 5: Paciente A - Cotovelo Direito – Distância Euclidiana em séries de mesmo tamanho

Dia	12/set	14/set	17/set	28/set	26/out
12/set	0	6554,778	9395,193	6366,263	5016,896

14/set	x	0	6356,947	4194,055	4440,354
17/set	x	x	0	4382,014	4329,06
28/set	x	x	x	0	3011,063
26/out	x	x	x	x	0

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 6: Paciente A - Cotovelo Direito – DTW em séries completas

Dia	12/set	14/set	17/set	28/set	26/out
12/set	0	90052	122980	102542	68955
14/set	x	0	65161	44533	30213
17/set	x	x	0	43765	47077
28/set	x	x	x	0	30543
26/out	x	x	x	x	0

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 7: Paciente A - Cotovelo Direito – DTW em séries de mesmo tamanho

Dia	12/set	14/set	17/set	28/set	26/out
12/set	0	83486	117614	96975	67880
14/set	x	0	62706	32762	27763
17/set	x	x	0	35662	30939
28/set	x	x	x	0	24498
26/out	x	x	x	x	0

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 8: Paciente A - Cotovelo Esquerdo – Distância Euclidiana em séries de mesmo tamanho

Dia	12/set	14/set	17/set	28/set	26/out
12/set	0	6306,162	9275,867	5595,299	5043,792
14/set	x	0	7067,33	4533,369	4492,456
17/set	x	x	0	5026,249	4172,255
28/set	x	x	x	0	2671,72
26/out	x	x	x	x	0

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 9: Paciente A - Cotovelo Esquerdo – DTW em séries completas

Dia	12/set	14/set	17/set	28/set	26/out
12/set	0	95138	115305	74994	84466
14/set	x	0	69907	41823	38194
17/set	x	x	0	59041	47382
28/set	x	x	x	0	20504
26/out	x	x	x	x	0

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 10: Paciente A - Cotovelo Esquerdo – DTW em séries de mesmo tamanho

Dia	12/set	14/set	17/set	28/set	26/out
12/set	0	95078	109030	76235	81294
14/set	x	0	69505	29818	34316
17/set	x	x	0	45602	29476
28/set	x	x	x	0	22942
26/out	x	x	x	x	0

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 11: Paciente A - Punho Direito – Distância Euclidiana em séries de mesmo tamanho

Dia	12/set	14/set	17/set	28/set	26/out
12/set	0	11030,17	13450,71	9653,961	9054,795
14/set	x	0	7061,258	6174,888	6074,338
17/set	x	x	0	6458,076	4710,136
28/set	x	x	x	0	4343,354
26/out	x	x	x	x	0

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 12: Paciente A - Punho Direito – DTW em séries completas

Dia	12/set	14/set	17/set	28/set	26/out
12/set	0	195491	250738	115918	169469
14/set	x	0	62317	72659	61063
17/set	x	x	0	51531	34462
28/set	x	x	x	0	43714

26/out	x	x	x	x	0
--------	---	---	---	---	---

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 13: Paciente A - Punho Direito – DTW em séries de mesmo tamanho

Dia	12/set	14/set	17/set	28/set	26/out
12/set	0	170947	245615	136745	135812
14/set	x	0	56703	58052	46232
17/set	x	x	0	50549	33670
28/set	x	x	x	0	31398
26/out	x	x	x	x	0

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 14: Paciente A - Punho Esquerdo – Distância Euclidiana em séries de mesmo tamanho

Dia	12/set	14/set	17/set	28/set	26/out
12/set	0	10782,92	13731,63	9641,621	9432,259
14/set	x	0	8017,441	6178,622	6092,715
17/set	x	x	0	6586,592	4539,357
28/set	x	x	x	0	3664,912
26/out	x	x	x	x	0

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 15: Paciente A - Punho Esquerdo – DTW em séries completas

Dia	12/set	14/set	17/set	28/set	26/out
12/set	0	168050	166657	129461	247241
14/set	x	0	84785	68922	60491
17/set	x	x	0	71631	43422
28/set	x	x	x	0	32582
26/out	x	x	x	x	0

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 16: Paciente A - Punho Esquerdo – DTW em séries de mesmo tamanho

Dia	12/set	14/set	17/set	28/set	26/out
12/set	0	158096	161092	153354	194201
14/set	x	0	84282	58839	55165
17/set	x	x	0	70834	38120
28/set	x	x	x	0	35636
26/out	x	x	x	x	0

Fonte: Elaborado pelo autor.

Os percentuais de aumento na similaridade dos movimentos (ou redução na diferença entre os movimentos) obtidos nas análises realizadas foram:

- Cotovelo Direito – Distância Euclidiana: 54,06% (Tabela 5);
- Cotovelo Direito – DTW séries completas: 66,08% (Tabela 6);
- Cotovelo Direito – DTW séries do mesmo tamanho: 70,66% (Tabela 7);
- Cotovelo Esquerdo – Distância Euclidiana: 57,63% (Tabela 8);
- Cotovelo Esquerdo – DTW séries completas: 78,45% (Tabela 9);
- Cotovelo Esquerdo – DTW séries do mesmo tamanho: 75,87% (Tabela 10);
- Punho Direito – Distância Euclidiana: 60,62% (Tabela 11);
- Punho Direito – DTW séries completas: 77,64% (Tabela 12);
- Punho Direito – DTW séries do mesmo tamanho: 81,63% (Tabela 13);
- Punho Esquerdo – Distância Euclidiana: 66,01% (Tabela 14);
- Punho Esquerdo – DTW séries completas: 80,61% (Tabela 15);
- Punho Esquerdo – DTW séries do mesmo tamanho: 77,46% (Tabela 16).

Os dados demonstram que há grandes diferenças entre os exercícios no início do acompanhamento. Conforme o avanço das sessões, ocorre um aumento na similaridade entre as curvas, representado pela diminuição da diferença entre as análises utilizando os três cálculos adotados. As Tabelas 17, 18 e 19 detalham a média entre as distâncias calculadas em todos os pontos-chave desta análise.

Tabela 17: Paciente A - Média da Distância Euclidiana em séries do mesmo tamanho

Dia	12/set	14/set	17/set	28/set	26/out
12/set	0	8668,5075	11463,35	7814,286	7136,9355
14/set	x	0	7125,744	5270,2335	5274,96575

Dia	12/set	14/set	17/set	28/set	26/out
17/set	X	X	0	5613,23275	4437,702
28/set	X	X	X	0	3422,76225
26/out	X	X	X	X	X

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 18: Paciente A - Média de DTW em séries completas

Dia	12/set	14/set	17/set	28/set	26/out
12/set	0	137182,75	163920	105728,75	142532,75
14/set	X	0	70542,5	56984,25	47490,25
17/set	X	X	0	56492	43085,75
28/set	X	X	X	0	31835,75
26/out	X	X	X	X	0

Fonte: Elaborado pelo autor.

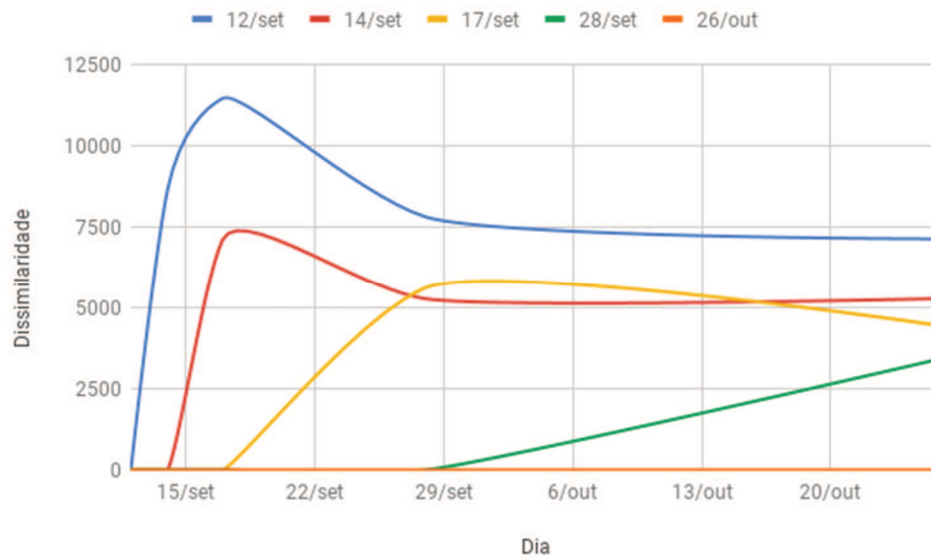
Tabela 19: Paciente A - Média de DTW em séries do mesmo tamanho

Dia	12/set	14/set	17/set	28/set	26/out
12/set	0	126901,75	158337,75	115827,25	119796,75
14/set	X	0	68299	44867,75	40869
17/set	X	X	0	50661,75	33051,25
28/set	X	X	X	0	28618,5
26/out	X	X	X	X	0

Fonte: Elaborado pelo autor.

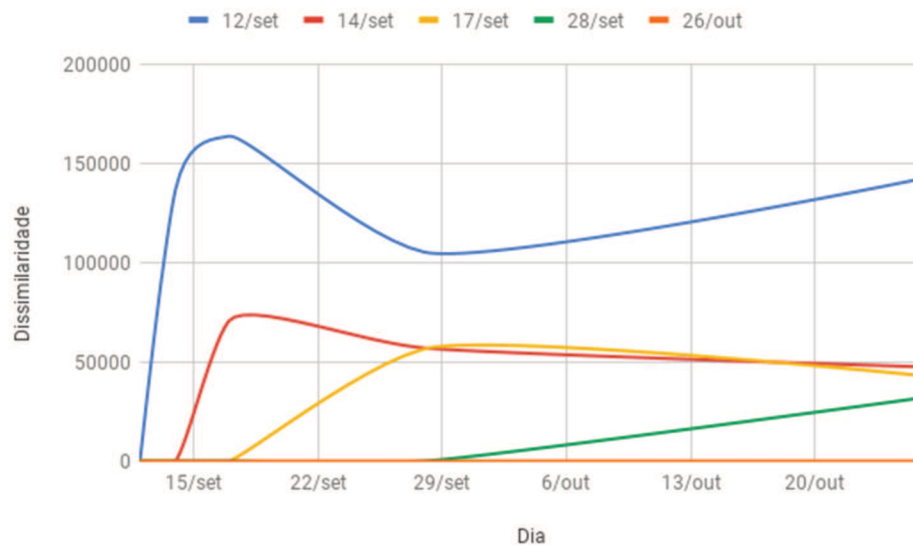
As Figuras 27, 28 e 29 demonstram graficamente os resultados obtidos.

Figura 27: Paciente A – Gráfico da média da Distância Euclidiana em séries do mesmo tamanho



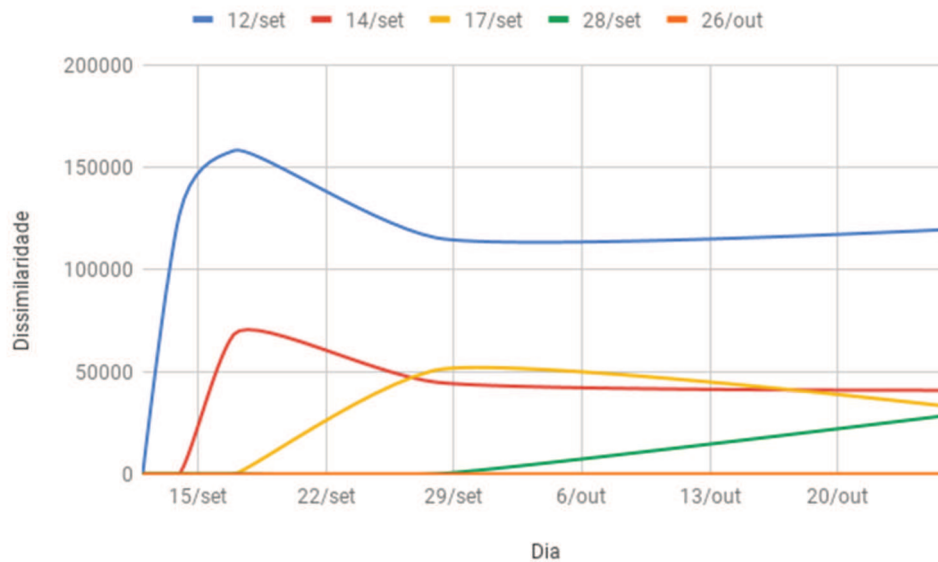
Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 28: Paciente A – Gráfico da média DTW de séries completas



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 29: Paciente A – Gráfico da média DTW em séries do mesmo tamanho



Fonte: Elaborado pelo autor.

Os percentuais médios de aumento na similaridade dos movimentos obtidos foram:

- Distância Euclidiana: 60,51% (Tabela 17);
- DTW séries completas: 76,79% (Tabela 18);
- DTW séries do mesmo tamanho: 77,45% (Tabela 19).

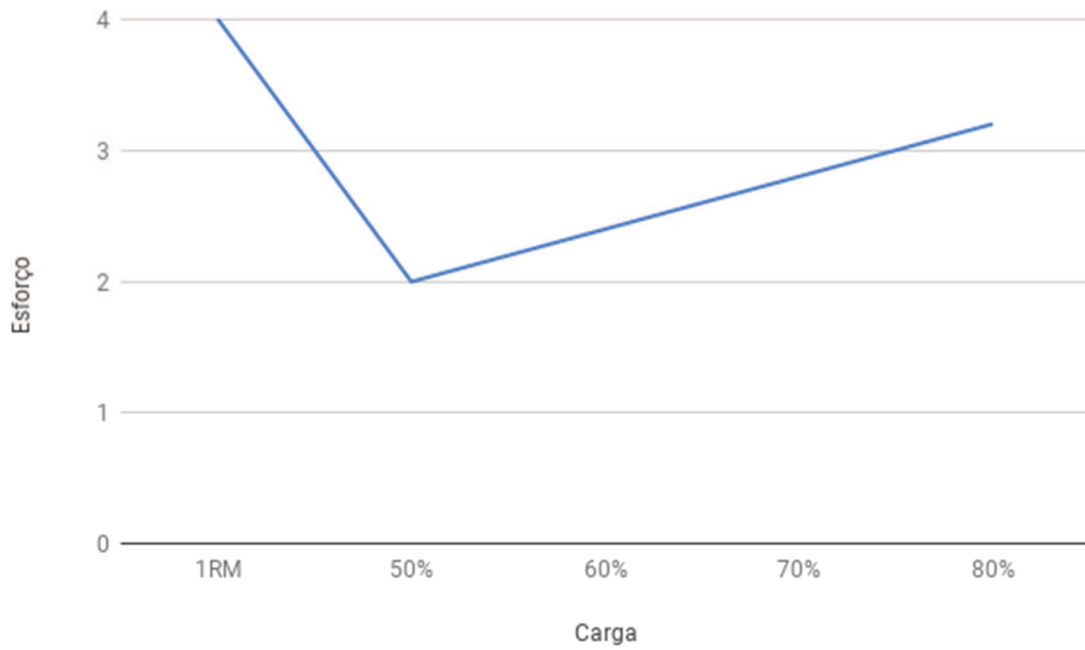
Os resultados obtidos a partir do acompanhamento dos exercícios e registro das percepções subjetivas do paciente utilizando a escala de Borg foram as descritos na Tabela 20.

Tabela 20: Paciente A - Registro de carga e escala de Borg

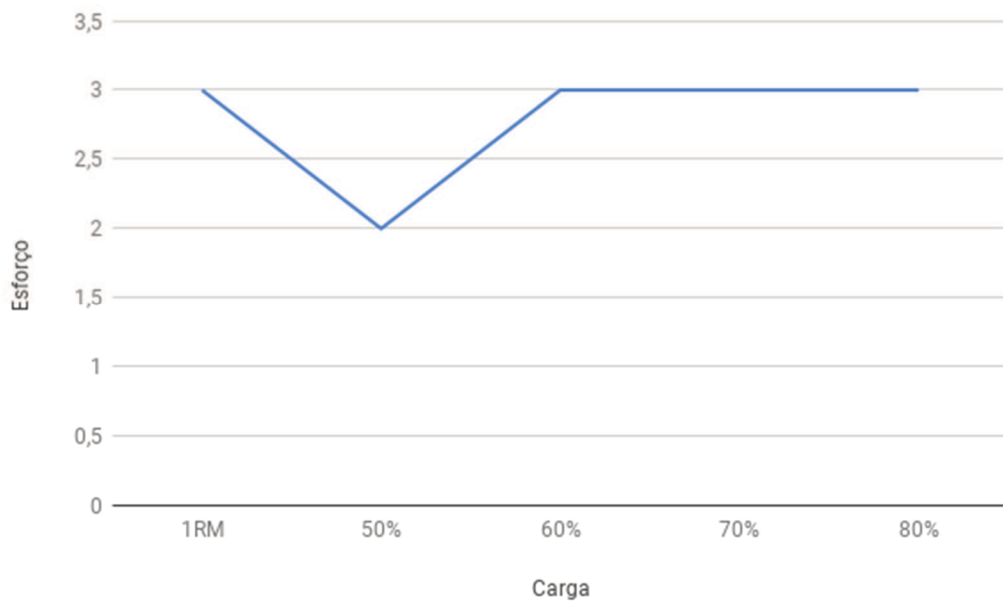
Exercício	Série	Carga Máxima		Cargas de Treinamento							
		Inicial		Iniciante		Intermediário		Avançado I		Avançado II	
		1RM	Borg	50%	Borg	60%	Borg	70%	Borg	80%	Borg
Roldana Alta	2x10	4	3	2	2	2,4	3	2,8	3	3,2	3

Fonte: Elaborado pelo autor.

Como é possível observar graficamente nas figuras 30 e 31, há o pico inicial tanto de carga quanto de esforço, devido à avaliação de carga máxima do paciente. Iniciando as sessões com 50% da carga máxima, ao longo do programa ocorreu um acréscimo de carga linear, enquanto a resposta de esforço em Borg estabilizou na pontuação três.

Figura 30: Paciente A - Gráfico de cargas utilizadas no programa de reabilitação

Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 31: Paciente A - Gráfico de esforço do paciente

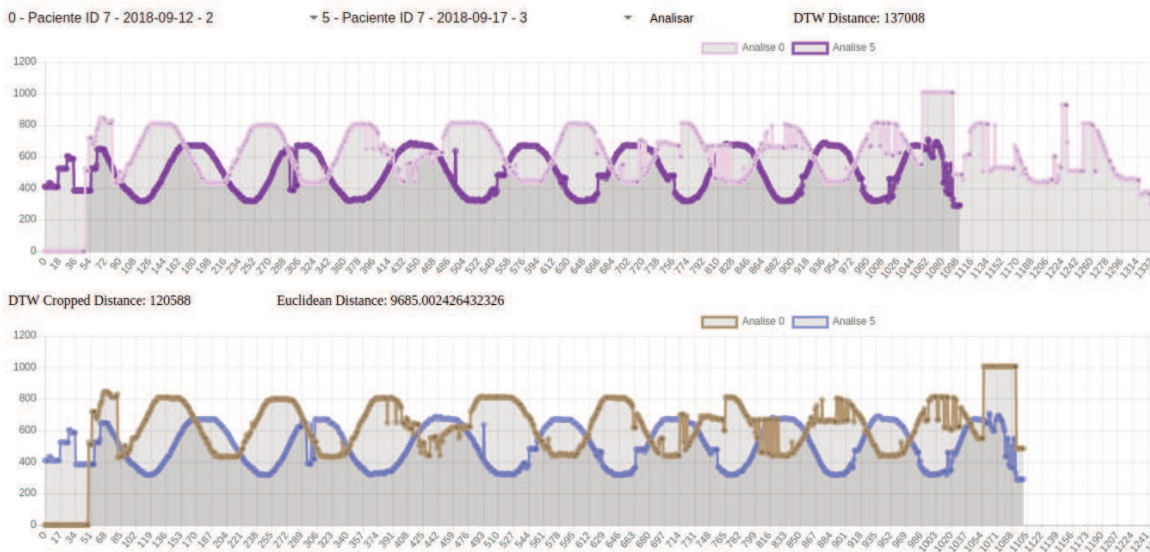
Fonte: Elaborado pelo autor.

Os resultados do programa de reabilitação somados aos resultados obtidos pelo modelo MAETF demonstram que, ao longo das sessões, o paciente teve uma melhora tanto na resistência aos exercícios do programa de reabilitação, quanto na execução dos movimentos.

6.2.4.2 Paciente B

O paciente B teve seus exercícios registrados nos dias 12/09/2018, 14/09/2018, 17/09/2018, 26/09/2018 e 28/09/2018. A Figura 32 demonstra uma das análises do paciente registradas de forma gráfica. A parte superior da figura representa a série temporal completa e a inferior um recorte de tempo, necessário para o cálculo de distância euclidiana. Na imagem as curvas nas cores lilás e azul representam o movimento realizado pelo paciente no dia 17/09/2018, enquanto as curvas rosa e marrom representam o movimento no dia 12/09/2018. Os eixos x e y representam o número do quadro analisado e a coordenada y do ponto-chave detectado, respectivamente.

Figura 32: Representação gráfica de análise do Paciente B



Fonte: Elaborado pelo autor.

As tabelas a seguir detalham os resultados das análises realizadas.

Tabela 21: Paciente B – Cotovelo Direito – Distância Euclidiana em séries de mesmo tamanho

Dia	12/set	14/set	17/set	26/set	28/set
12/set	0	5478,314796	7656,441602	4528,878117	6300,382211
14/set	x	0	4288,297331	2871,963266	3344,181066
17/set	x	x	0	3587,897434	5406,49674

26/set	x	x	x	0	3846,830254
28/set	x	x	x	x	0

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 22: Paciente B – Cotovelo Direito – DTW em séries completas

Dia	12/set	14/set	17/set	26/set	28/set
12/set	0	138190	126391	128290	136573
14/set	x	0	44241	19793	40693
17/set	x	x	0	60283	27887
26/set	x	x	x	0	46610
28/set	x	x	x	x	0

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 23: Paciente B – Cotovelo Direito – DTW em séries de mesmo tamanho

Dia	12/set	14/set	17/set	26/set	28/set
12/set	0	76997	113053	45570	121343
14/set	x	0	26949	18003	29496
17/set	x	x	0	15446	28692
26/set	x	x	x	0	24790
28/set	x	x	x	x	0

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 24: Paciente B – Cotovelo Esquerdo – Distância Euclidiana em séries de mesmo tamanho

Dia	12/set	14/set	17/set	26/set	28/set
12/set	0	5226,19747	7879,331	4395,978276	5864,335427
14/set	x	0	4273,671957	2543,990959	3168,284394
17/set	x	x	0	3442,734378	5654,550203
26/set	x	x	x	0	3721,53866
28/set	x	x	x	x	0

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 25: Paciente B – Cotovelo Esquerdo – DTW em séries completas

Dia	12/set	14/set	17/set	26/set	28/set
12/set	0	137418	127052	130759	132996

14/set	x	0	47216	19411	41008
17/set	x	x	0	63273	27158
26/set	x	x	x	0	46520
28/set	x	x	x	x	0

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 26: Paciente B – Cotovelo Esquerdo – DTW em séries de mesmo tamanho

Dia	12/set	14/set	17/set	26/set	28/set
12/set	0	72881	120203	45002	117157
14/set	x	0	30276	17884	28542
17/set	x	x	0	16338	25888
26/set	x	x	x	0	26256
28/set	x	x	x	x	0

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 27: Paciente B – Punho Direito – Distância Euclidiana em séries de mesmo tamanho

Dia	12/set	14/set	17/set	26/set	28/set
12/set	0	6952,232303	9059,694311	5619,39979	7041,400003
14/set	x	0	4718,23219	3777,377132	4004,138859
17/set	x	x	0	4278,986212	6840,752444
26/set	x	x	x	0	4823,560511
28/set	x	x	x	x	0

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 28: Paciente B – Punho Direito – DTW em séries completas

Dia	12/set	14/set	17/set	26/set	28/set
12/set	0	96892	103325	114550	139231
14/set	x	0	56868	28579	61485
17/set	x	x	0	59147	46081
26/set	x	x	x	0	66177
28/set	x	x	x	x	0

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 29: Paciente B – Punho Direito – DTW em séries de mesmo tamanho

Dia	12/set	14/set	17/set	26/set	28/set
12/set	0	61444	93864	44520	130021
14/set	x	0	28735	24579	37229
17/set	x	x	0	12909	44309
26/set	x	x	x	0	30929
28/set	x	x	x	x	0

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 30: Paciente B – Punho Esquerdo – Distância Euclidiana em séries de mesmo tamanho

Dia	12/set	14/set	17/set	26/set	28/set
12/set	0	6850,997738	9685,002426	5665,494153	6743,43807
14/set	x	0	4938,2505	3750,213461	3937,210307
17/set	x	x	0	4178,484055	7061,052188
26/set	x	x	x	0	4516,569605
28/set	x	x	x	x	0

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 31: Paciente B – Punho Esquerdo – DTW em séries completas

Dia	12/set	14/set	17/set	26/set	28/set
12/set	0	123149	137008	137804	129580
14/set	x	0	55918	29572	56686
17/set	x	x	0	65093	29785
26/set	x	x	x	0	65203
28/set	x	x	x	x	0

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 32: Paciente B – Punho Esquerdo – DTW em séries de mesmo tamanho

Dia	12/set	14/set	17/set	26/set	28/set
12/set	0	68243	120588	57872	107959
14/set	x	0	31771	24065	35530
17/set	x	x	0	15417	31033

26/set	x	x	x	0	28104
28/set	x	x	x	x	0

Fonte: Elaborado pelo autor.

Os percentuais de aumento na similaridade dos movimentos obtidos nas análises realizadas foram:

- Cotovelo Direito – Distância Euclidiana: 29,78% (Tabela 21);
- Cotovelo Direito – DTW séries completas: 66,27% (Tabela 22);
- Cotovelo Direito – DTW séries do mesmo tamanho: 67,80% (Tabela 23);
- Cotovelo Esquerdo – Distância Euclidiana: 28,79% (Tabela 24);
- Cotovelo Esquerdo – DTW séries completas: 66,15% (Tabela 25);
- Cotovelo Esquerdo – DTW séries do mesmo tamanho: 63,97% (Tabela 26);
- Punho Direito – Distância Euclidiana: 30,61% (Tabela 27);
- Punho Direito – DTW séries completas: 31,70% (Tabela 28);
- Punho Direito – DTW séries do mesmo tamanho: 49,66% (Tabela 29);
- Punho Esquerdo – Distância Euclidiana: 34,07% (Tabela 30);
- Punho Esquerdo – DTW séries completas: 47,05% (Tabela 31);
- Punho Esquerdo – DTW séries do mesmo tamanho: 58,82% (Tabela 32).

Assim como no Paciente A, os dados mostram as diferenças entre os exercícios no início do acompanhamento. Nas sessões finais existe maior similaridade entre os movimentos, mas a progressão percentual é menor. As Tabelas 33, 34 e 35 detalham a média entre as distâncias calculadas em todos os pontos-chave desta análise.

Tabela 33: Paciente B – Média da Distância Euclidiana em séries do mesmo tamanho

Dia	12/set	14/set	17/set	26/set	28/set
12/set	0	6126,935577	8570,117335	5052,437584	6487,388928
14/set	X	0	4554,612995	3235,886204	3613,453656
17/set	X	X	0	3872,02552	6240,712894
26/set	X	X	X	0	4227,124757
28/set	X	X	X	X	0

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 34: Paciente B – Média de DTW em séries completas

Dia	12/set	14/set	17/set	26/set	28/set
12/set	0	123912,25	123444	127850,75	134595
14/set	X	0	51060,75	24338,75	49968
17/set	X	X	0	61949	32727,75
26/set	X	X	X	0	56127,5
28/set	X	X	x	X	0

Fonte: Elaborado pelo autor.

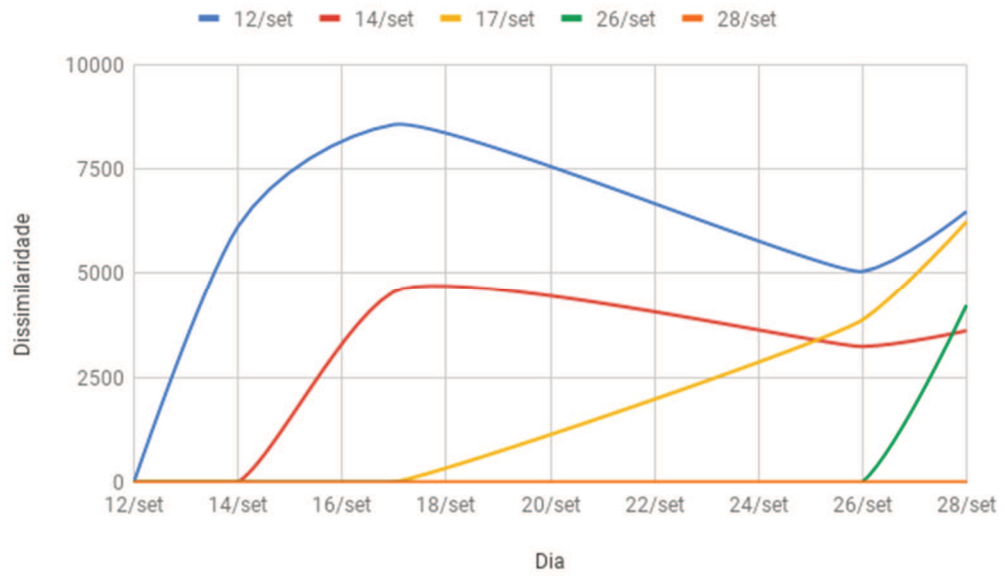
Tabela 35: Paciente B – Média de DTW em séries do mesmo tamanho

Dia	12/set	14/set	17/set	26/set	28/set
12/set	0	69891,25	111927	48241	119120
14/set	X	0	29432,75	21132,75	32699,25
17/set	X	X	0	15027,5	32480,5
26/set	X	X	X	0	27519,75
28/set	X	X	X	X	0

Fonte: Elaborado pelo autor.

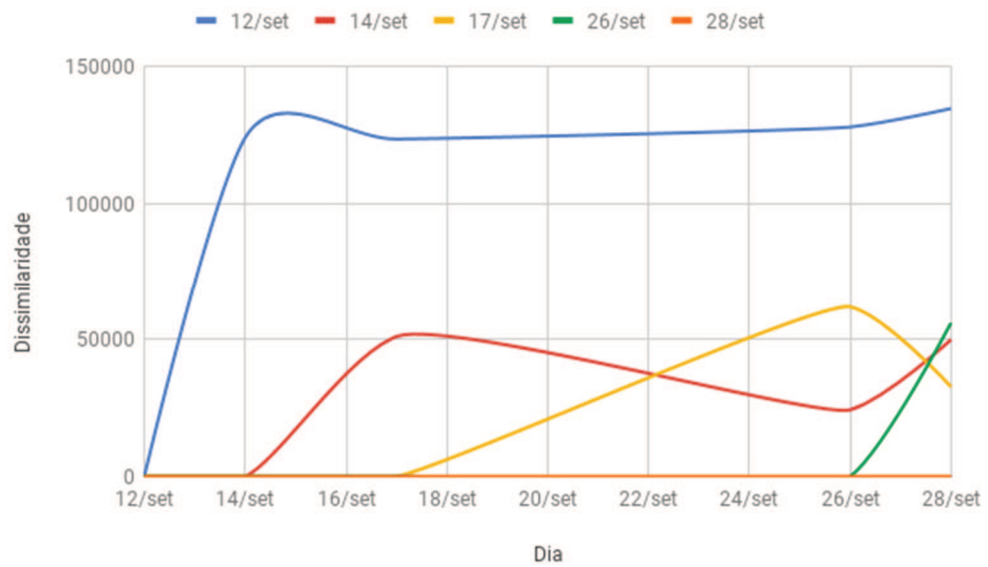
Conforme as Figuras 33, 34 e 35, é possível notar que existe uma divergência entre os resultados. Enquanto o cálculo que utiliza a distância euclidiana demonstra diferenças grandes entre as comparações “12/set e 28/set” e “17/set e 28/set”, os cálculos de DTW, tanto com séries completas como reduzidas, demonstra o oposto, onde apenas os comparativos referentes à “12/set” apresentam menor similaridade.

Figura 33: Paciente B - Gráfico da média da Distância Euclidiana em séries do mesmo tamanho

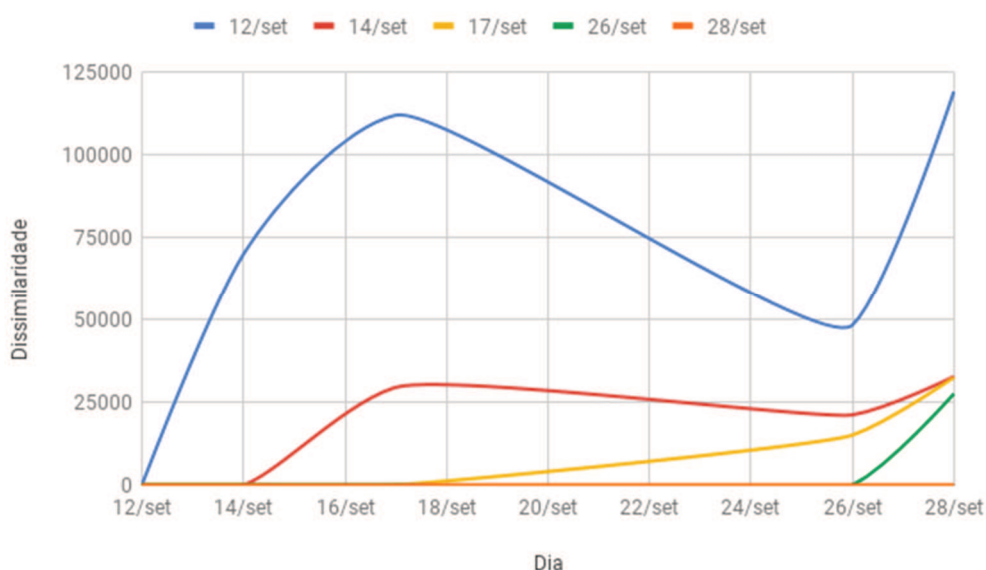


Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 34: Paciente B - Gráfico da média de DTW em séries completas



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 35: Paciente B - Gráfico da média de DTW em séries do mesmo tamanho

Fonte: Elaborado pelo autor.

Os percentuais médios de aumento na similaridade dos movimentos obtidos foram:

- Distância Euclidiana: 31,01% (Tabela 33);
- DTW séries completas: 54,70% (Tabela 34);
- DTW séries do mesmo tamanho: 60,62% (Tabela 35).

Os resultados obtidos no acompanhamento dos exercícios e registro das percepções subjetivas do paciente utilizando a escala de Borg foram as descritos na Tabela 36.

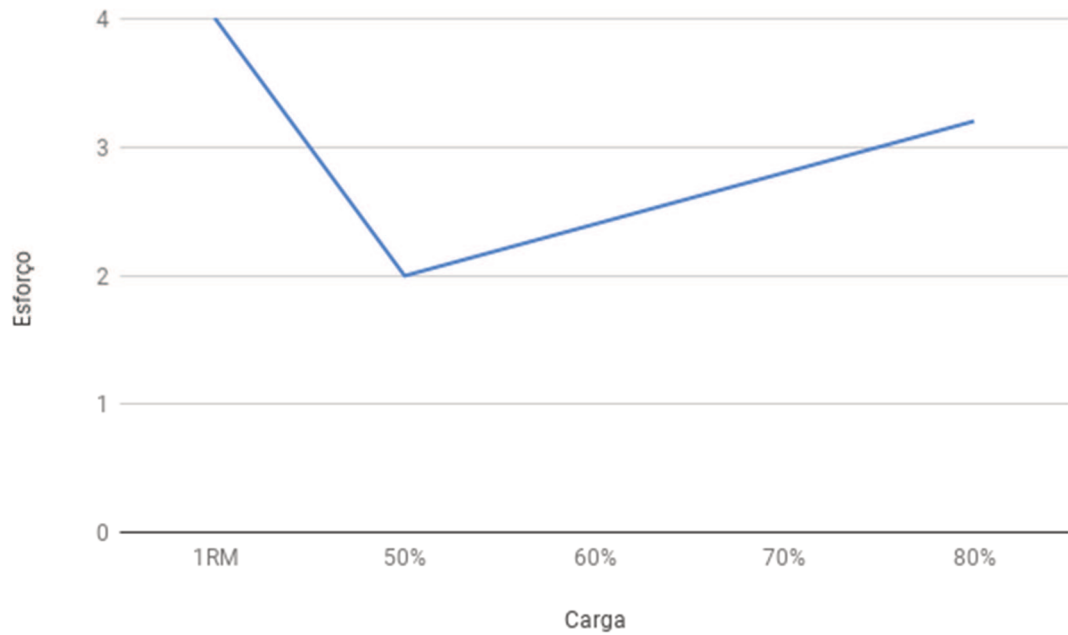
Tabela 36: Paciente B - Registro de carga e escala de Borg

Exercício	Série	Carga Máxima		Cargas de Treinamento							
		Inicial		Iniciante		Intermediário		Avançado I		Avançado II	
		1RM	Borg	50%	Borg	60%	Borg	70%	Borg	80%	Borg
Roldana Alta	2x10	4	4	2	3	2,4	2	2,8	2	3,2	3

Fonte: Elaborado pelo autor.

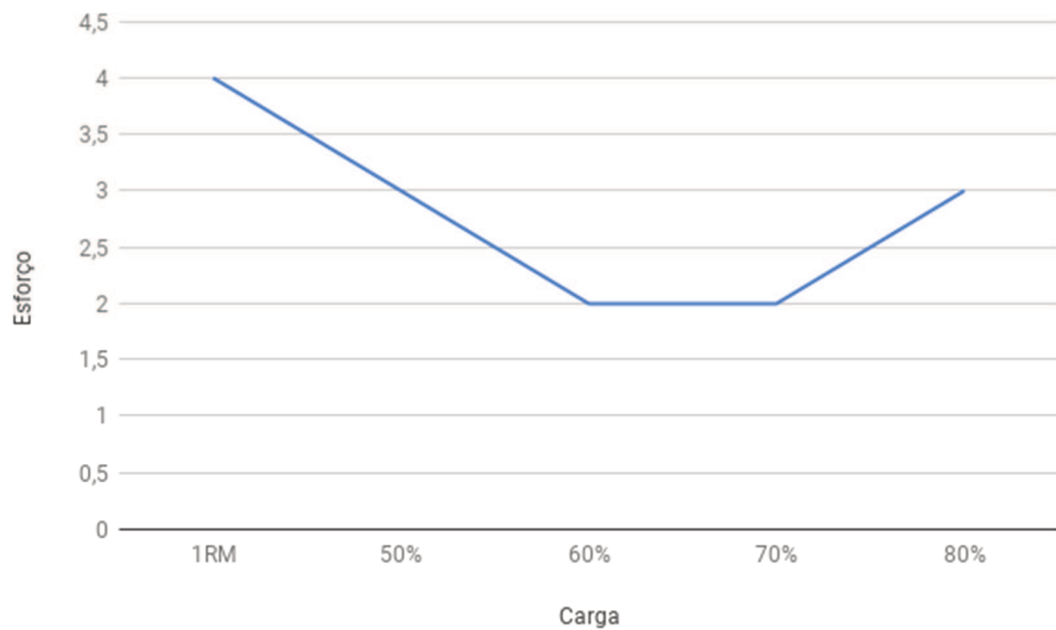
As figuras 36 e 37 demonstram respectivamente a evolução das cargas utilizadas e do esforço do paciente. Ao longo do programa pode-se perceber que o acréscimo de carga linear teve impacto na resposta da avaliação subjetiva de esforço de Borg.

Figura 36: Paciente B - Gráfico de cargas utilizadas no programa de reabilitação



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 37: Paciente B - Gráfico de esforço do paciente



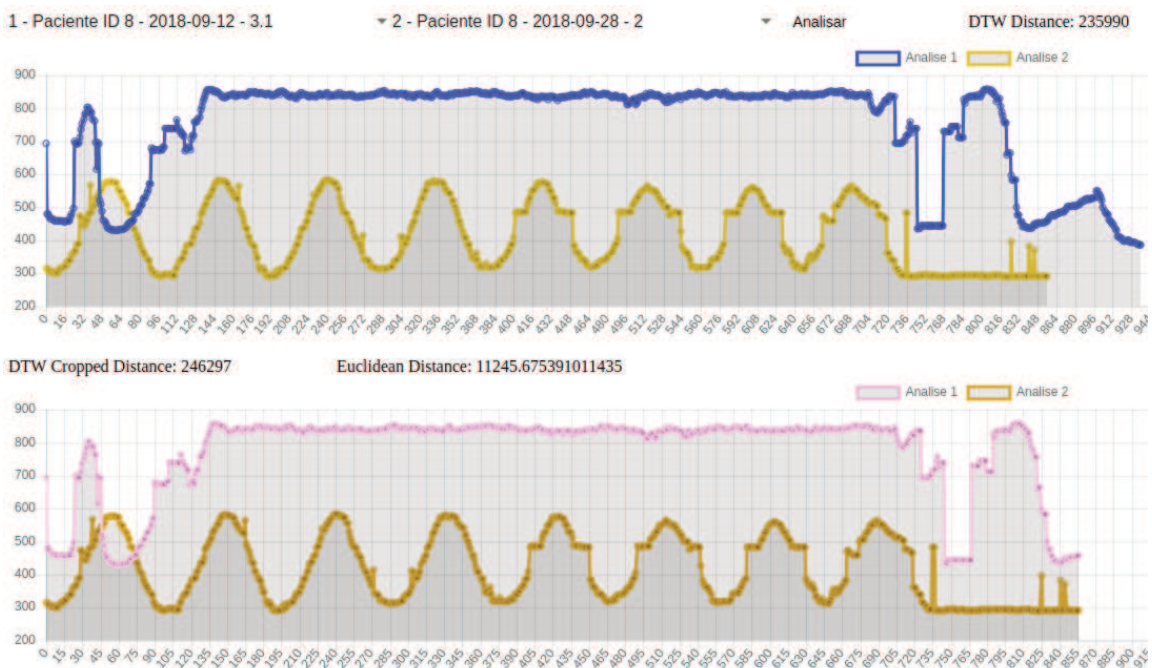
Fonte: Elaborado pelo autor.

Com base nos resultados do programa de reabilitação obtidos e os resultados do modelo, é possível observar que o paciente teve uma pequena melhora na resistência aos exercícios do programa de reabilitação e na execução dos movimentos durante o programa. Porém com o aumento das cargas no último nível, o paciente teve dificuldades na execução dos exercícios, detectadas tanto na análise de similaridade dos movimentos, quanto na avaliação da escala de Borg.

6.2.4.3 Paciente C

O paciente C teve seus exercícios registrados nos dias 12/09/2018, e 28/09/2018. A Figura 38 demonstra uma das análises do paciente registradas de forma gráfica. A parte superior da figura representa a série temporal completa e a inferior um recorte de tempo, necessário para o cálculo de distância euclidiana. Na imagem as curvas nas cores azul e rosa representam o movimento realizado pelo paciente no dia 12/09/2018, enquanto as curvas amarelo e laranja representam o movimento no dia 28/09/2018. Os eixos x e y representam o número do quadro analisado e a coordenada y do ponto-chave detectado, respectivamente.

Figura 38: Representação gráfica de análise do Paciente C



Fonte: Elaborado pelo autor.

Há duas inconformidades em evidência na análise deste paciente. Primeiramente, o mesmo participou de apenas duas sessões, o que já deixa a análise menos clara e precisa. Outro agravante foram os ruídos muito grandes na imagem (como outras pessoas passando na frente da câmera, conforme já citado como um dos ofensores ao estudo). Desta forma, a análise foi realizada, mas sua acuracidade é reduzida.

As tabelas a seguir detalham os resultados das análises realizadas.

Tabela 37: Paciente C – Cotovelo Direito – Distância Euclidiana em séries de mesmo tamanho

Dia	12/set	28/set
12/set	0	5370,578367
28/set	x	0

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 38: Paciente C – Cotovelo Direito – DTW em séries completas

Dia	12/set	28/set
12/set	0	69694
28/set	x	0

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 39: Paciente C – Cotovelo Direito – DTW em séries de mesmo tamanho

Dia	12/set	28/set
12/set	0	80683
28/set	x	0

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 40: Paciente C – Cotovelo Esquerdo – Distância Euclidiana em séries de mesmo tamanho

Dia	12/set	28/set
12/set	0	4967,161664
28/set	x	0

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 41: Paciente C – Cotovelo Esquerdo – DTW em séries completas

Dia	12/set	28/set
12/set	0	70137
28/set	x	0

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 42: Paciente C – Cotovelo Esquerdo – DTW em séries de mesmo tamanho

Dia	12/set	28/set
12/set	0	74574
28/set	x	0

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 43: Paciente C – Punho Direito – Distância Euclidiana em séries de mesmo tamanho

Dia	12/set	28/set
12/set	0	11245,67539
28/set	x	0

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 44: Paciente C – Punho Direito – DTW em séries completas

Dia	12/set	28/set
12/set	0	235990
28/set	x	0

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 45: Paciente C – Punho Direito – DTW em séries de mesmo tamanho

Dia	12/set	28/set
12/set	0	246297
28/set	x	0

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 46: Paciente C – Punho Esquerdo – Distância Euclidiana em séries de mesmo tamanho

Dia	12/set	28/set
12/set	0	10727,75713
28/set	x	0

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 47: Paciente C – Punho Esquerdo – DTW em séries completas

Dia	12/set	28/set
12/set	0	217487
28/set	x	0

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 48: Paciente C – Punho Esquerdo – DTW em séries de mesmo tamanho

Dia	12/set	28/set
12/set	0	224628
28/set	x	0

Fonte: Elaborado pelo autor.

Diferentemente dos casos anteriores, não foi possível determinar aumento ou aproximação no grau de similaridade entre os movimentos. Porém, é possível determinar que os resultados demonstram numericamente a grande diferença causada pelos ruídos que dificultaram a captura dos movimentos.

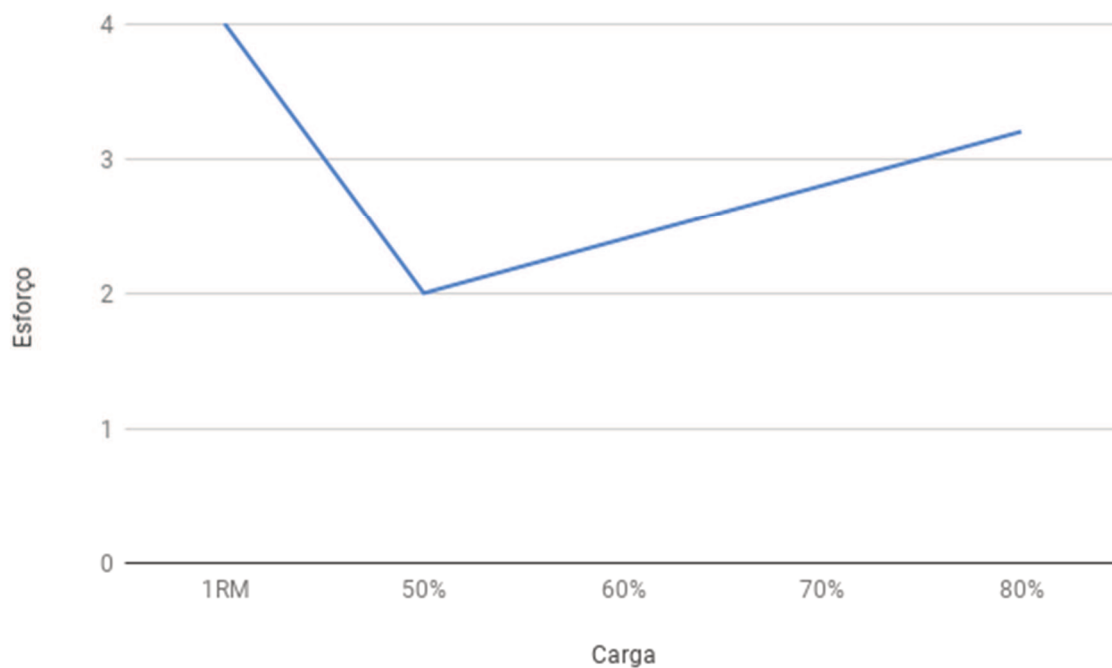
Os resultados obtidos a partir do acompanhamento dos exercícios e registro das percepções subjetivas do paciente utilizando a escala de Borg foram as descritos na Tabela 49.

Tabela 49: Paciente C - Registro de carga e escala de Borg

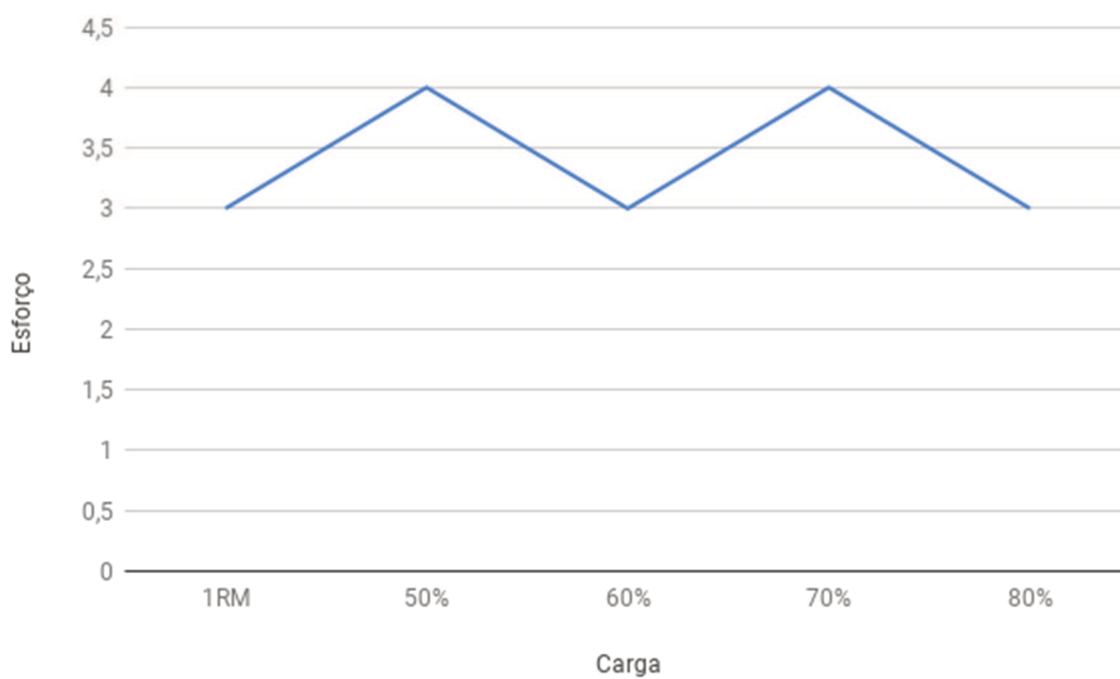
Exercício	Série	Carga Máxima		Cargas de Treinamento							
		Inicial		Iniciante		Intermediário		Avançado I		Avançado II	
		1RM	Borg	50%	Borg	60%	Borg	70%	Borg	80%	Borg
Roldana Alta	2x10	4	3	2	4	2,4	3	2,8	4	3,2	3

Fonte: Elaborado pelo autor.

É possível observar graficamente na figuras 39 e 40 que ao longo do programa o paciente teve dificuldades com o aumento de carga, oscilando as avaliações de esforço ao longo das sessões.

Figura 39: Paciente C - Gráfico de cargas utilizadas no programa de reabilitação

Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 40: Paciente C - Gráfico de esforço do paciente

Fonte: Elaborado pelo autor.

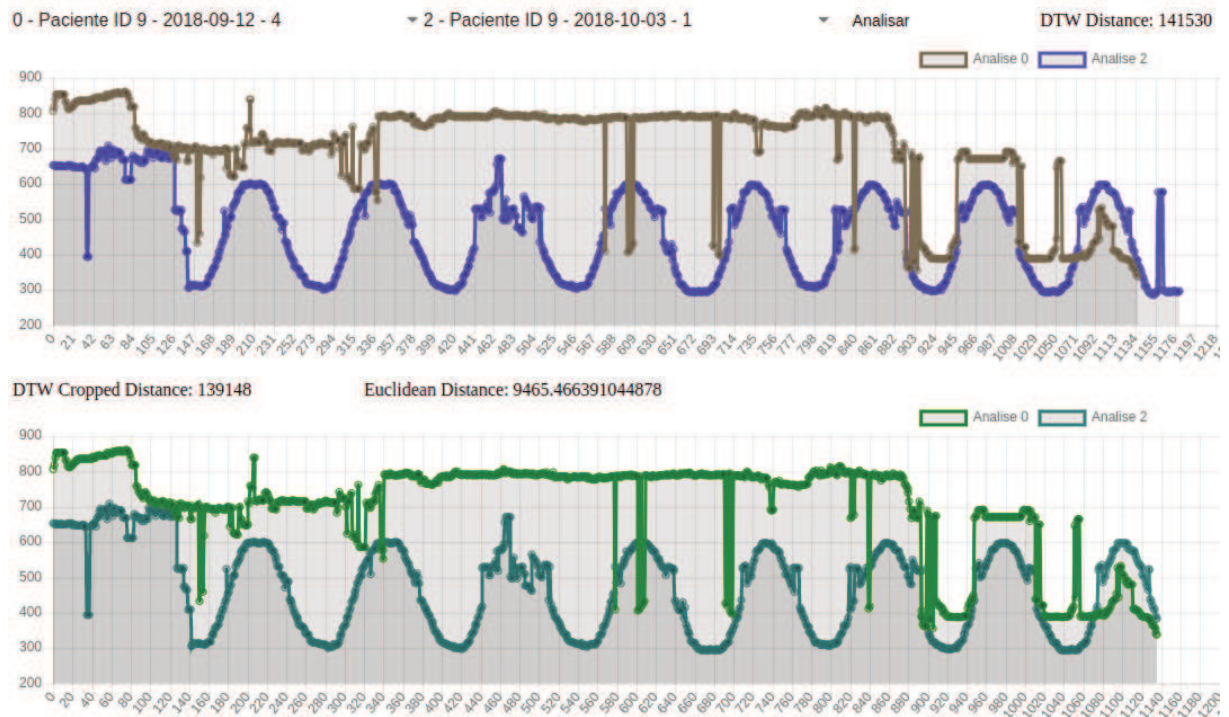
Nota-se, através desta análise, que o cálculo de distância euclidiana demonstra similaridade maior nas curvas do que nos cálculos utilizando DTW, o que é possível determinar como uma análise incorreta, já que o ruído tornou os movimentos muito divergentes. Essa avaliação fica bem explícita no aumento de divergência calculado com DTW.

Não foi possível obter percentuais de evolução neste paciente, mas com os resultados do programa de reabilitação é possível detectar que o paciente teve dificuldades no aumento das cargas, resultado que pode ser atribuído variáveis como o nível de gravidade de DPOC do paciente, não consideradas neste estudo.

6.2.4.4 Paciente D

O paciente teve seus exercícios registrados nos dias 12/09/2018, e 03/10/2018. A Figura 34 demonstra uma das análises do paciente registradas de forma gráfica. A parte superior da figura representa a série temporal completa e a inferior um recorte de tempo, necessário para o cálculo de distância euclidiana. Na imagem as curvas nas cores marrom e verde representam o movimento realizado pelo paciente no dia 12/09/2018, enquanto as curvas azul e verde escuro representam o movimento no dia 10/03/2018. Os eixos x e y representam o número do quadro analisado e a coordenada y do ponto-chave detectado, respectivamente.

Figura 41: Representação gráfica de análise do Paciente D



Fonte: Elaborado pelo autor.

Assim como na análise do Paciente C, a participação em apenas duas sessões e os ruídos na imagem prejudicaram as avaliações. Desta forma, a análise foi realizada, mas sua acuracidade é baixa.

As tabelas a seguir detalham os resultados das análises realizadas.

Tabela 50: Paciente D – Cotovelo Direito – Distância Euclidiana em séries de mesmo tamanho

Dia	12/set	3/out
12/set	0	4511,694249
3/out	x	0

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 51: Paciente D – Cotovelo Direito – DTW em séries completas

Dia	12/set	3/out
12/set	0	48649
3/out	x	0

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 52: Paciente D – Cotovelo Direito – DTW em séries de mesmo tamanho

Dia	12/set	3/out
12/set	0	48278
3/out	x	0

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 53: Paciente D – Cotovelo Esquerdo – Distância Euclidiana em séries de mesmo tamanho

Dia	12/set	3/out
12/set	0	4829,264437
3/out	x	0

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 54: Paciente D – Cotovelo Esquerdo – DTW em séries completas

Dia	12/set	3/out
12/set	0	76603
3/out	x	0

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 55: Paciente D – Cotovelo Esquerdo – DTW em séries de mesmo tamanho

Dia	12/set	3/out
12/set	0	76555
3/out	x	0

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 56: Paciente D – Punho Direito – Distância Euclidiana em séries de mesmo tamanho

Dia	12/set	3/out
12/set	0	9465,466391
3/out	x	0

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 57: Paciente D – Punho Direito – DTW em séries completas

Dia	12/set	3/out
12/set	0	141530
3/out	x	0

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 58: Paciente D – Punho Direito – DTW em séries de mesmo tamanho

Dia	12/set	3/out
12/set	0	139148
3/out	x	0

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 59: Paciente D – Punho Esquerdo – Distância Euclidiana em séries de mesmo tamanho

Dia	12/set	3/out
12/set	0	10404,00125
3/out	x	0

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 60: Paciente D – Punho Esquerdo – DTW em séries completas

Dia	12/set	3/out
12/set	0	163137
3/out	x	0

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 61: Paciente D – Punho Esquerdo – DTW em séries de mesmo tamanho

Dia	12/set	3/out
12/set	0	161700
3/out	x	0

Fonte: Elaborado pelo autor.

Esta análise demonstra, assim como na avaliação do paciente C, que o cálculo de similaridade utilizando DTW tem maior sensibilidade à ruídos, aumentando em grande escala as diferenças entre as curvas analisadas.

O registro das percepções subjetivas do paciente utilizando a escala de Borg está descrito na Tabela 62.

Tabela 62: Paciente D - Registro de carga e escala de Borg

Exercício	Série	Carga Máxima		Cargas de Treinamento	
		Inicial		Iniciante	
		1RM	Borg	50%	Borg
Roldana Alta	2x10	4	5	2	2

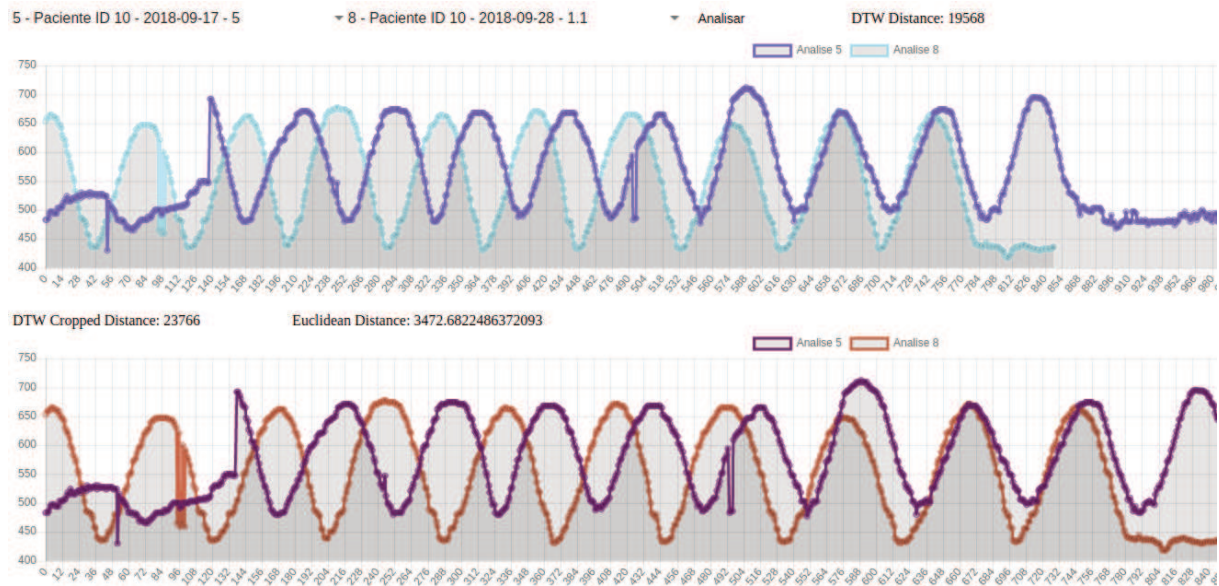
Fonte: Elaborado pelo autor.

Não foi possível obter para este paciente os resultados de percentuais de evolução e do programa de reabilitação, pois o mesmo compareceu em poucas sessões e teve as atividades registradas em apenas dois dias.

6.2.4.5 Paciente E

O paciente teve seus exercícios registrados nos dias 12/09/2018, 14/09/2018, 17/09/2018 e 28/09/2018. A Figura 42 demonstra uma das análises do paciente registradas de forma gráfica. A parte superior da figura representa a série temporal completa e a inferior um recorte de tempo, necessário para o cálculo de distância euclidiana. Na imagem as curvas nas cores lilás representam o movimento realizado pelo paciente no dia 17/09/2018, enquanto as curvas azul e vermelho representam o movimento no dia 28/09/2018. Os eixos x e y representam o número do quadro analisado e a coordenada y do ponto-chave detectado, respectivamente.

Figura 42: Representação gráfica de análise do Paciente E



Fonte: Elaborado pelo autor.

As tabelas a seguir detalham os resultados das análises realizadas.

Tabela 63: Paciente E – Cotovelo Direito – Distância Euclidiana em séries de mesmo tamanho

Dia	12/set	14/set	17/set	28/set
12/set	0	3383,211196	4004,657039	4078,451299
14/set	x	0	2277,205744	2620,037023
17/set	x	x	0	3472,682249
28/set	x	x	x	0

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 64: Paciente E – Cotovelo Direito – DTW em séries completas

Dia	12/set	14/set	17/set	28/set
12/set	0	57396	59880	70058
14/set	x	0	36590	41363
17/set	x	x	0	19568
28/set	x	x	x	0

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 65: Paciente E – Cotovelo Direito – DTW em séries de mesmo tamanho

Dia	12/set	14/set	17/set	28/set
12/set	0	54788	58827	65013
14/set	x	0	39142	46904
17/set	x	x	0	23766
28/set	x	x	x	0

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 66: Paciente E – Cotovelo Esquerdo – Distância Euclidiana em séries de mesmo tamanho

Dia	12/set	14/set	17/set	28/set
12/set	0	3182,994031	4054,52192	3358,070577
14/set	x	0	2449,480149	2439,845487
17/set	x	x	0	3439,768161
28/set	x	x	x	0

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 67: Paciente E – Cotovelo Esquerdo – DTW em séries completas

Dia	12/set	14/set	17/set	28/set
12/set	0	69911	68138	59208
14/set	x	0	47423	43292
17/set	x	x	0	13772
28/set	x	x	x	0

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 68: Paciente E – Cotovelo Esquerdo – DTW em séries de mesmo tamanho

Dia	12/set	14/set	17/set	28/set
-----	--------	--------	--------	--------

12/set	0	65386	67358	53037
14/set	x	0	50939	51100
17/set	x	x	0	18306
28/set	x	x	x	0

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 69: Paciente E – Punho Direito – Distância Euclidiana em séries de mesmo tamanho

Dia	12/set	14/set	17/set	28/set
12/set	0	4422,320658	6496,493054	6261,24708
14/set	x	0	4638,870768	5523,997013
17/set	x	x	0	3700,642242
28/set	x	x	x	0

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 70: Paciente E – Punho Direito – DTW em séries completas

Dia	12/set	14/set	17/set	28/set
12/set	0	87924	121859	156407
14/set	x	0	44935	67874
17/set	x	x	0	28102
28/set	x	x	x	0

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 71: Paciente E – Punho Direito – DTW em séries de mesmo tamanho

Dia	12/set	14/set	17/set	28/set
12/set	0	77334	107861	115556
14/set	x	0	51485	90529
17/set	x	x	0	33702
28/set	x	x	x	0

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 72: Paciente E – Punho Esquerdo – Distância Euclidiana em séries de mesmo tamanho

Dia	12/set	14/set	17/set	28/set
12/set	0	5706,94165	7177,64662	5976,422759

14/set	x	0	4675,593652	4490,884768
17/set	x	x	0	3895,069447
28/set	x	x	x	0

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 73: Paciente E – Punho Esquerdo – DTW em séries completas

Dia	12/set	14/set	17/set	28/set
12/set	0	85850	133508	125308
14/set	x	0	40575	37423
17/set	x	x	0	17024
28/set	x	x	x	0

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 74: Paciente E – Punho Esquerdo – DTW em séries de mesmo tamanho

Dia	12/set	14/set	17/set	28/set
12/set	0	80808	140842	111099
14/set	x	0	47578	37884
17/set	x	x	0	21775
28/set	x	x	x	0

Fonte: Elaborado pelo autor.

Os percentuais de similaridade dos movimentos obtidos nas análises realizadas foram:

- Cotovelo Direito – Distância Euclidiana: -2,65% (Tabela 63);
- Cotovelo Direito – DTW séries completas: 65,91% (Tabela 64);
- Cotovelo Direito – DTW séries do mesmo tamanho: 56,62% (Tabela 65);
- Cotovelo Esquerdo – Distância Euclidiana: -8,07% (Tabela 66);
- Cotovelo Esquerdo – DTW séries completas: 80,30% (Tabela 67);
- Cotovelo Esquerdo – DTW séries do mesmo tamanho: 72,00% (Tabela 68);
- Punho Direito – Distância Euclidiana: 16,32% (Tabela 69);
- Punho Direito – DTW séries completas: 68,04% (Tabela 70);
- Punho Direito – DTW séries do mesmo tamanho: 56,42% (Tabela 71);

- Punho Esquerdo – Distância Euclidiana: 31,75% (Tabela 72);
- Punho Esquerdo – DTW séries completas: 80,17% (Tabela 73);
- Punho Esquerdo – DTW séries do mesmo tamanho: 73,05% (Tabela 74).

Os resultados da análise demonstra uma grande diferença na análise das similaridades das curvas dos movimentos entre os cálculos utilizados. Enquanto os resultados que utilizaram distância euclidiana na análise dos cotovelos retornaram um aumento na diferença entre as sessões de 2,65% a 8,07%, os resultados utilizando DTW foram opostos, registrando um aumento na similaridade de 56,62% a 80,30%. Nas análises dos punhos ambos os cálculos apresentaram melhorias percentuais, mas com DTW apresentando resultados superiores.

As Tabelas 75, 76 e 77 detalham a média entre as distâncias calculadas em todos os pontos-chave desta análise.

Tabela 75: Paciente E – Média da Distância Euclidiana em séries do mesmo tamanho

Dia	12/set	14/set	17/set	28/set
12/set	0	4173,866884	5433,329658	4918,547929
14/set	X	0	3510,287578	3768,691073
17/set	X	X	0	3627,040525
28/set	X	X	X	0

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 76: Paciente E – Média de DTW em séries completas

Dia	12/set	14/set	17/set	28/set
12/set	0	75270,25	95846,25	102745,25
14/set	X	0	42380,75	47488
17/set	X	X	0	19616,5
28/set	X	X	X	0

Fonte: Elaborado pelo autor.

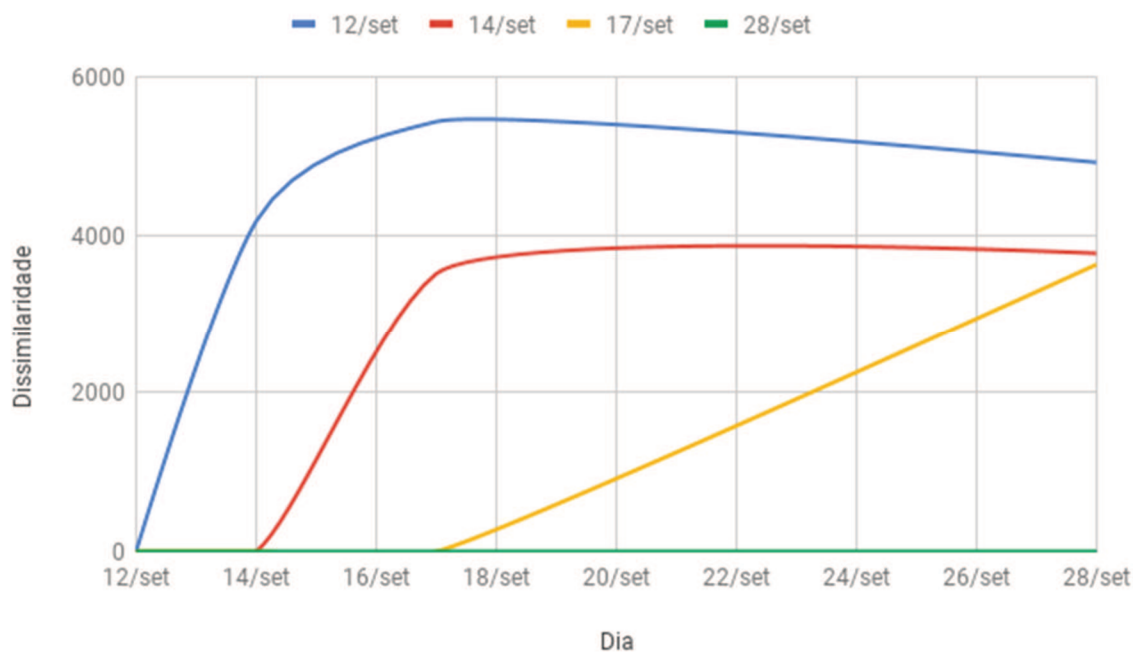
Tabela 77: Paciente E – Média de DTW em séries do mesmo tamanho

Dia	12/set	14/set	17/set	28/set
12/set	0	69579	93722	86176,25
14/set	X	0	47286	56604,25
17/set	X	X	0	24387,25
28/set	X	X	X	0

Fonte: Elaborado pelo autor.

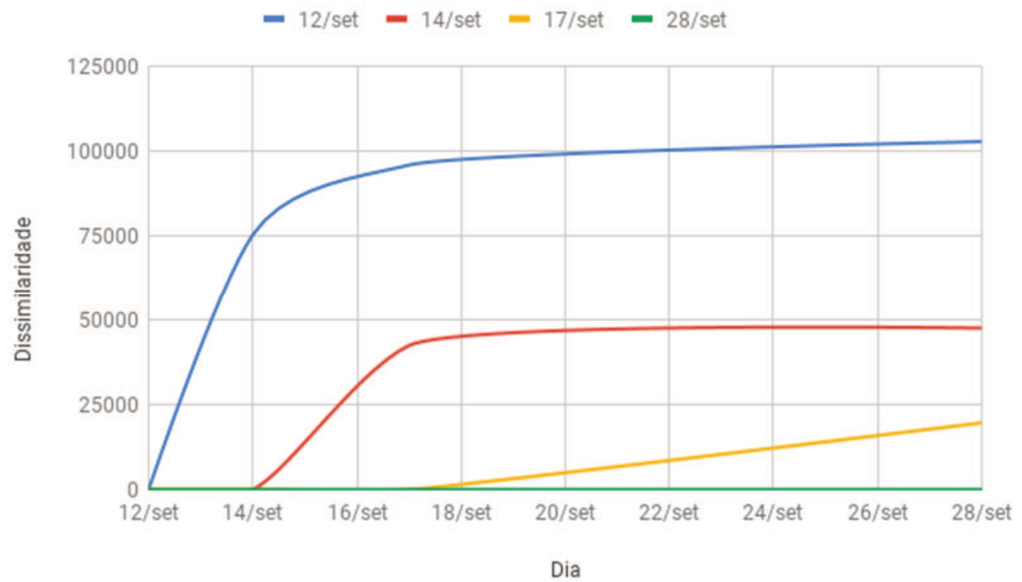
As Figuras 43, 44 e 45, demonstram visualmente a similaridade das curvas nesta análise.

Figura 43: Paciente E – Gráfico da Média da Distância Euclidiana em séries do mesmo tamanho



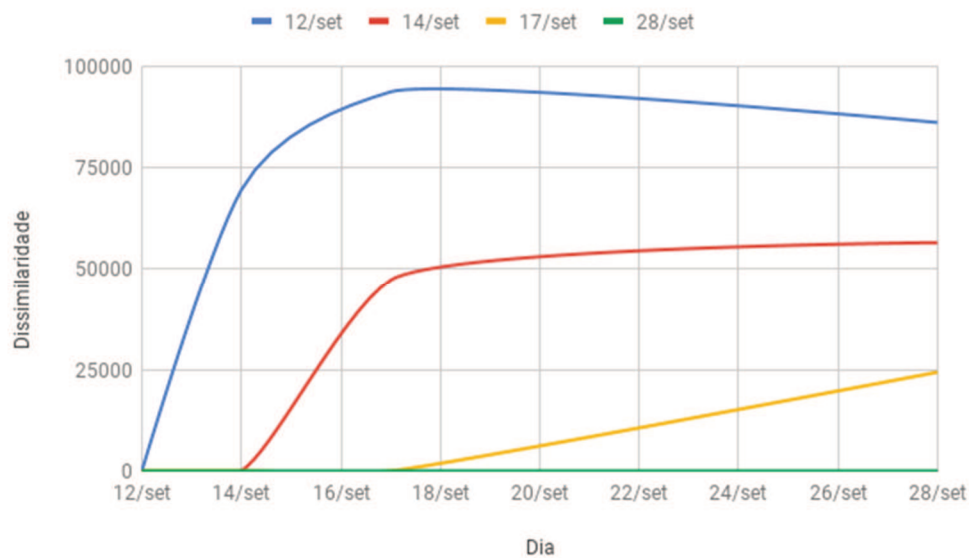
Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 44: Paciente E – Gráfico da Média de DTW em séries completas



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 45: Paciente E – Gráfico da Média de DTW em séries do mesmo tamanho



Fonte: Elaborado pelo autor.

Os percentuais médios de aumento na similaridade dos movimentos obtidos foram:

- Distância Euclidiana: 13,10% (Tabela 75);
- DTW séries completas: 73,94% (Tabela 76);

- DTW séries do mesmo tamanho: 64,95% (Tabela 77);

Os resultados obtidos a partir do acompanhamento dos exercícios do paciente estão detalhados na Tabela 78.

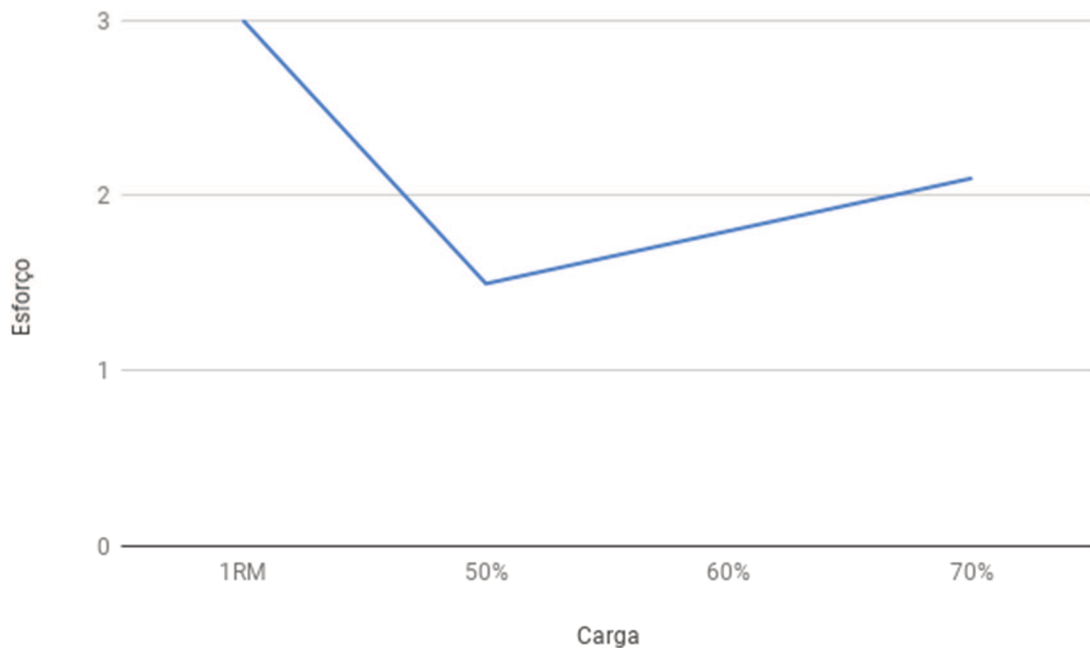
Tabela 78: Paciente E - Registro de carga e escala de Borg

Exercício	Série	Carga Máxima		Cargas de Treinamento					
		Inicial		Iniciante		Intermediário		Avançado I	
		1RM	Borg	50%	Borg	60%	Borg	70%	Borg
Roldana Alta	2x10	3	5	1,5	2	1,8	4	2,1	4

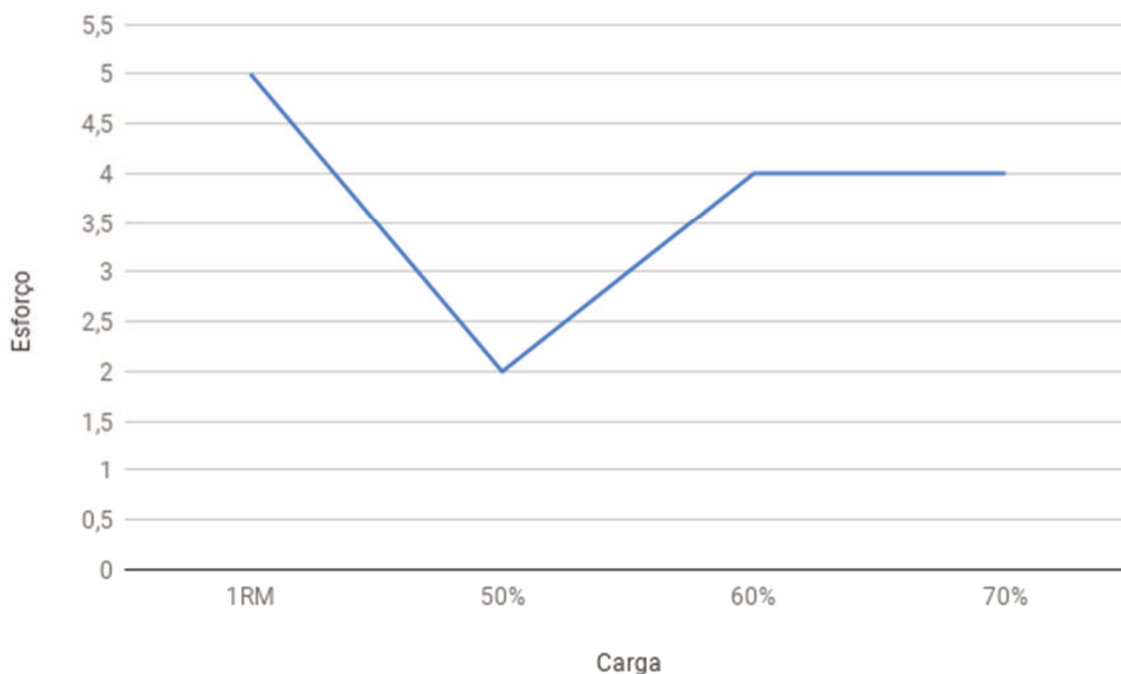
Fonte: Elaborado pelo autor.

As figuras 46 e 47 demonstram a evolução do paciente. Com um início mais leve e progressão das cargas seguindo a escala de Borg, o paciente iniciou com uma pontuação de esforço bem alta, que teve uma grande queda no início do programa e estabilizou entre os níveis Intermediário e Avançado I. Como o paciente não completou o programa de reabilitação durante o período de amostragem, não foi possível registrar seu progresso no nível Avançado II.

Figura 46: Paciente E - Gráfico de cargas utilizadas no programa de reabilitação



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 47: Paciente E - Gráfico de esforço do paciente

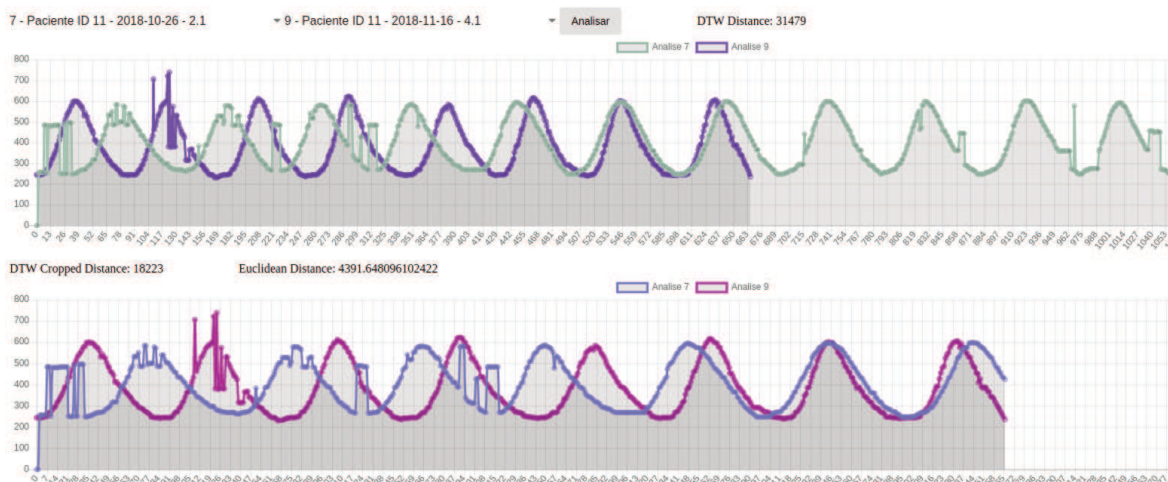
Fonte: Elaborado pelo autor.

Os resultados do programa de reabilitação somados aos resultados obtidos pelo modelo MAETF demonstram que, ao longo das sessões, o paciente teve uma pequena melhora tanto na resistência aos exercícios do programa de reabilitação, quanto na execução dos movimentos.

Nesta análise pode-se constatar uma eficiência maior dos resultados obtidos a partir do algoritmo DTW, pois é possível notar que em análises onde as curvas tem semelhança, mas os períodos de execução são distintos, a distância euclidiana não demonstra ser uma solução aplicável.

6.2.4.6 Paciente F

O paciente teve seus exercícios registrados nos dias 12/09/2018, 17/09/2018, 26/09/2018, 26/10/2018 e 16/11/2018. A Figura 48 demonstra uma das análises do paciente registradas de forma gráfica. A parte superior da figura representa a série temporal completa e a inferior um recorte de tempo, necessário para o cálculo de distância euclidiana. Na imagem as curvas na cor azul representam o movimento realizado pelo paciente no dia 26/10/2018, enquanto as curvas lilás representam o movimento no dia 16/11/2018. Os eixos x e y representam o número do quadro analisado e a coordenada y do ponto-chave detectado, respectivamente.

Figura 48: Representação gráfica de análise do Paciente F

Fonte: Elaborado pelo autor.

As tabelas a seguir detalham os resultados das análises realizadas.

Tabela 79: Paciente F – Cotovelo Direito – Distância Euclidiana em séries de mesmo tamanho

Dia	12/set	17/set	28/set	26/out	16/nov
12/set	0	6139,498595	6692,837739	7319,736607	5860,854033
17/set	x	0	3970,592021	3809,566905	3630,51663
28/set	x	x	0	4148,845261	4121,507249
26/out	x	x	x	0	3940,105582
16/nov	x	x	x	x	0

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 80: Paciente F – Cotovelo Direito – DTW em séries completas

Dia	12/set	17/set	28/set	26/out	16/nov
12/set	0	100696	128834	123321	106922
17/set	x	0	40634	35757	34890
28/set	x	x	0	32268	22347
26/out	x	x	x	0	26227
16/nov	x	x	x	x	0

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 81: Paciente F – Cotovelo Direito – DTW em séries de mesmo tamanho

Dia	12/set	17/set	28/set	26/out	16/nov
12/set	0	87064	115434	117986	78462
17/set	x	0	37031	31022	31274
28/set	x	x	0	30652	16331
26/out	x	x	x	0	19385
16/nov	x	x	x	x	0

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 82: Paciente F – Cotovelo Esquerdo – Distância Euclidiana em séries de mesmo tamanho

Dia	12/set	17/set	28/set	26/out	16/nov
12/set	0	6373,540068	6512,271877	7108,55766	5506,219483
17/set	x	0	4765,996538	4459,389644	4154,153464
28/set	x	x	0	4510,643302	4272,727583
26/out	x	x	x	0	3900,695451
16/nov	x	x	x	x	0

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 83: Paciente F – Cotovelo Esquerdo – DTW em séries completas

Dia	12/set	17/set	28/set	26/out	16/nov
12/set	0	102508	122329	109256	89796
17/set	x	0	50553	41156	41954
28/set	x	x	0	35436	24821
26/out	x	x	x	0	24784
16/nov	x	x	x	x	0

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 84: Paciente F – Cotovelo Esquerdo – DTW em séries de mesmo tamanho

Dia	12/set	17/set	28/set	26/out	16/nov
12/set	0	91592	105914	104694	70059
17/set	x	0	47550	37549	36188
28/set	x	x	0	34223	16781
26/out	x	x	x	0	18753

Dia	12/set	17/set	28/set	26/out	16/nov
16/nov	x	x	x	x	0

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 85: Paciente F – Punho Direito – Distância Euclidiana em séries de mesmo tamanho

Dia	12/set	17/set	28/set	26/out	16/nov
12/set	0	5854,916908	6611,712864	7571,462144	6296,257142
17/set	x	0	5874,342857	5153,784532	4781,288948
28/set	x	x	0	5464,551674	4850,124534
26/out	x	x	x	0	4617,770999
16/nov	x	x	x	x	0

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 86: Paciente F – Punho Direito – DTW em séries completas

Dia	12/set	17/set	28/set	26/out	16/nov
12/set	0	84660	112378	116831	94269
17/set	x	0	58528	49775	45269
28/set	x	x	0	50402	29237
26/out	x	x	x	0	40663
16/nov	x	x	x	x	0

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 87: Paciente F – Punho Direito – DTW em séries de mesmo tamanho

Dia	12/set	17/set	28/set	26/out	16/nov
12/set	0	79877	101977	114341	78663
17/set	x	0	54305	44041	44517
28/set	x	x	0	44130	19687
26/out	x	x	x	0	26107
16/nov	x	x	x	x	0

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 88: Paciente F – Punho Esquerdo – Distância Euclidiana em séries de mesmo tamanho

Dia	12/set	17/set	28/set	26/out	16/nov
12/set	0	6705,005817	6894,84184	7892,821485	6757,680223
17/set	x	0	6562,231252	5989,260555	5725,201656
28/set	x	x	0	5628,434862	4683,834647
26/out	x	x	x	0	4391,648096
16/nov	x	x	x	x	0

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 89: Paciente F – Punho Esquerdo – DTW em séries completas

Dia	12/set	17/set	28/set	26/out	16/nov
12/set	0	84810	105097	111755	94385
17/set	x	0	58385	58098	49276
28/set	x	x	0	47256	29620
26/out	x	x	x	0	31479
16/nov	x	x	x	x	0

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 90: Paciente F – Punho Esquerdo – DTW em séries de mesmo tamanho

Dia	12/set	17/set	28/set	26/out	16/nov
12/set	0	82754	97251	111613	79221
17/set	x	0	62293	51591	54900
28/set	x	x	0	45064	15885
26/out	x	x	x	0	18223
16/nov	x	x	x	x	0

Fonte: Elaborado pelo autor.

O aumento na similaridade dos movimentos obtidos nas análises realizadas foi:

- Cotovelo Direito – Distância Euclidiana: 35,82% (Tabela 79);
- Cotovelo Direito – DTW séries completas: 73,95% (Tabela 80);
- Cotovelo Direito – DTW séries do mesmo tamanho: 77,73% (Tabela 81);
- Cotovelo Esquerdo – Distância Euclidiana: 38,80% (Tabela 82);
- Cotovelo Esquerdo – DTW séries completas: 75,82% (Tabela 83);

- Cotovelo Esquerdo – DTW séries do mesmo tamanho: 79,52% (Tabela 84);
- Punho Direito – Distância Euclidiana: 21,13% (Tabela 85);
- Punho Direito – DTW séries completas: 51,97% (Tabela 86);
- Punho Direito – DTW séries do mesmo tamanho: 67,31% (Tabela 87);
- Punho Esquerdo – Distância Euclidiana: 34,50% (Tabela 88);
- Punho Esquerdo – DTW séries completas: 62,88% (Tabela 89);
- Punho Esquerdo – DTW séries do mesmo tamanho: 77,98% (Tabela 90).

Os dados registrados ao longo das sessões demonstram de grande diferença entre os exercícios no início e no final do acompanhamento. Nas sessões finais existe maior similaridade entre os movimentos. As Tabelas 91, 92 e 93 detalham a média entre as distâncias calculadas em todos os pontos-chave desta análise.

Tabela 91: Paciente F Média da Distância Euclidiana em séries do mesmo tamanho

12/set	17/set	28/set	26/out	16/nov
0	6268,240347	6677,91608	7473,144474	6105,252721
X	0	5293,290667	4853,000409	4572,790174
X	X	0	4938,118775	4482,048503
X	X	X	0	4212,555032
X	X	X	X	0

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 92: Paciente F Média de DTW em séries completas

12/set	17/set	28/set	26/out	16/nov
0	93168,5	117159,5	115290,75	96343
X	0	52025	46196,5	42847,25
X	X	0	41340,5	26506,25
X	X	X	0	30788,25
X	X	X	X	0

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 93: Paciente F Média de DTW em séries do mesmo tamanho

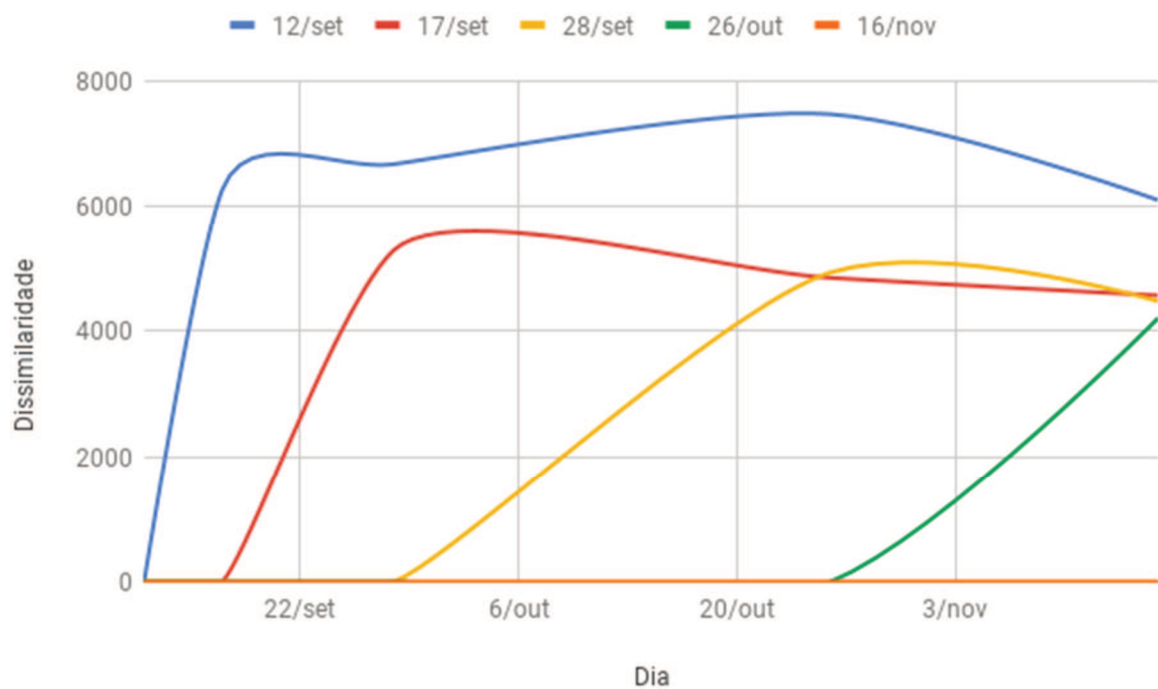
12/set	17/set	28/set	26/out	16/nov
0	85321,75	105144	112158,5	76601,25
X	0	50294,75	41050,75	41719,75

12/set	17/set	28/set	26/out	16/nov
X	X	0	38517,25	17171
X	X	X	0	20617
X	X	X	X	0

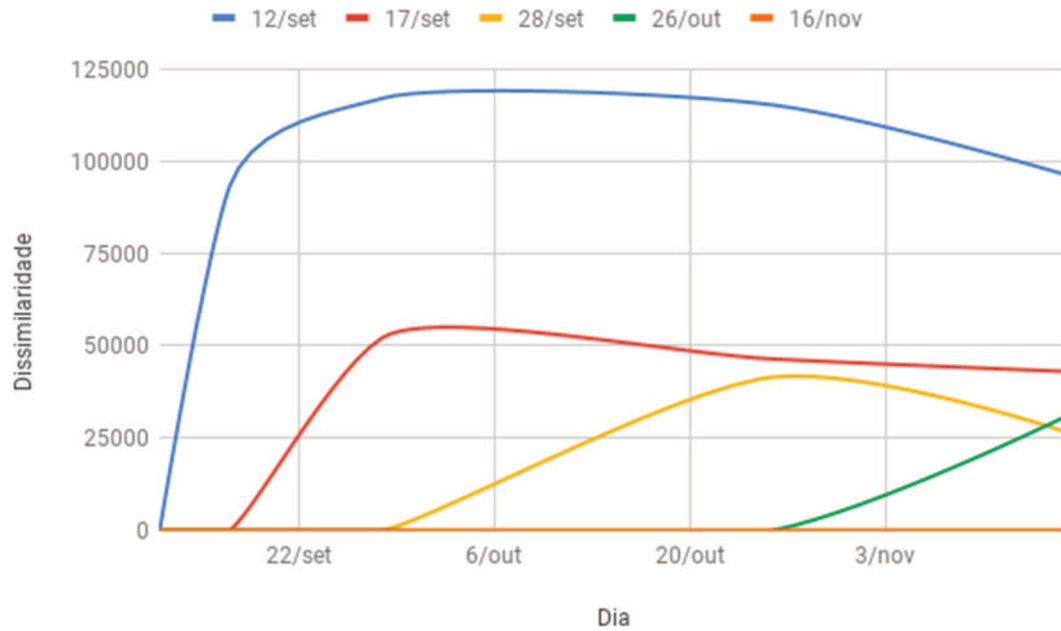
Fonte: Elaborado pelo autor.

Conforme as Figuras 49, 50 e 51, é possível determinar que enquanto o cálculo que utiliza distância euclidiana não apresenta grandes diferenças entre as comparações “12/set e 16/nov”, os cálculos de DTW, tanto com séries completas como reduzidas, destacam a grande falta de similaridade neste período, que é reduzida ao longo das sessões.

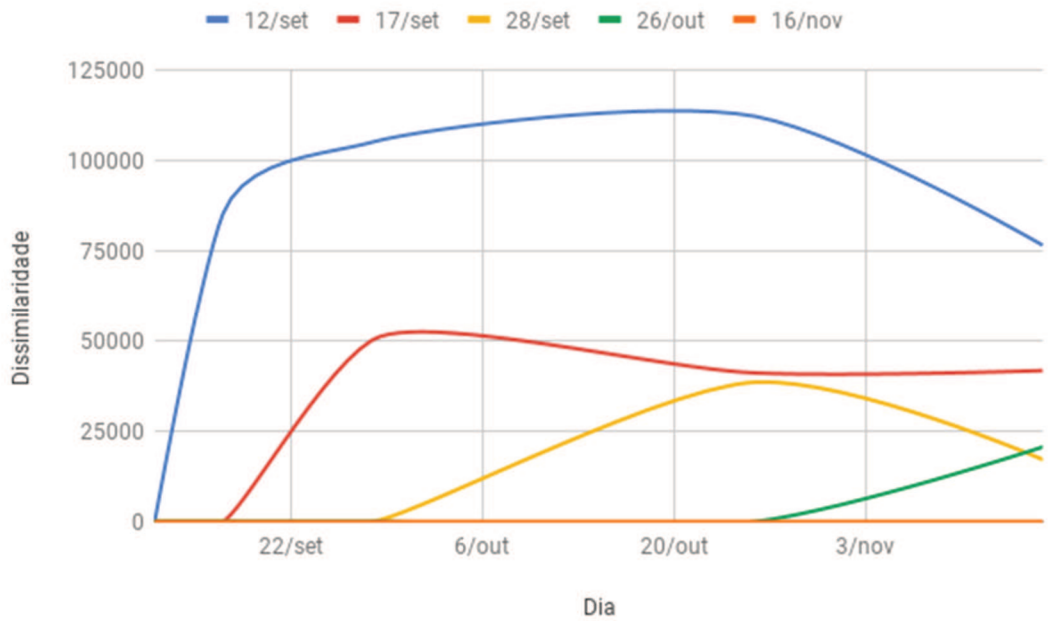
Figura 49: Paciente F Gráfico da Média da Distância Euclidiana em séries do mesmo tamanho



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 50: Paciente F Gráfico da Média de DTW em séries completas

Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 51: Paciente F Gráfico da Média de DTW em séries do mesmo tamanho

Fonte: Elaborado pelo autor.

Os percentuais médios de aumento na similaridade dos movimentos obtidos foram:

- Distância Euclidiana: 32,79% (Tabela 91);
- DTW séries completas: 66,95% (Tabela 92);
- DTW séries do mesmo tamanho: 75,83% (Tabela 93) .

Os resultados obtidos a partir do acompanhamento dos exercícios e registro das percepções de esforço do paciente foram as descritos na Tabela 94.

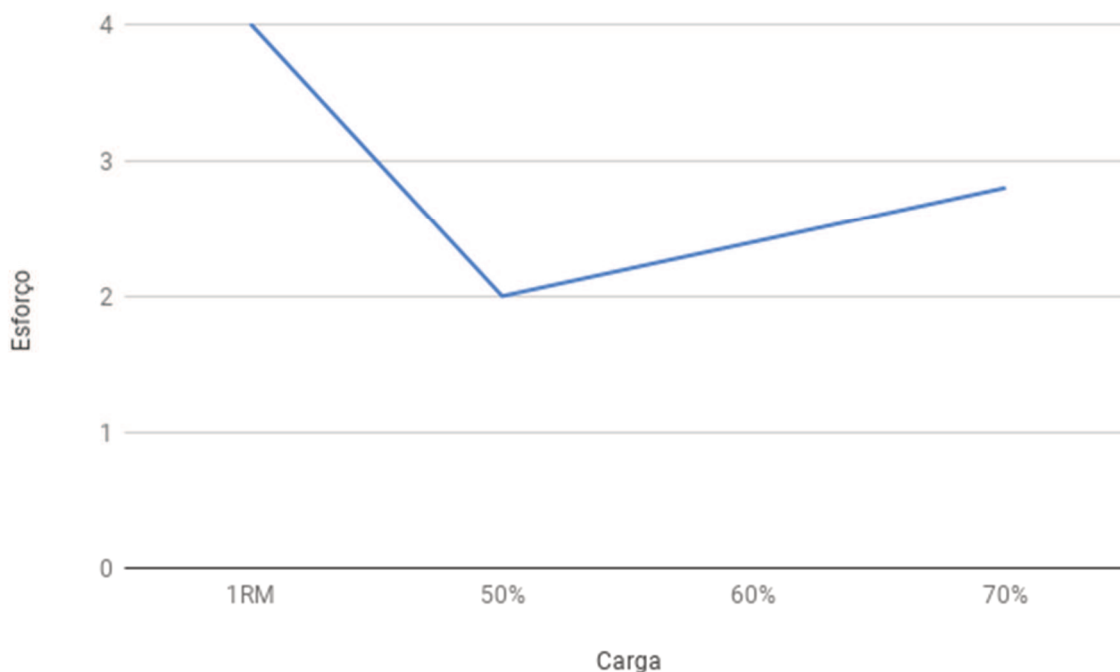
Tabela 94: Paciente F - Registro de carga e escala de Borg

Exercício	Série	Carga Máxima		Cargas de Treinamento					
		Inicial		Iniciante		Intermediário		Avançado I	
		1RM	Borg	50%	Borg	60%	Borg	70%	Borg
Roldana Alta	2x10	4	3	2	3	2,4	3	2,8	2

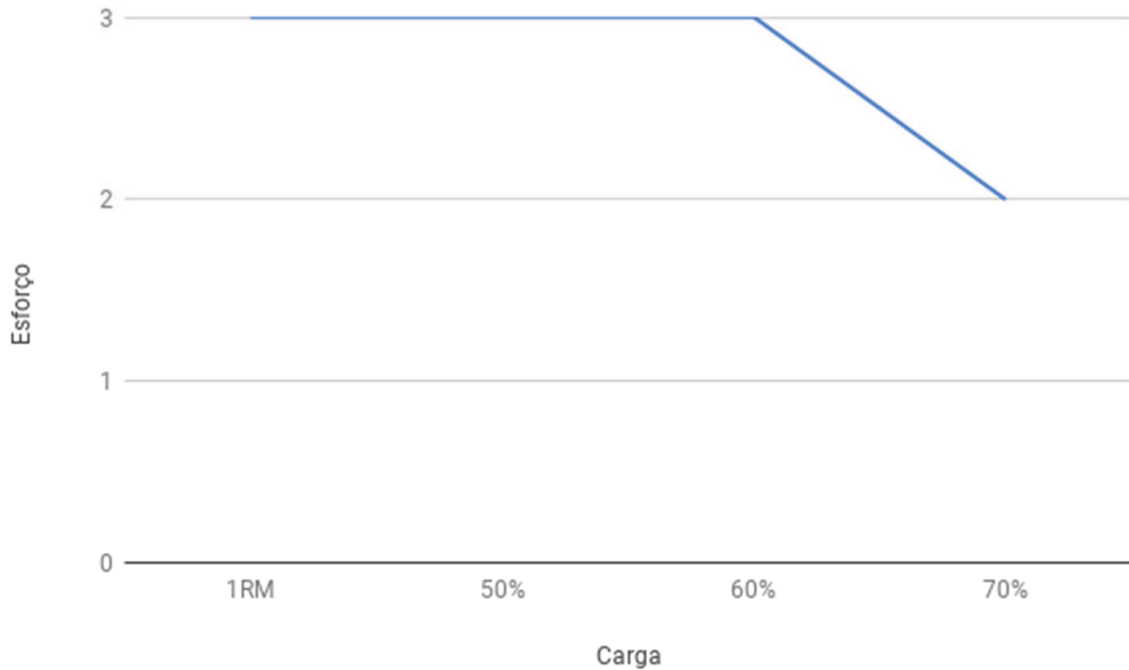
Fonte: Elaborado pelo autor.

Conforme as figuras 52 e 53, é possível observar que mesmo com o aumento de carga que ocorre ao longo do programa de reabilitação, os resultados da escala de Borg foram constantes desde a avaliação inicial, passando pelos níveis Iniciante e Intermediário, com uma pequena queda no nível Avançado I.

Figura 52: Paciente F - Gráfico de cargas utilizadas no programa de reabilitação



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 53: Paciente F - Gráfico de esforço do paciente

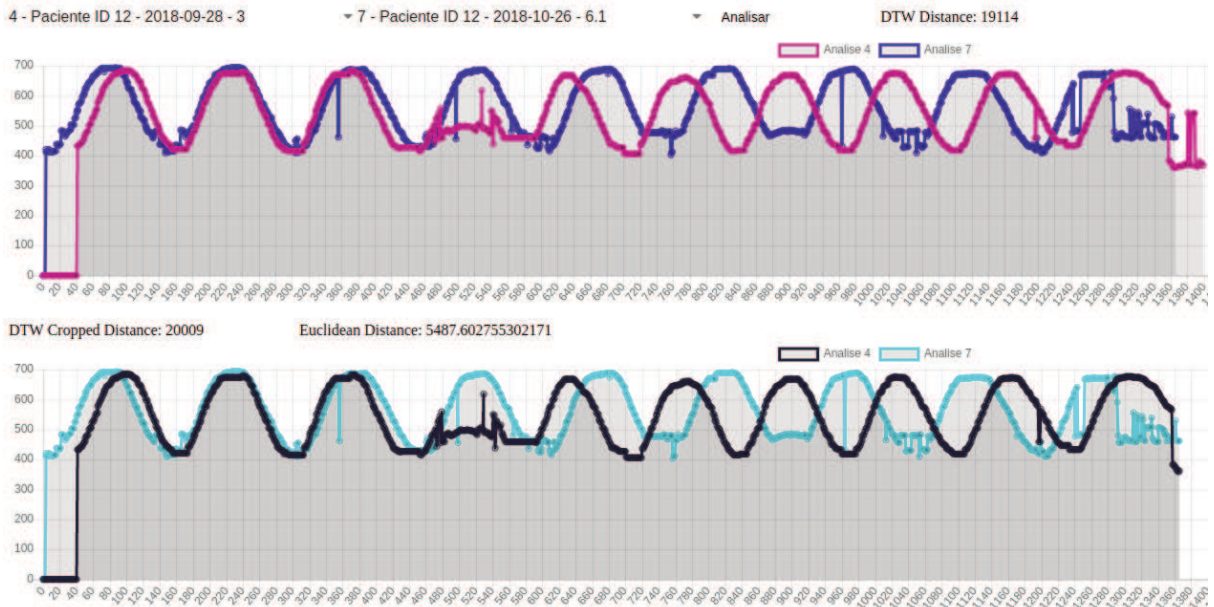
Fonte: Elaborado pelo autor.

Os resultados obtidos nas análises do programa de reabilitação somados aos resultados do modelo MAETF demonstram a evolução da resistência do paciente, tendo menor esforço na realização dos exercícios e melhor execução, com maior similaridade entre eles mesmo com o aumento de carga.

6.2.4.7 Paciente G

O paciente teve seus exercícios registrados nos dias 12/09/2018, 17/09/2018, 28/09/2018 e 26/10/2018. A Figura 54 demonstra uma das análises do paciente registradas de forma gráfica. A parte superior da figura representa a série temporal completa e a inferior um recorte de tempo, necessário para o cálculo de distância euclidiana. Na imagem superior, a curva na cor lilás representa o movimento realizado pelo paciente no dia 28/09/2018, enquanto a azul representa o movimento no dia 26/10/2018. Na imagem inferior, o preto representa o movimento no dia 28/09/2018 enquanto a cor azul representa o dia 26/10/2018. Os eixos x e y representam o número do quadro analisado e a coordenada y do ponto-chave detectado, respectivamente.

Figura 54: Representação gráfica de análise do Paciente G



Fonte: Elaborado pelo autor.

As tabelas a seguir detalham os resultados das análises realizadas.

Tabela 95: Paciente G – Cotovelo Direito – Distância Euclidiana em séries de mesmo tamanho

Dia	12/set	17/set	28/set	26/out
12/set	0	7174,845155	7631,794481	5695,310088
17/set	x	0	6159,385197	5561,261098
28/set	x	x	0	5487,602755
26/out	x	x	x	0

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 96: Paciente G – Cotovelo Direito – DTW em séries completas

Dia	12/set	17/set	28/set	26/out
12/set	0	128488	128296	103284
17/set	x	0	30454	28447
28/set	x	x	0	19114
26/out	x	x	x	0

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 97: Paciente G – Cotovelo Direito – DTW em séries de mesmo tamanho

Dia	12/set	17/set	28/set	26/out
12/set	0	127329	122370	96638
17/set	x	0	43934	43208
28/set	x	x	0	20009
26/out	x	x	x	0

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 98: Paciente G – Cotovelo Esquerdo – Distância Euclidiana em séries de mesmo tamanho

Dia	12/set	17/set	28/set	26/out
12/set	0	8055,839683	6056,261801	6088,499487
17/set	x	0	5233,387813	5658,580387
28/set	x	x	0	4572,215984
26/out	x	x	x	0

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 99: Paciente G – Cotovelo Esquerdo – DTW em séries completas

Dia	12/set	17/set	28/set	26/out
12/set	0	137865	107526	130926
17/set	x	0	45965	33004
28/set	x	x	0	40501
26/out	x	x	x	0

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 100: Paciente G – Cotovelo Esquerdo – DTW em séries de mesmo tamanho

Dia	12/set	17/set	28/set	26/out
12/set	0	137661	97721	121626
17/set	x	0	54714	47450
28/set	x	x	0	41356
26/out	x	x	x	0

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 101: Paciente G – Punho Direito – Distância Euclidiana em séries de mesmo tamanho

Dia	12/set	17/set	28/set	26/out
12/set	0	12740,06366	12518,79946	10967,54024
17/set	x	0	6821,462526	6570,020015
28/set	x	x	0	5478,292161
26/out	x	x	x	0

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 102: Paciente G – Punho Direito – DTW em séries completas

Dia	12/set	17/set	28/set	26/out
12/set	0	272617	315508	232130
17/set	x	0	43831	37575
28/set	x	x	0	34699
26/out	x	x	x	0

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 103: Paciente G – Punho Direito – DTW em séries de mesmo tamanho

Dia	12/set	17/set	28/set	26/out
12/set	0	269713	294129	218620
17/set	x	0	54451	43332
28/set	x	x	0	34007
26/out	x	x	x	0

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 104: Paciente G – Punho Esquerdo – Distância Euclidiana em séries de mesmo tamanho

Dia	12/set	17/set	28/set	26/out
12/set	0	14034,10229	12806,54809	12694,51634
17/set	x	0	5946,315834	6472,705385
28/set	x	x	0	4906,983187
26/out	x	x	x	0

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 105: Paciente G – Punho Esquerdo – DTW em séries completas

Dia	12/set	17/set	28/set	26/out
12/set	0	306672	362667	340055
17/set	x	0	71441	46839
28/set	x	x	0	53481
26/out	x	x	x	0

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 106: Paciente G – Punho Esquerdo – DTW em séries de mesmo tamanho

Dia	12/set	17/set	28/set	26/out
12/set	0	305329	341246	316919
17/set	x	0	77725	50383
28/set	x	x	0	52544
26/out	x	x	x	0

Fonte: Elaborado pelo autor.

Com base nas tabelas apresentadas, foram calculados os percentuais de aumento na similaridade dos movimentos, conforme segue:

- Cotovelo Direito – Distância Euclidiana: 23,52% (Tabela 95);
- Cotovelo Direito – DTW séries completas: 85,12% (Tabela 96);
- Cotovelo Direito – DTW séries do mesmo tamanho: 84,28% (Tabela 97);
- Cotovelo Esquerdo – Distância Euclidiana: 43,24% (Tabela 98);
- Cotovelo Esquerdo – DTW séries completas: 70,62% (Tabela 99);
- Cotovelo Esquerdo – DTW séries do mesmo tamanho: 69,96% (Tabela 100);
- Punho Direito – Distância Euclidiana: 57,00% (Tabela 101);
- Punho Direito – DTW séries completas: 87,27% (Tabela 102);
- Punho Direito – DTW séries do mesmo tamanho: 87,39% (Tabela 103);
- Punho Esquerdo – Distância Euclidiana: 65,03% (Tabela 104);
- Punho Esquerdo – DTW séries completas: 82,56% (Tabela 105);
- Punho Esquerdo – DTW séries do mesmo tamanho: 82,79% (Tabela 106).

Os resultados obtidos a partir das sessões do paciente B demonstram grande diferença entre os exercícios do início e do final do acompanhamento. Nos cálculos realizados utilizando distância euclidiana já demonstram este comportamento, mas a progressão fica mais evidente

em ambas as análises que utilizam DTW. As Tabelas 107, 108 e 109 detalham a média entre as distâncias calculadas em todos os pontos-chave desta análise.

Tabela 107: Paciente G – Média da Distância Euclidiana em séries do mesmo tamanho

Dia	12/set	17/set	28/set	26/out
12/set	0	10501,2127	9753,350959	8861,466539
17/set	X	0	6040,137843	6065,641721
28/set	X	X	0	5111,273522
26/out	X	X	X	0

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 108: Paciente G – Média de DTW em séries completas

Dia	12/set	17/set	28/set	26/out
12/set	0	211410,5	228499,25	201598,75
17/set	X	0	47922,75	36466,25
28/set	X	X	0	36948,75
26/out	X	X	X	0

Fonte: Elaborado pelo autor.

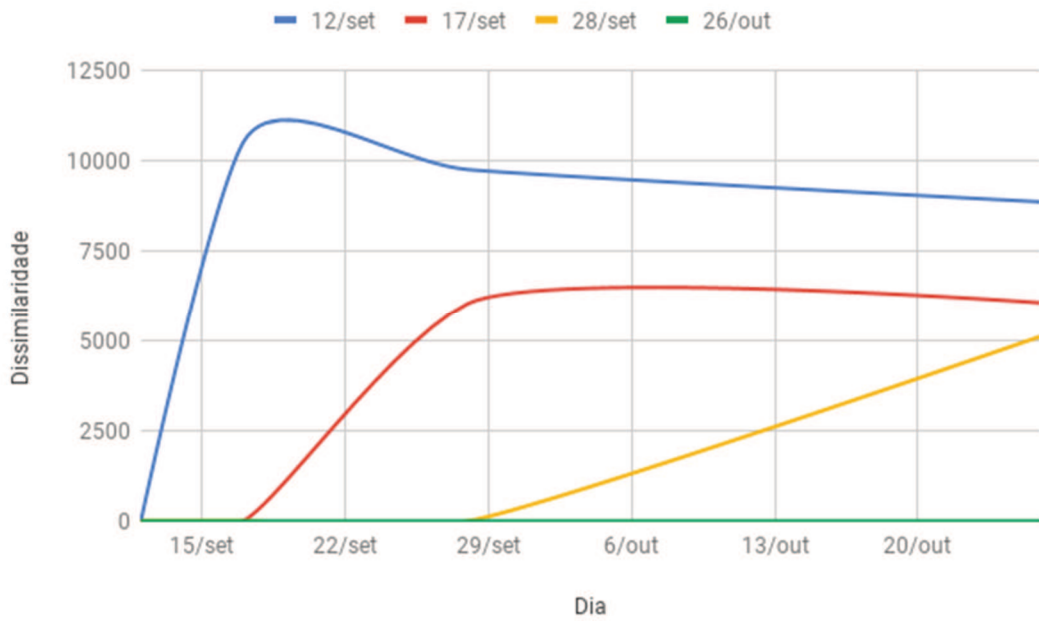
Tabela 109: Paciente G – Média de DTW em séries do mesmo tamanho

Dia	12/set	17/set	28/set	26/out
12/set	0	210008	213866,5	188450,75
17/set	X	0	57706	46093,25
28/set	X	X	0	36979
26/out	X	X	X	0

Fonte: Elaborado pelo autor.

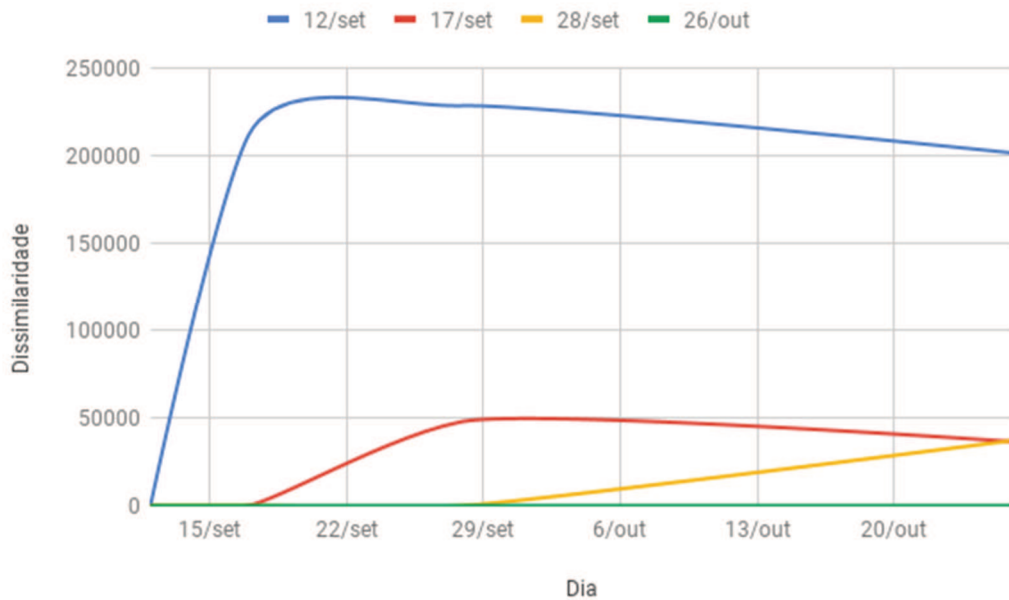
As Figuras 55, 56 e 57 demonstram de forma gráfica a média das análises em todos os pontos-chave do paciente G, conforme os cálculos utilizados nas avaliações.

Figura 55: Paciente G – Gráfico da Média da Distância Euclidiana em séries do mesmo tamanho



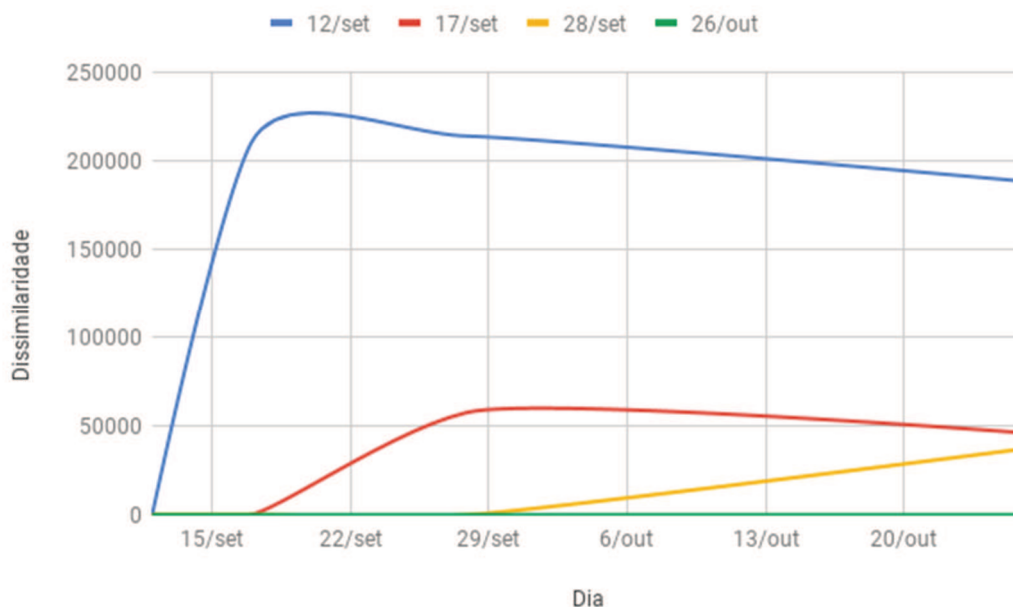
Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 56: Paciente G – Gráfico da Média de DTW em séries completas



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 57: Paciente G – Gráfico da Média de DTW em séries do mesmo tamanho



Fonte: Elaborado pelo autor.

A média do aumento de similaridade obtida com cada um dos cálculos foi:

- Distância Euclidiana: 51,33% (Tabela 107);
- DTW séries completas: 82,52% (Tabela 108);
- DTW séries do mesmo tamanho: 82,39% (Tabela 109);

Os resultados obtidos a partir do acompanhamento dos exercícios do paciente estão detalhados na Tabela 110.

Tabela 110: Paciente G - Registro de carga e escala de Borg

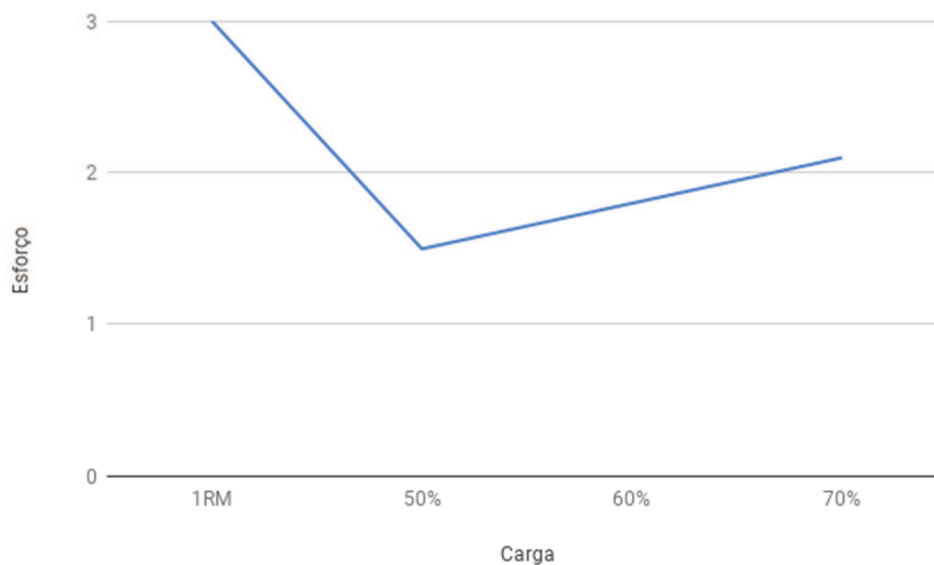
Exercício	Série	Carga Máxima		Cargas de Treinamento					
		Inicial		Iniciante		Intermediário		Avançado I	
		1RM	Borg	50%	Borg	60%	Borg	70%	Borg
Roldana Alta	2x10	3	5	1,5	3	1,8	4	2,1	4

Fonte: Elaborado pelo autor.

As figuras 58 e 59 demonstram a evolução do paciente. Com um início mais leve e progressão das cargas seguindo a escala de Borg, o paciente iniciou com uma pontuação de esforço alta, tendo uma queda no início do programa devido à carga de 50% do nível Iniciante,

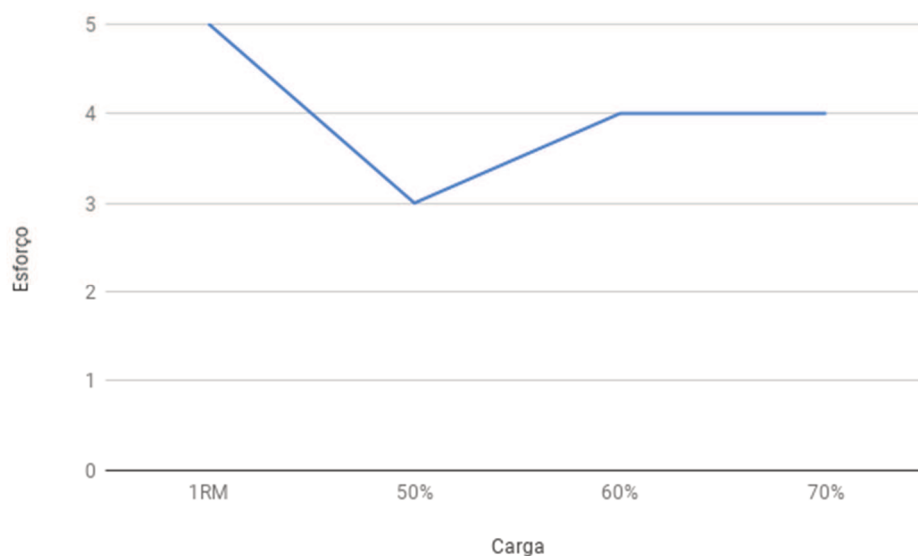
mas tendo um novo aumento nos níveis Intermediário e Avançado I. Como o paciente não completou o programa de reabilitação durante o período de amostragem, não foi possível registrar seu progresso no nível Avançado II.

Figura 58: Paciente G - Gráfico de cargas utilizadas no programa de reabilitação



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 59: Paciente G - Gráfico de esforço do paciente



Fonte: Elaborado pelo autor.

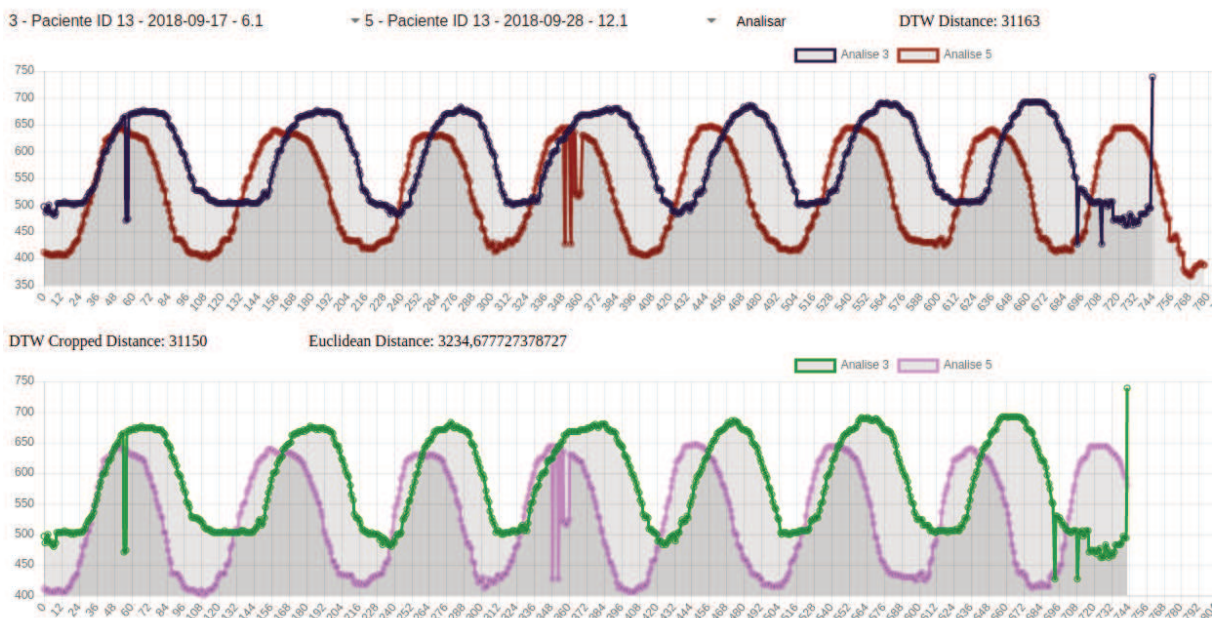
Os resultados tanto do programa de reabilitação quanto do modelo MAETF demonstram que, ao longo das sessões, o paciente adquiriu maior resistência aos exercícios do programa de reabilitação, mesmo com o aumento gradativo das cargas. A execução dos movimentos também obteve uma melhora percentual significativa, apontada através da evolução na similaridade dos movimentos.

Nesta análise é possível destacar os resultados superiores obtidos a partir do algoritmo DTW que, assim como em outras análises, ocorre devido à similaridade das curvas com diferença em seu período, onde o algoritmo de distância euclidiana demonstra obter resultados inferiores.

6.2.4.8 Paciente H

O paciente teve seus exercícios registrados nos dias 14/09/2018, 17/09/2018 e 28/09/2018. A Figura 60 demonstra uma das análises do paciente registradas de forma gráfica. A parte superior da figura representa a série temporal completa e a inferior um recorte de tempo, necessário para o cálculo de distância euclidiana. Na imagem as curvas nas cores azul e verde representam o movimento realizado pelo paciente no dia 17/09/2018, enquanto as curvas vermelho e rosa representam o movimento no dia 28/09/2018. Os eixos x e y representam o número do quadro analisado e a coordenada y do ponto-chave detectado, respectivamente.

Figura 60: Representação gráfica de análise do Paciente H



Fonte: Elaborado pelo autor.

As tabelas a seguir detalham os resultados das análises realizadas.

Tabela 111: Paciente H – Cotovelo Direito – Distância Euclidiana em séries de mesmo tamanho

Dia	14/set	17/set	28/set
14/set	0	3433,670339	3488,733868
17/set	x	0	3234,677727
28/set	x	x	0

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 112: Paciente H – Cotovelo Direito – DTW em séries completas

Dia	14/set	17/set	28/set
14/set	0	72390	50797
17/set	x	0	31163
28/set	x	x	0

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 113: Paciente H – Cotovelo Direito – DTW em séries de mesmo tamanho

Dia	14/set	17/set	28/set
14/set	0	39306	25083
17/set	x	0	31150
28/set	x	x	0

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 114: Paciente H – Cotovelo Esquerdo – Distância Euclidiana em séries de mesmo tamanho

Dia	14/set	17/set	28/set
14/set	0	3476,819524	3572,202542
17/set	x	0	3059,043478
28/set	x	x	0

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 115: Paciente H – Cotovelo Esquerdo – DTW em séries completas

Dia	14/set	17/set	28/set
14/set	0	69082	42412
17/set	x	0	20983
28/set	x	x	0

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 116: Paciente H – Cotovelo Esquerdo – DTW em séries de mesmo tamanho

Dia	14/set	17/set	28/set
14/set	0	39740	29965
17/set	x	0	22412
28/set	x	x	0

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 117: Paciente H – Punho Direito – Distância Euclidiana em séries de mesmo tamanho

Dia	14/set	17/set	28/set
14/set	0	3699,218025	4034,653641
17/set	x	0	3105,220926
28/set	x	x	0

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 118: Paciente H – Punho Direito – DTW em séries completas

Dia	14/set	17/set	28/set
14/set	0	74013	73647
17/set	x	0	31718
28/set	x	x	0

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 119: Paciente H – Punho Direito – DTW em séries de mesmo tamanho

Dia	14/set	17/set	28/set
14/set	0	38067	37974
17/set	x	0	28627
28/set	x	x	0

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 120: Paciente H – Punho Esquerdo – Distância Euclidiana em séries de mesmo tamanho

Dia	14/set	17/set	28/set
14/set	0	3792,980227	4572,265084

17/set	x	0	4050,398746
28/set	x	x	0

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 121: Paciente H – Punho Esquerdo – DTW em séries completas

Dia	14/set	17/set	28/set
14/set	0	47177	62284
17/set	x	0	37767
28/set	x	x	0

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 122: Paciente H – Punho Esquerdo – DTW em séries de mesmo tamanho

Dia	14/set	17/set	28/set
14/set	0	34542	55187
17/set	x	0	38480
28/set	x	x	0

Fonte: Elaborado pelo autor.

Os percentuais de aumento na similaridade dos movimentos obtidos nas análises realizadas foram:

- Cotovelo Direito – Distância Euclidiana: 5,80% (Tabela 111);
- Cotovelo Direito – DTW séries completas: 56,95% (Tabela 112);
- Cotovelo Direito – DTW séries do mesmo tamanho: 20,75% (Tabela 113);
- Cotovelo Esquerdo – Distância Euclidiana: 12,02% (Tabela 114);
- Cotovelo Esquerdo – DTW séries completas: 69,62% (Tabela 115);
- Cotovelo Esquerdo – DTW séries do mesmo tamanho: 43,60% (Tabela 116);
- Punho Direito – Distância Euclidiana: 16,06% (Tabela 117);
- Punho Direito – DTW séries completas: 57,14% (Tabela 118);
- Punho Direito – DTW séries do mesmo tamanho: 24,80% (Tabela 119);
- Punho Esquerdo – Distância Euclidiana: -6,79% (Tabela 120);
- Punho Esquerdo – DTW séries completas: 19,95% (Tabela 121);
- Punho Esquerdo – DTW séries do mesmo tamanho: -11,40% (Tabela 122).

Como o paciente H somente participou em três sessões, a amostragem de resultados é menor, mas ainda sendo possível detectar o mesmo comportamento das avaliações dos demais pacientes, tendo aumento na similaridade das curvas no comparativo entre últimas sessões. É possível observar também um pequeno aumento na diferença entre as curvas, mas que com a pequena amostragem pode ser atribuído a algum ruído na detecção dos pontos-chave.

As Tabelas 123, 124 e 125 detalham a média entre as distâncias calculadas em todos os pontos-chave desta análise.

Tabela 123: Paciente H – Média da Distância Euclidiana em séries do mesmo tamanho

Dia	14/set	17/set	28/set
14/set	0	3600,672029	3916,963784
17/set	X	0	3362,335219
28/set	X	X	0

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 124: Paciente H – Média de DTW em séries completas

Dia	14/set	17/set	28/set
14/set	0	65665,5	57285
17/set	X	0	30407,75
28/set	X	X	0

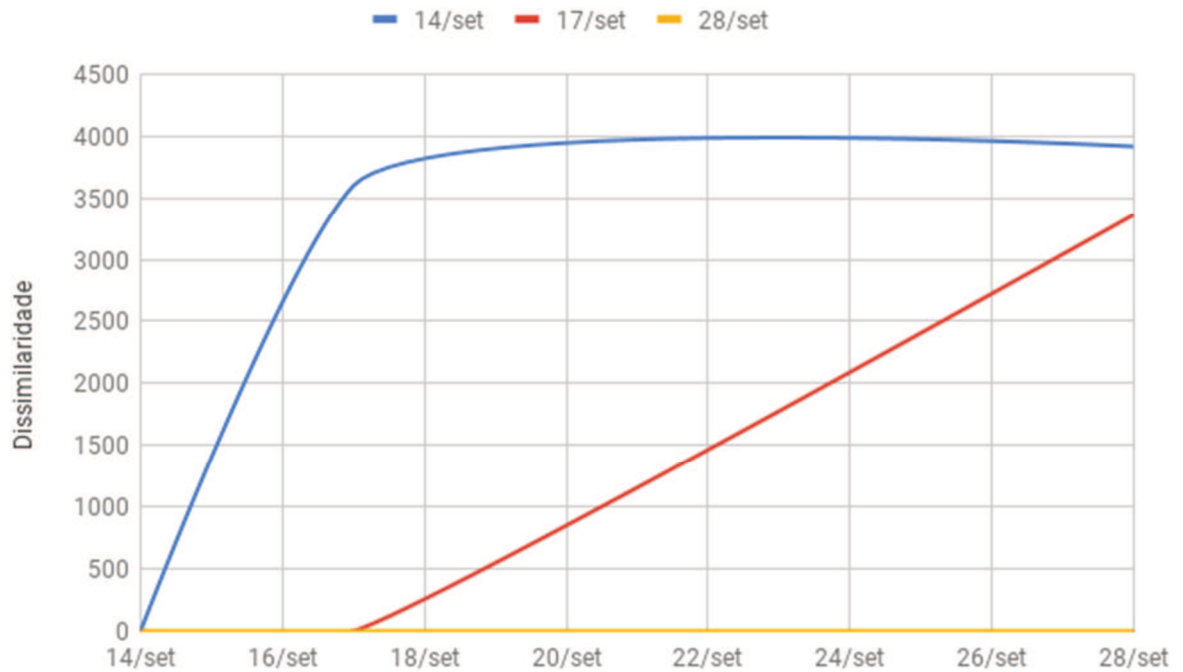
Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 125: Paciente H – Média de DTW em séries do mesmo tamanho

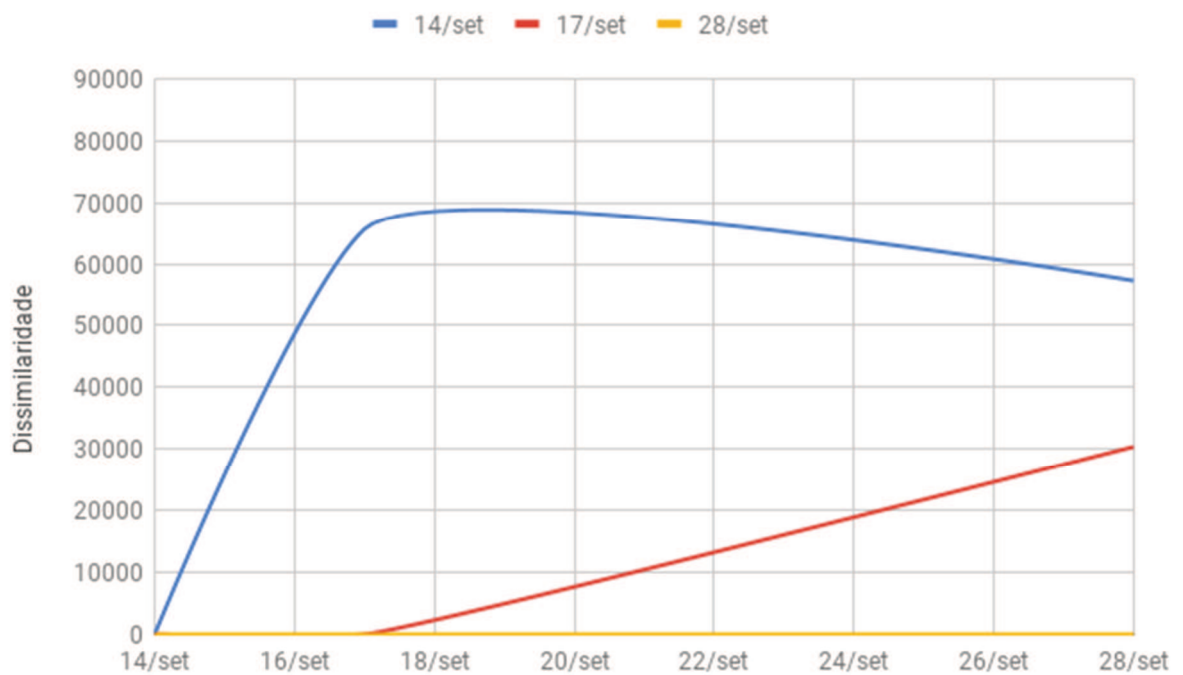
Dia	14/set	17/set	28/set
14/set	0	37913,75	37052,25
17/set	X	0	30167,25
28/set	X	X	0

Fonte: Elaborado pelo autor.

As Figuras 61, 62 e 63 ilustram o resultado da média das análises em todos os pontos-chave do paciente H.

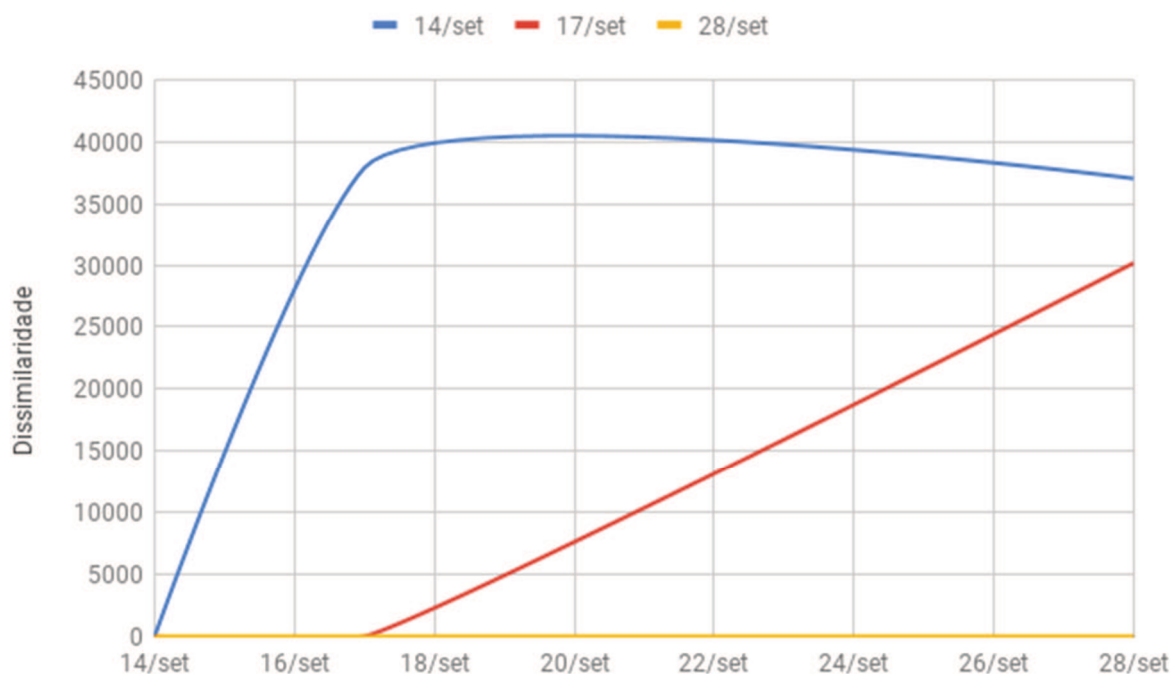
Figura 61: Paciente H – Gráfico da Média da Distância Euclidiana em séries do mesmo tamanho

Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 62: Paciente H – Gráfico da Média de DTW em séries completas

Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 63: Paciente H – Gráfico da Média de DTW em séries do mesmo tamanho



Fonte: Elaborado pelo autor.

Os percentuais médios de aumento na similaridade dos movimentos obtidos foram:

- Distância Euclidiana: 6,62% (Tabela 123);
- DTW séries completas: 53,69% (Tabela 124);
- DTW séries do mesmo tamanho: 20,43% (Tabela 125).

Os resultados obtidos a partir do acompanhamento dos exercícios e registro das percepções subjetivas do paciente utilizando a escala de Borg foram as descritos na Tabela 126.

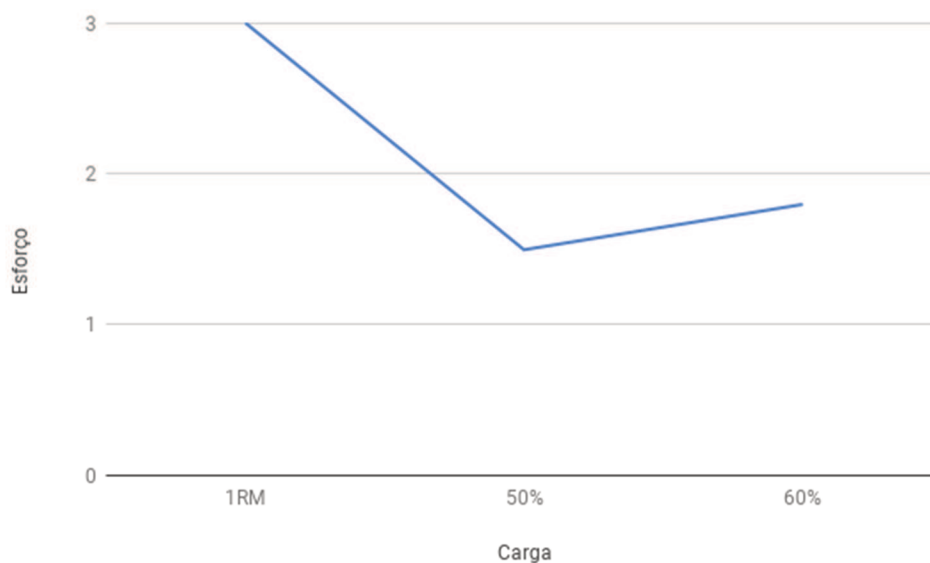
Tabela 126: Paciente H - Registro de carga e escala de Borg

Exercício	Série	Carga Máxima		Cargas de Treinamento			
		Inicial		Iniciante		Intermediário	
		1RM	Borg	50%	Borg	60%	Borg
Roldana Alta	2x10	3	5	1,5	3	1,8	3

Fonte: Elaborado pelo autor.

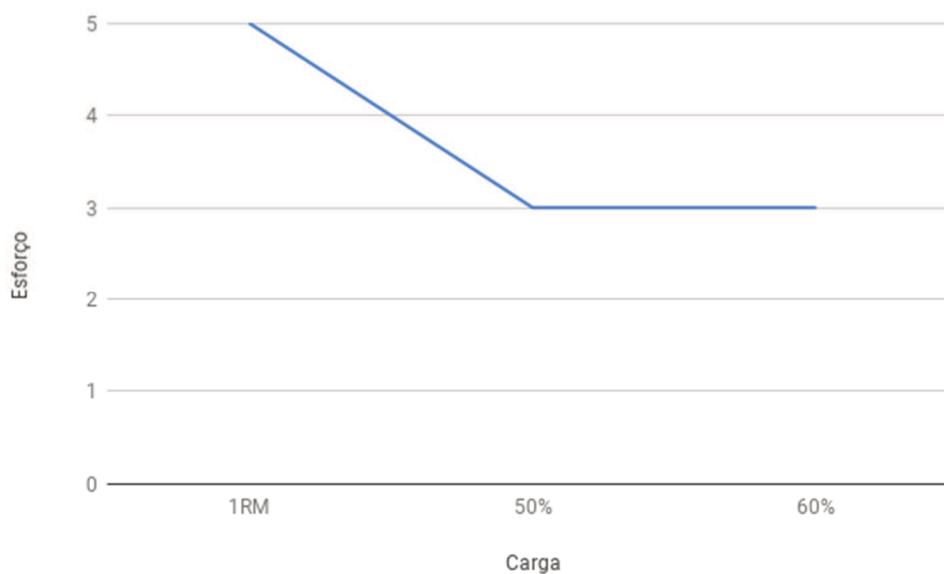
Como é possível observar graficamente nas figuras 64 e 65, há um pico inicial tanto de carga quanto de esforço, devido à avaliação de carga máxima do paciente. Nos níveis inicial e intermediário o paciente demonstrou ter boa resistência às cargas estabelecidas, mas como o mesmo não seguiu com o programa, não foi possível prosseguir com a avaliação.

Figura 64: Paciente H - Gráfico de cargas utilizadas no programa de reabilitação



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 65: Paciente H - Gráfico de esforço do paciente



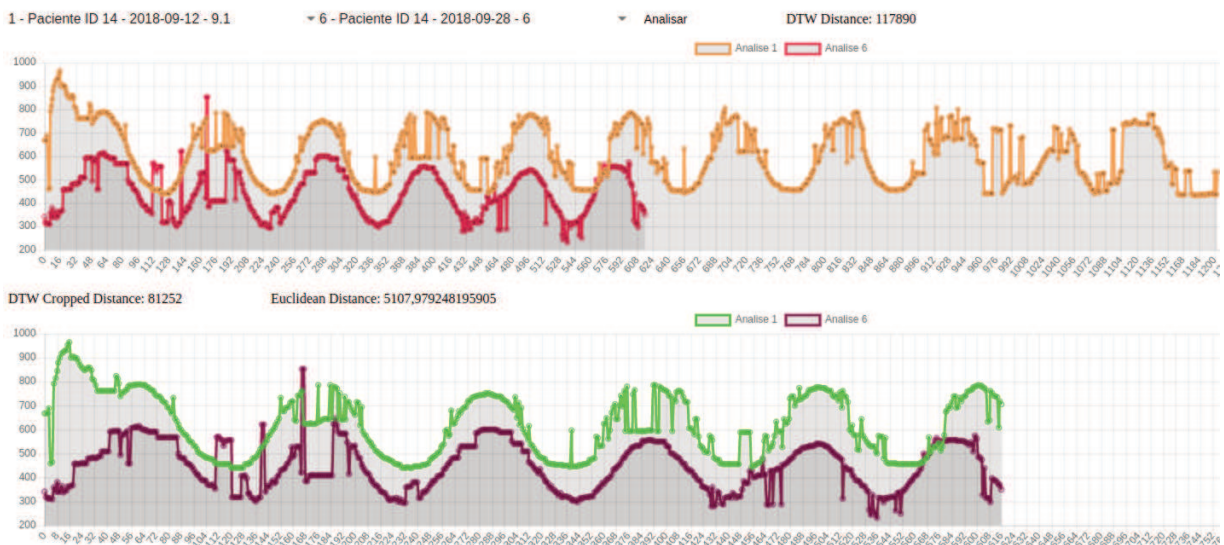
Fonte: Elaborado pelo autor.

Os resultados obtidos pelo modelo MAETF junto aos resultados do programa de reabilitação demonstram uma pequena melhora tanto na resistência aos exercícios do programa de reabilitação, quanto na execução dos movimentos. Porém devido a pequena amostragem não foi possível explorar mais detalhadamente este progresso.

6.2.4.9 Paciente I

O paciente teve seus exercícios registrados nos dias 12/09/2018, 17/09/2018, 26/09/2018 e 28/09/2018. A Figura 66 demonstra uma das análises do paciente registradas de forma gráfica. A parte superior da figura representa a série temporal completa e a inferior um recorte de tempo, necessário para o cálculo de distância euclidiana. Na imagem as curvas nas cores laranja e verde representam o movimento realizado pelo paciente no dia 12/09/2018, enquanto as curvas vermelho e lilás representam o movimento no dia 28/09/2018. Os eixos x e y representam o número do quadro analisado e a coordenada y do ponto-chave detectado, respectivamente.

Figura 66: Representação gráfica de análise do Paciente I



Fonte: Elaborado pelo autor.

As tabelas a seguir detalham os resultados das análises realizadas.

Tabela 127: Paciente I – Cotovelo Direito – Distância Euclidiana em séries de mesmo tamanho

Dia	12/set	17/set	26/set	28/set
12/set	0	4696,811578	6485,318882	4523,784699
17/set	x	0	3640,230625	3281,301266
26/set	x	x	0	2932,644029

28/set	x	x	x	0
--------	---	---	---	---

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 128: Paciente I – Cotovelo Direito – DTW em séries completas

Dia	12/set	17/set	26/set	28/set
12/set	0	100781	126530	110435
17/set	x	0	27387	21949
26/set	x	x	0	32164
28/set	x	x	x	0

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 129: Paciente I – Cotovelo Direito – DTW em séries de mesmo tamanho

Dia	12/set	17/set	26/set	28/set
12/set	0	60443	121260	78759
17/set	x	0	29124	20596
26/set	x	x	0	29872
28/set	x	x	x	0

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 130: Paciente I – Cotovelo Esquerdo – Distância Euclidiana em séries de mesmo tamanho

Dia	12/set	17/set	26/set	28/set
12/set	0	4512,802677	6403,733755	4645,5596
17/set	x	0	3562,078747	3402,476157
26/set	x	x	0	2945,447334
28/set	x	x	x	0

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 131: Paciente I – Cotovelo Esquerdo – DTW em séries completas

Dia	12/set	17/set	26/set	28/set
12/set	0	98037	126247	97445
17/set	x	0	30963	26504
26/set	x	x	0	37989
28/set	x	x	x	0

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 132: Paciente I – Cotovelo Esquerdo – DTW em séries de mesmo tamanho

Dia	12/set	17/set	26/set	28/set
12/set	0	56034	122370	69461
17/set	x	0	26979	25162
26/set	x	x	0	28027
28/set	x	x	x	0

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 133: Paciente I – Punho Direito – Distância Euclidiana em séries de mesmo tamanho

Dia	12/set	17/set	26/set	28/set
12/set	0	4945,836936	6542,01819	5107,979248
17/set	x	0	3459,872686	3408,552185
26/set	x	x	0	3351,395381
28/set	x	x	x	0

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 134: Paciente I – Punho Direito – DTW em séries completas

Dia	12/set	17/set	26/set	28/set
12/set	0	96636	91174	117890
17/set	x	0	46912	28856
26/set	x	x	0	54081
28/set	x	x	x	0

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 135: Paciente I – Punho Direito – DTW em séries de mesmo tamanho

Dia	12/set	17/set	26/set	28/set
12/set	0	43937	107054	81252
17/set	x	0	22888	27746
26/set	x	x	0	28060
28/set	x	x	x	0

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 136: Paciente I – Punho Esquerdo – Distância Euclidiana em séries de mesmo tamanho

Dia	12/set	17/set	26/set	28/set
12/set	0	4855,153345	6907,048501	4809,60227
17/set	x	0	3563,032557	3441,056524
26/set	x	x	0	3161,6589
28/set	x	x	x	0

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 137: Paciente I – Punho Esquerdo – DTW em séries completas

Dia	12/set	17/set	26/set	28/set
12/set	0	94304	100545	98096
17/set	x	0	60142	24398
26/set	x	x	0	57850
28/set	x	x	x	0

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 138: Paciente I – Punho Esquerdo – DTW em séries de mesmo tamanho

Dia	12/set	17/set	26/set	28/set
12/set	0	45563	110564	62216
17/set	x	0	21949	23717
26/set	x	x	0	24475
28/set	x	x	x	0

Fonte: Elaborado pelo autor.

O aumento na similaridade dos movimentos obtidos nas análises realizadas foi:

- Cotovelo Direito – Distância Euclidiana: 37,56% (Tabela 127);
- Cotovelo Direito – DTW séries completas: 68,08% (Tabela 128);
- Cotovelo Direito – DTW séries do mesmo tamanho: 50,58% (Tabela 129);
- Cotovelo Esquerdo – Distância Euclidiana: 34,73% (Tabela 130);
- Cotovelo Esquerdo – DTW séries completas: 61,25% (Tabela 131);
- Cotovelo Esquerdo – DTW séries do mesmo tamanho: 49,98% (Tabela 132);
- Punho Direito – Distância Euclidiana: 32,24% (Tabela 133);

- Punho Direito – DTW séries completas: 44,04% (Tabela 134);
- Punho Direito – DTW séries do mesmo tamanho: 36,13% (Tabela 135);
- Punho Esquerdo – Distância Euclidiana: 34,88% (Tabela 136);
- Punho Esquerdo – DTW séries completas: 38,65% (Tabela 137);
- Punho Esquerdo – DTW séries do mesmo tamanho: 46,28% (Tabela 138).

Os resultados obtidos a partir da análise do paciente I mostram as diferenças entre os exercícios entre o início e o final do acompanhamento. Há um aumento na similaridade entre os movimentos conforme o paciente vai avançando nas sessões. As Tabelas 139, 140 e 141 detalham a média entre as distâncias calculadas em todos os pontos-chave desta análise.

Tabela 139: Paciente I – Média da Distância Euclidiana em séries do mesmo tamanho

Dia	12/set	17/set	26/set	28/set
12/set	0	4752,651134	6584,529832	4771,731454
17/set	X	0	3556,303653	3383,346533
26/set	X	X	0	3097,786411
28/set	X	X	X	0

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 140: Paciente I – Média de DTW em séries completas

Dia	12/set	17/set	26/set	28/set
12/set	0	97439,5	111124	105966,5
17/set	X	0	41351	25426,75
26/set	X	X	0	45521
28/set	X	X	X	0

Fonte: Elaborado pelo autor.

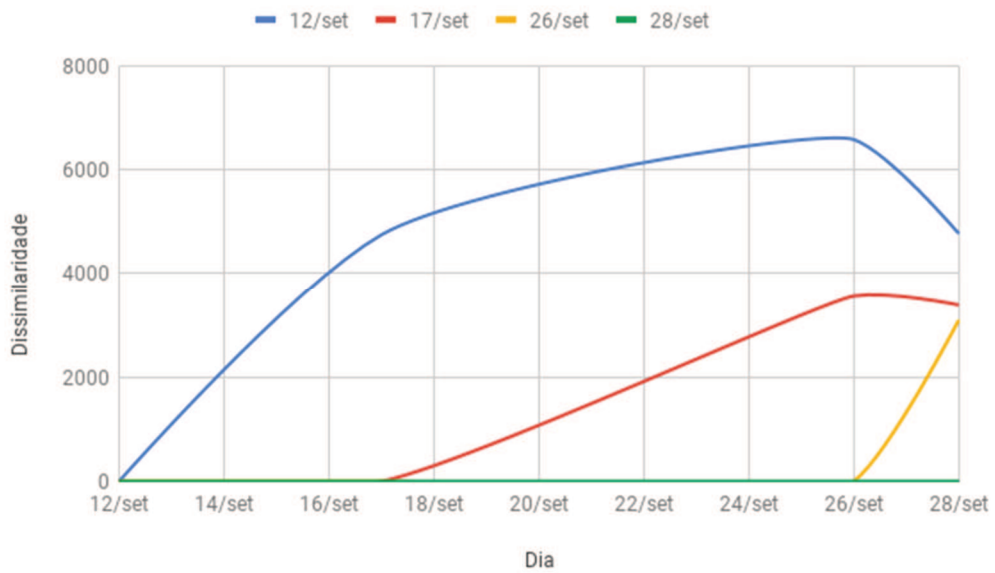
Tabela 141: Paciente I – Média de DTW em séries do mesmo tamanho

Dia	12/set	17/set	26/set	28/set
12/set	0	51494,25	115312	72922
17/set	X	0	25235	24305,25
26/set	X	X	0	27608,5
28/set	X	X	X	0

Fonte: Elaborado pelo autor.

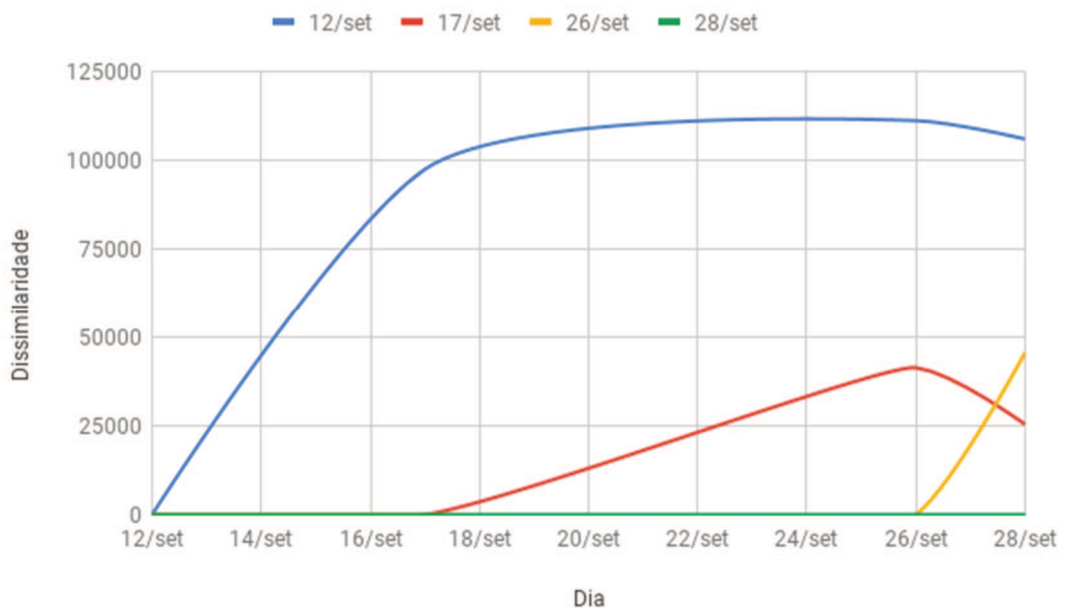
As Figuras 67, 68 e 69 ilustram o resultado da média das análises em todos os pontos-chave do paciente I.

Figura 67: Paciente I – Gráfico da Média da Distância Euclidiana em séries do mesmo tamanho



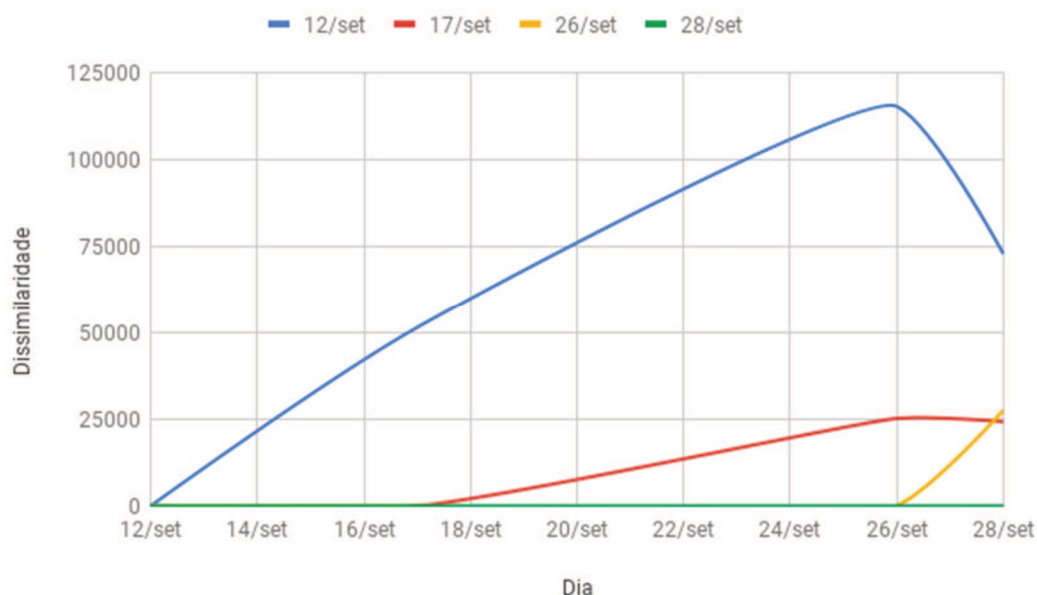
Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 68: Paciente I – Gráfico da Média de DTW em séries completas



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 69: Paciente I – Gráfico da Média de DTW em séries do mesmo tamanho



Fonte: Elaborado pelo autor.

Os percentuais médios de aumento na similaridade dos movimentos obtidos foram:

- Distância Euclidiana: 34,82% (Tabela 139);
- DTW séries completas: 53,28% (Tabela 140);
- DTW séries do mesmo tamanho: 46,38% (Tabela 141).

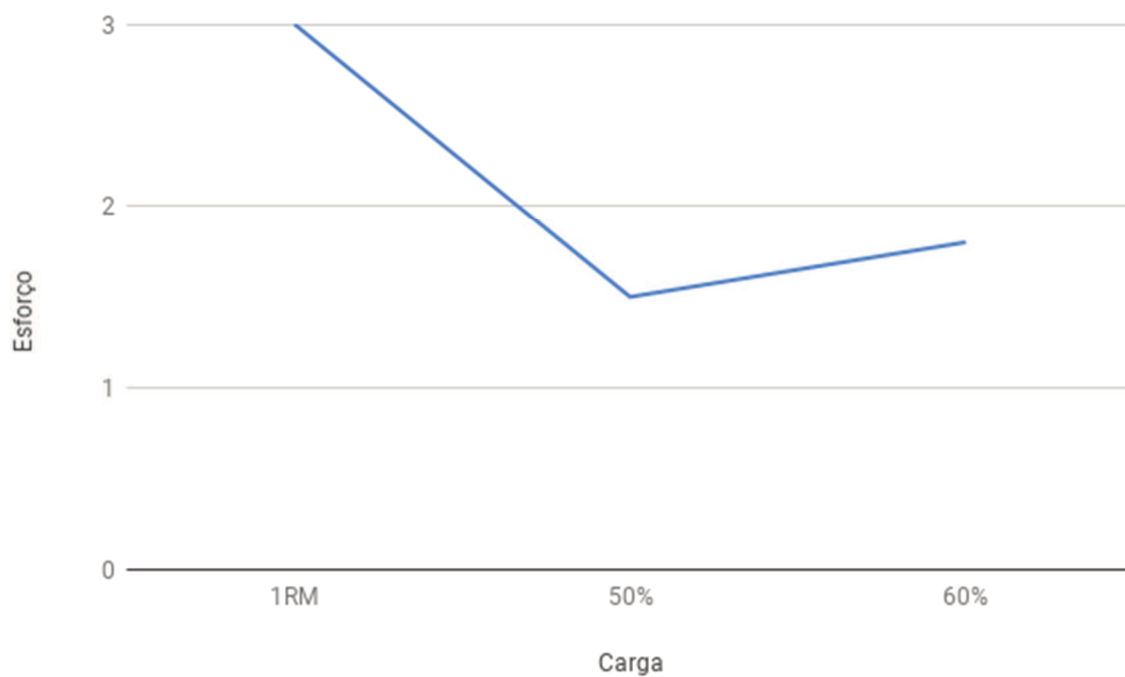
Os resultados obtidos a partir do acompanhamento dos exercícios e registro das percepções de esforço do paciente são apresentados na Tabela 142.

Tabela 142: Paciente I - Registro de carga e escala de Borg

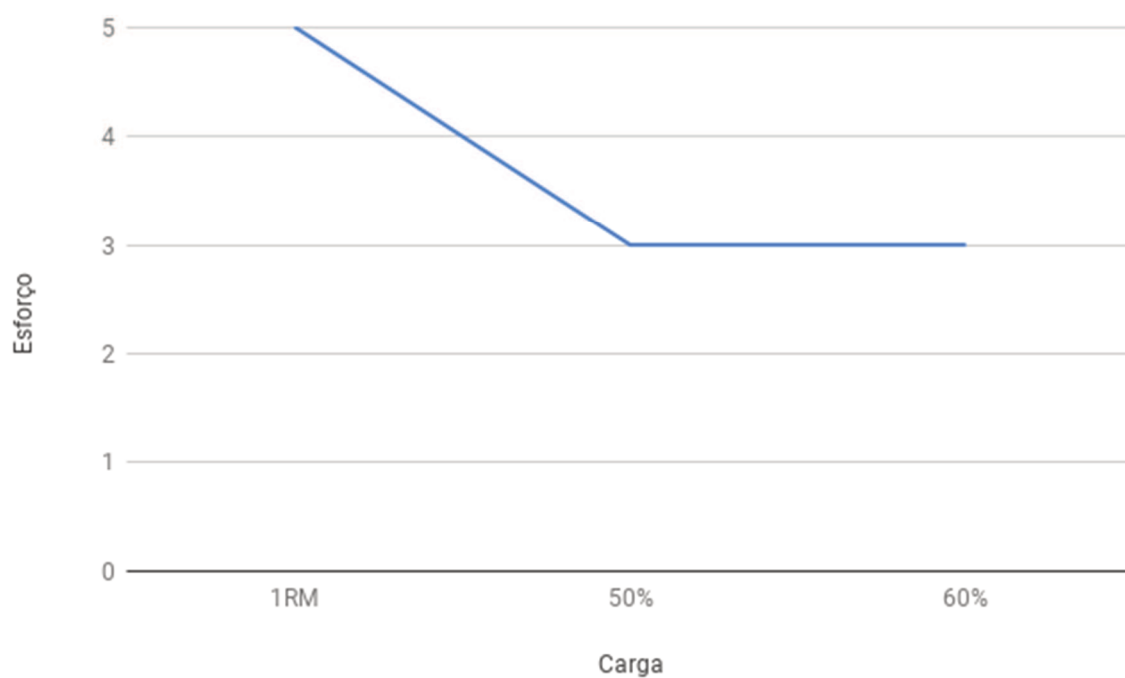
Exercício	Série	Carga Máxima		Cargas de Treinamento							
		Inicial		Iniciante		Intermediário		Avançado I		Avançado II	
		1RM	Borg	50%	Borg	60%	Borg	70%	Borg	80%	Borg
Roldana Alta	2x10	4	5	2	3	2,4	3	2,8	3	3,2	3

Fonte: Elaborado pelo autor.

As figuras 70 e 71 demonstram respectivamente a evolução das cargas utilizadas e do esforço do paciente. Ao longo do programa de reabilitação o paciente

Figura 70: Paciente I - Gráfico de cargas utilizadas no programa de reabilitação

Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 71: Paciente I - Gráfico de esforço do paciente

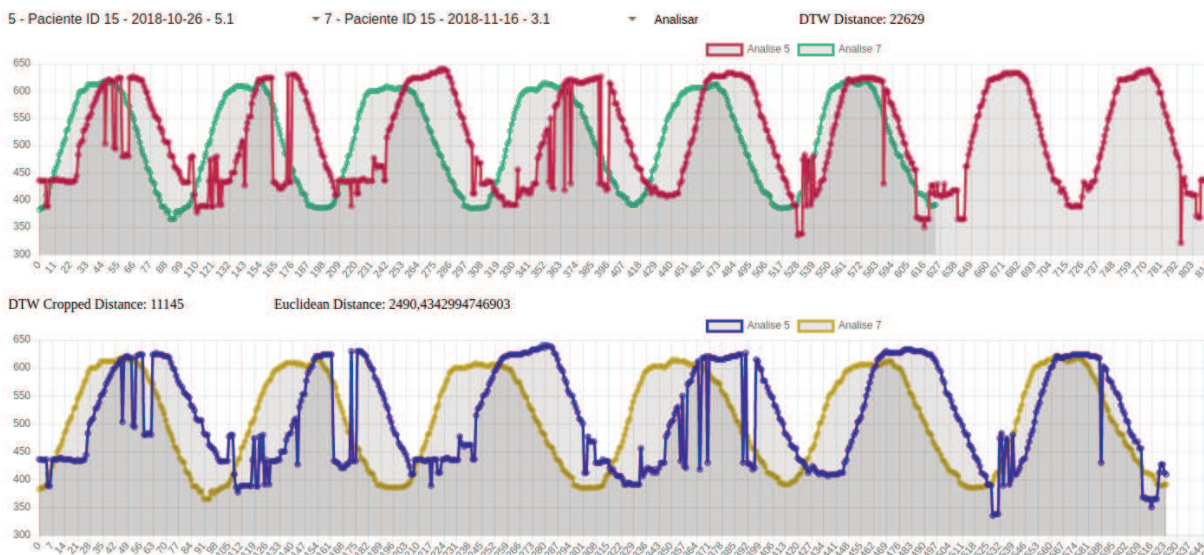
Fonte: Elaborado pelo autor.

Com base nos resultados obtidos do modelo e no programa de reabilitação, é possível observar que o paciente teve boa resistência aos exercícios em todas as sessões, com uma avaliação de esforço constante mesmo com o aumento de carga. O paciente teve melhora também na execução dos exercícios, com um percentual de aumento de similaridade de 34,82% calculados a partir do algoritmo de distância euclidiana, 53,28% utilizando DTW em séries temporais completas e 46,38% em séries com o mesmo tamanho.

6.2.4.10 Paciente J

O paciente teve seus exercícios registrados nos dias 14/09/2018, 17/09/2018, 26/10/2018 e 16/11/2018. A Figura 72 demonstra uma das análises do paciente registradas de forma gráfica. A parte superior da figura representa a série temporal completa e a inferior um recorte de tempo, necessário para o cálculo de distância euclidiana. Na imagem as curvas nas cores vermelho e azul representam o movimento realizado pelo paciente no dia 26/10/2018, enquanto as curvas verde e amarelo representam o movimento no dia 16/11/2018. Os eixos x e y representam o número do quadro analisado e a coordenada y do ponto-chave detectado, respectivamente.

Figura 72: Representação gráfica de análise do Paciente J



Fonte: Elaborado pelo autor.

Mesmo sendo possível observar a tendência de comportamento das curvas, é possível também perceber que alguns ruídos prejudicaram as análises deste paciente. As tabelas a seguir detalham os resultados.

Tabela 143: Paciente J – Cotovelo Direito – Distância Euclidiana em séries de mesmo tamanho

Dia	14/set	17/set	26/out	16/nov
14/set	0	4523,568834	4475,107596	3914,667291
17/set	x	0	4282,438908	4221,445605
26/out	x	x	0	2978,780119
16/nov	x	x	x	0

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 144: Paciente J – Cotovelo Direito – DTW em séries completas

Dia	14/set	17/set	26/out	16/nov
14/set	0	51901	33852	53342
17/set	x	0	51982	58044
26/out	x	x	0	24615
16/nov	x	x	x	0

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 145: Paciente J – Cotovelo Direito – DTW em séries de mesmo tamanho

Dia	14/set	17/set	26/out	16/nov
14/set	0	43397	29958	37661
17/set	x	0	45112	40216
26/out	x	x	0	14054
16/nov	x	x	x	0

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 146: Paciente J – Cotovelo Esquerdo – Distância Euclidiana em séries de mesmo tamanho

Dia	14/set	17/set	26/out	16/nov
14/set	0	6529,4924	4216,560802	3532,130519
17/set	x	0	6206,084998	5601,843447
26/out	x	x	0	2490,434299
16/nov	x	x	x	0

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 147: Paciente J – Cotovelo Esquerdo – DTW em séries completas

Dia	14/set	17/set	26/out	16/nov
14/set	0	94862	40350	54610
17/set	x	0	68795	68076
26/out	x	x	0	22629
16/nov	x	x	x	0

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 148: Paciente J – Cotovelo Esquerdo – DTW em séries de mesmo tamanho

Dia	14/set	17/set	26/out	16/nov
14/set	0	78083	36313	38680
17/set	x	0	63632	63010
26/out	x	x	0	11145
16/nov	x	x	x	0

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 149: Paciente J – Punho Direito – Distância Euclidiana em séries de mesmo tamanho

Dia	14/set	17/set	26/out	16/nov
14/set	0	5766,07154	4920,157315	4923,910336
17/set	x	0	5691,215951	5805,776348
26/out	x	x	0	3409,331459
16/nov	x	x	x	0

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 150: Paciente J – Punho Direito – DTW em séries completas

Dia	14/set	17/set	26/out	16/nov
14/set	0	60400	45877	57321
17/set	x	0	67087	74716
26/out	x	x	0	27861
16/nov	x	x	x	0

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 151: Paciente J – Punho Direito – DTW em séries de mesmo tamanho

Dia	14/set	17/set	26/out	16/nov
14/set	0	60314	41616	42994
17/set	x	0	62295	55083
26/out	x	x	0	17304
16/nov	x	x	x	0

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 152: Paciente J – Punho Esquerdo – Distância Euclidiana em séries de mesmo tamanho

Dia	14/set	17/set	26/out	16/nov
14/set	0	7211,57826	4707,55393	4484,799884
17/set	x	0	7395,547241	6949,401917
26/out	x	x	0	2957,31652
16/nov	x	x	x	0

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 153: Paciente J – Punho Esquerdo – DTW em séries completas

Dia	14/set	17/set	26/out	16/nov
14/set	0	113326	47004	59283
17/set	x	0	100301	104571
26/out	x	x	0	26064
16/nov	x	x	x	0

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 154: Paciente J – Punho Esquerdo – DTW em séries de mesmo tamanho

Dia	14/set	17/set	26/out	16/nov
14/set	0	118327	43217	45684
17/set	x	0	108487	101205
26/out	x	x	0	13627
16/nov	x	x	x	0

Fonte: Elaborado pelo autor.

Os percentuais de similaridade dos movimentos obtidos nas análises realizadas foram:

- Cotovelo Direito – Distância Euclidiana: 37,56% (Tabela 143);
- Cotovelo Direito – DTW séries completas: 60,08% (Tabela 144);
- Cotovelo Direito – DTW séries do mesmo tamanho: 50,58% (Tabela 145);
- Cotovelo Esquerdo – Distância Euclidiana: 34,73% (Tabela 146);
- Cotovelo Esquerdo – DTW séries completas: 61,25% (Tabela 147);
- Cotovelo Esquerdo – DTW séries do mesmo tamanho: 49,98% (Tabela 148);
- Punho Direito – Distância Euclidiana: 32,24% (Tabela 149);
- Punho Direito – DTW séries completas: 44,04% (Tabela 150);
- Punho Direito – DTW séries do mesmo tamanho: 36,13% (Tabela 151);
- Punho Esquerdo – Distância Euclidiana: 34,88% (Tabela 152);
- Punho Esquerdo – DTW séries completas: 38,65% (Tabela 153);
- Punho Esquerdo – DTW séries do mesmo tamanho: 46,28% (Tabela 154).

Os resultados obtidos na análise das detecções do paciente J demonstram divergências significativas nas sessões. As Tabelas 155, 156 e 157 detalham a média entre as distâncias calculadas em todos os pontos-chave avaliados.

Tabela 155: Paciente J – Média da Distância Euclidiana em séries do mesmo tamanho

Dia	14/set	17/set	26/out	16/nov
14/set	0	6007,677758	4579,844911	4213,877007
17/set	0	0	5893,821775	5644,616829
26/out	0	0	0	2958,9656
16/nov	0	0	0	0

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 156: Paciente J – Média de DTW em séries completas

Dia	14/set	17/set	26/out	16/nov
14/set	0	80122,25	41770,75	56139
17/set	0	0	72041,25	76351,75
26/out	0	0	0	25292,25
16/nov	0	0	0	0

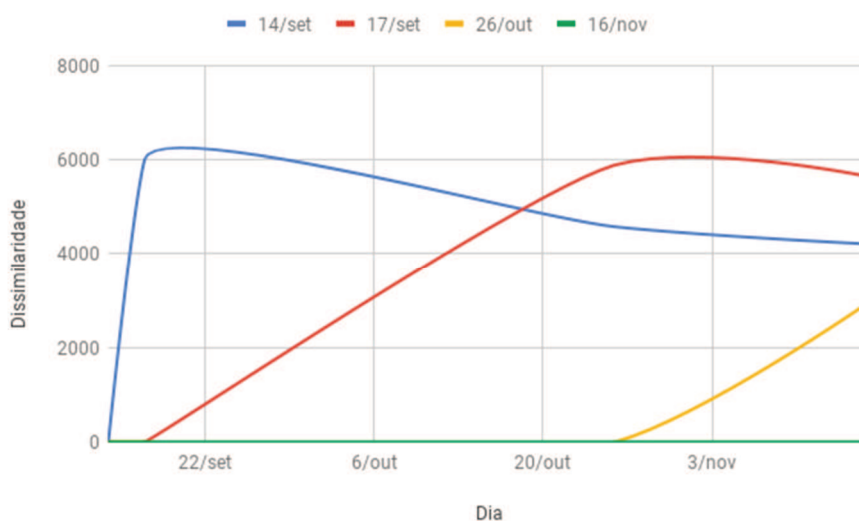
Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 157: Paciente J – Média de DTW em séries do mesmo tamanho

Dia	14/set	17/set	26/out	16/nov
14/set	0	75030,25	37776	41254,75
17/set	0	0	69881,5	64878,5
26/out	0	0	0	14032,5
16/nov	0	0	0	0

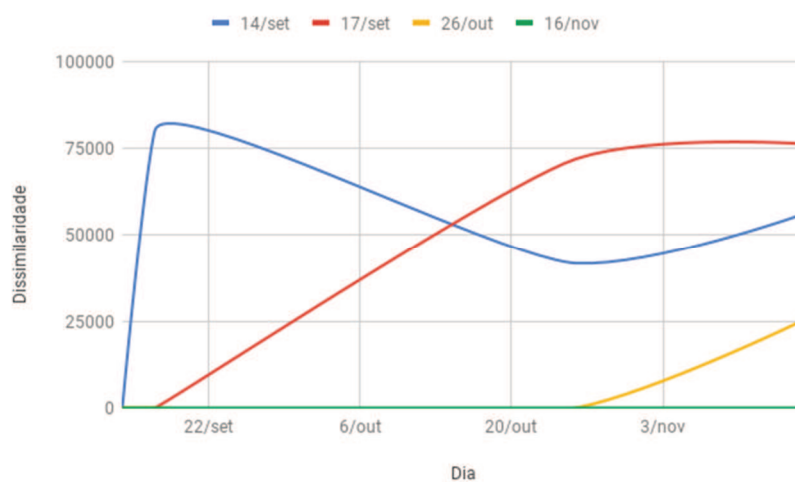
Fonte: Elaborado pelo autor.

As Figuras 73, 74 e 75 ilustram o resultado da média das análises em todos os pontos-chave do paciente J.

Figura 73: Paciente J – Gráfico da Média da Distância Euclidiana em séries do mesmo tamanho

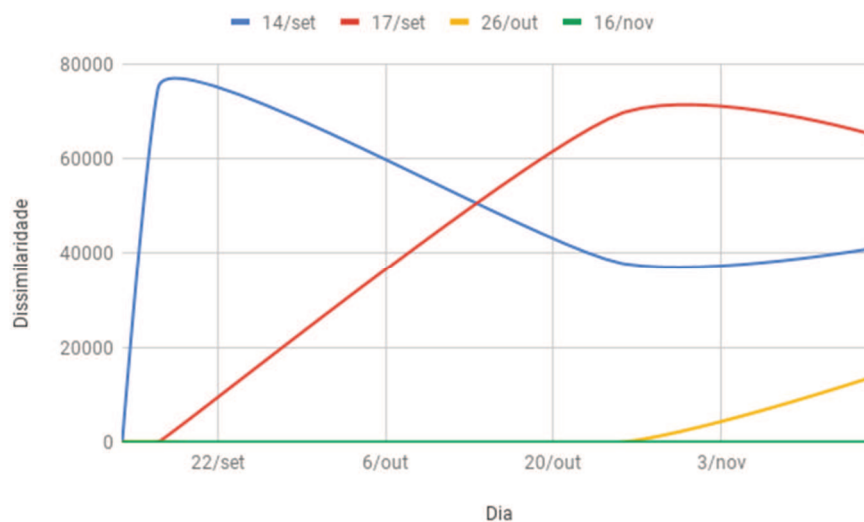
Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 74: Paciente J – Gráfico da Média de DTW em séries completas



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 75: Paciente J – Gráfico da Média de DTW em séries do mesmo tamanho



Fonte: Elaborado pelo autor.

A média do aumento de similaridade obtida com cada um dos cálculos foi:

- Distância Euclidiana: 50,75% (Tabela 73);
- DTW séries completas: 68,43% (Tabela 74);
- DTW séries do mesmo tamanho: 81,30% (Tabela 75).

Os resultados obtidos no acompanhamento dos exercícios e registro de esforço do paciente utilizando a escala de Borg foram os descritos na Tabela 158.

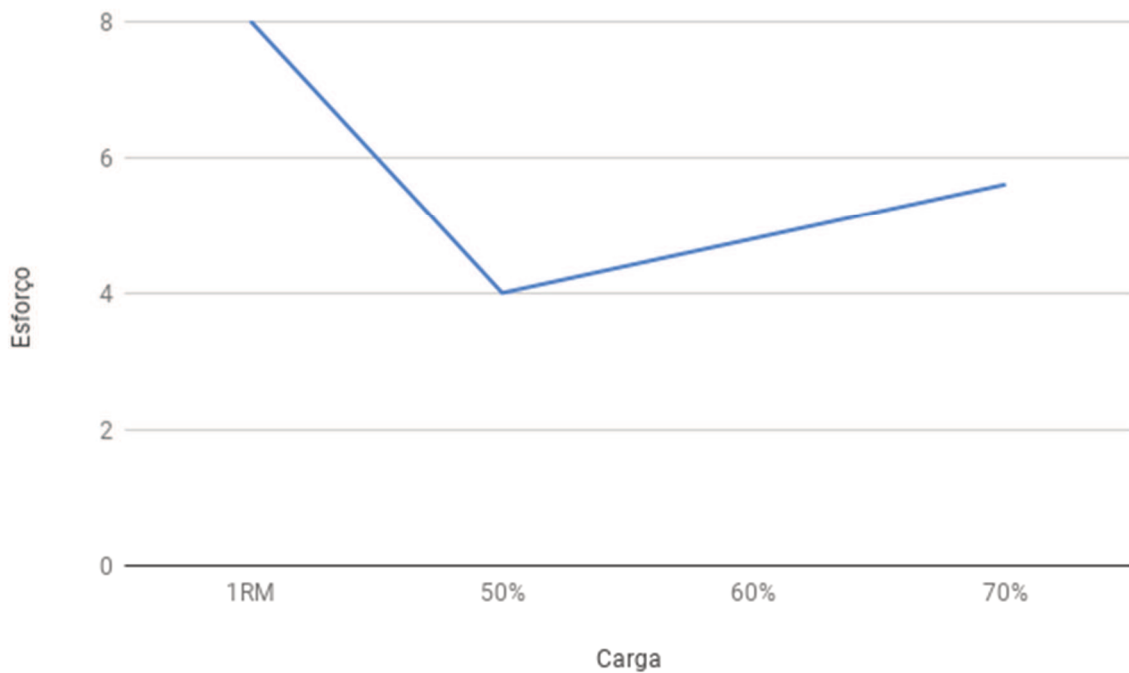
Tabela 158: Paciente J - Registro de carga e escala de Borg

Exercício	Série	Carga Máxima		Cargas de Treinamento					
		Inicial		Iniciante		Intermediário		Avançado I	
		1RM	Borg	50%	Borg	60%	Borg	70%	Borg
Roldana Alta	2x10	8	3	4	3	4,8	3	5,6	2

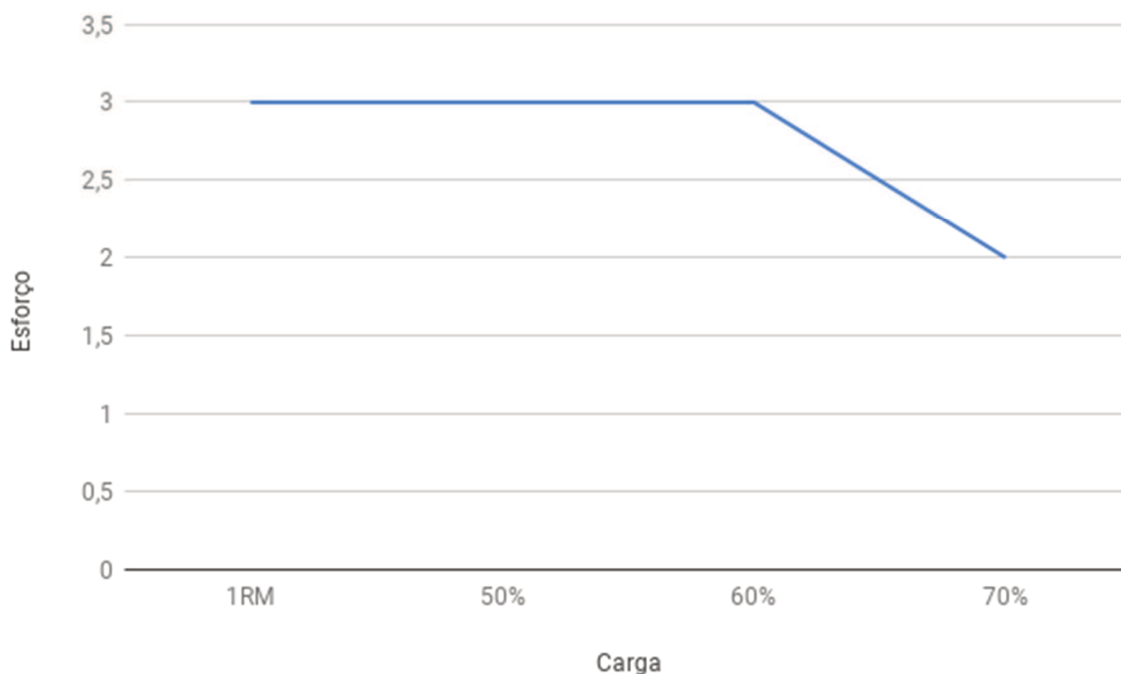
Fonte: Elaborado pelo autor.

As figuras 76 e 77 demonstram a evolução do paciente. Mesmo com um nível inicial com carga maior que os demais pacientes, este demonstrou um bom progresso ao observar os resultados do programa de reabilitação. Como o paciente não completou o programa durante o período de amostragem, não foi possível registrar seu progresso no nível Avançado II.

Figura 76: Paciente J - Gráfico de cargas utilizadas no programa de reabilitação



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 77: Paciente J - Gráfico de esforço do paciente

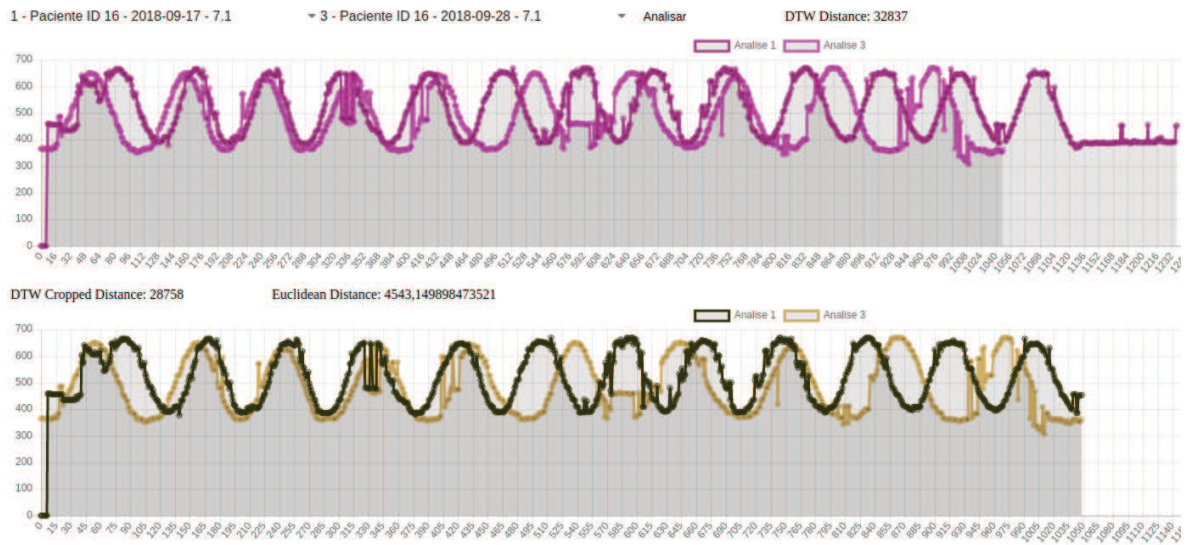
Fonte: Elaborado pelo autor.

Os resultados obtidos nas análises do programa de reabilitação mostram que o paciente tem boa resistência aos exercícios, melhorando suas avaliações de esforço ao longo das sessões. As avaliações realizadas pelo MAETF também resultaram em melhorias, mas devido aos ruídos registrados, os percentuais estão aquém dos resultados de outros pacientes.

6.2.4.11 Paciente K

O paciente teve seus exercícios registrados nos dias 17/09/2018, 28/09/2018, 26/10/2018 e 16/11/2018. A Figura 78 demonstra uma das análises do paciente registradas de forma gráfica. A parte superior da figura representa a série temporal completa e a inferior um recorte de tempo, necessário para o cálculo de distância euclidiana. Na imagem superior, as duas datas são representadas na cor lilás. Na imagem inferior, a curva na cor verde representa o movimento realizado pelo paciente no dia 17/09/2018, enquanto a amarela representa o movimento no dia 28/09/2018. Os eixos x e y representam o número do quadro analisado e a coordenada y do ponto-chave detectado, respectivamente.

Figura 78: Representação gráfica de análise do Paciente K



Fonte: Elaborado pelo autor.

As tabelas a seguir detalham os resultados das análises realizadas.

Tabela 159: Paciente K – Cotovelo Direito – Distância Euclidiana em séries de mesmo tamanho

Dia	17/set	28/set	26/out	16/nov
17/set	0	4256,232606	3889,828788	3290,056534
28/set	x	0	3619,746952	3806,132814
26/out	x	x	0	2016,964551
16/nov	x	x	x	0

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 160: Paciente K – Cotovelo Direito – DTW em séries completas

Dia	17/set	28/set	26/out	16/nov
17/set	0	39710	40218	47723
28/set	x	0	21057	26825
26/out	x	x	0	20149
16/nov	x	x	x	0

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 161: Paciente K – Cotovelo Direito – DTW em séries de mesmo tamanho

Dia	17/set	28/set	26/out	16/nov
17/set	0	35223	33414	25252
28/set	x	0	16382	14342
26/out	x	x	0	15778
16/nov	x	x	x	0

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 162: Paciente K – Cotovelo Esquerdo – Distância Euclidiana em séries de mesmo tamanho

Dia	17/set	28/set	26/out	16/nov
17/set	0	4367,879119	3933,279166	3460,397954
28/set	x	0	3515,64162	3794,847164
26/out	x	x	0	1913,643384
16/nov	x	x	x	0

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 163: Paciente K – Cotovelo Esquerdo – DTW em séries completas

Dia	17/set	28/set	26/out	16/nov
17/set	0	35314	42855	52455
28/set	x	0	24558	32270
26/out	x	x	0	16939
16/nov	x	x	x	0

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 164: Paciente K – Cotovelo Esquerdo – DTW em séries de mesmo tamanho

Dia	17/set	28/set	26/out	16/nov
17/set	0	29107	33097	26678
28/set	x	0	17413	18108
26/out	x	x	0	12527
16/nov	x	x	x	0

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 165: Paciente K – Punho Direito – Distância Euclidiana em séries de mesmo tamanho

Dia	17/set	28/set	26/out	16/nov
17/set	0	5261,304876	4799,450281	4415,358762
28/set	x	0	4224,742122	4509,897782
26/out	x	x	0	2388,447194
16/nov	x	x	x	0

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 166: Paciente K – Punho Direito – DTW em séries completas

Dia	17/set	28/set	26/out	16/nov
17/set	0	54210	58851	60654
28/set	x	0	20544	28310
26/out	x	x	0	21860
16/nov	x	x	x	0

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 167: Paciente K – Punho Direito – DTW em séries de mesmo tamanho

Dia	17/set	28/set	26/out	16/nov
17/set	0	51078	43995	42375
28/set	x	0	16956	15825
26/out	x	x	0	13650
16/nov	x	x	x	0

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 168: Paciente K – Punho Esquerdo – Distância Euclidiana em séries de mesmo tamanho

Dia	17/set	28/set	26/out	16/nov
17/set	0	4543,149898	4345,393078	3964,600737
28/set	x	0	3842,327159	4182,047226
26/out	x	x	0	1859,305516
16/nov	x	x	x	0

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 169: Paciente K – Punho Esquerdo – DTW em séries completas

Dia	17/set	28/set	26/out	16/nov
17/set	0	32837	38164	62790
28/set	x	0	23796	38141
26/out	x	x	0	22135
16/nov	x	x	x	0

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 170: Paciente K – Punho Esquerdo – DTW em séries de mesmo tamanho

Dia	17/set	28/set	26/out	16/nov
17/set	0	28758	32840	30645
28/set	x	0	19169	16861
26/out	x	x	0	9799
16/nov	x	x	x	0

Fonte: Elaborado pelo autor.

Com base nas tabelas apresentadas, foram calculados os percentuais de aumento na similaridade dos movimentos, conforme segue:

- Cotovelo Direito – Distância Euclidiana: 52,61% (Tabela 159);
- Cotovelo Direito – DTW séries completas: 49,26% (Tabela 160);
- Cotovelo Direito – DTW séries do mesmo tamanho: 55,20% (Tabela 161);
- Cotovelo Esquerdo – Distância Euclidiana: 56,19% (Tabela 162);
- Cotovelo Esquerdo – DTW séries completas: 52,03% (Tabela 163);
- Cotovelo Esquerdo – DTW séries do mesmo tamanho: 56,96% (Tabela 164);
- Punho Direito – Distância Euclidiana: 54,60% (Tabela 165);
- Punho Direito – DTW séries completas: 59,67% (Tabela 166);
- Punho Direito – DTW séries do mesmo tamanho: 73,28% (Tabela 167);
- Punho Esquerdo – Distância Euclidiana: 59,07% (Tabela 168);
- Punho Esquerdo – DTW séries completas: 32,59% (Tabela 169);
- Punho Esquerdo – DTW séries do mesmo tamanho: 65,93% (Tabela 170).

Utilizando tanto distância euclidiana quanto DTW nos resultados do paciente K, é possível observar um aumento na similaridade das curvas de cerca de 50%. As Tabelas 171, 172 e 173 detalham a média entre as distâncias calculadas em todos os pontos-chave desta análise.

Tabela 171: Paciente K – Média da Distância Euclidiana em séries do mesmo tamanho

Dia	17/set	28/set	26/out	16/nov
17/set	0	4607,141625	4241,987828	3782,603497
28/set	X	0	3800,614464	4073,231247
26/out	X	X	0	2044,590161
16/nov	X	X	X	0

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 172: Paciente K – Média de DTW em séries completas

Dia	17/set	28/set	26/out	16/nov
17/set	0	40517,75	45022	55905,5
28/set	X	0	22488,75	31386,5
26/out	X	X	0	20270,75
16/nov	X	X	X	0

Fonte: Elaborado pelo autor.

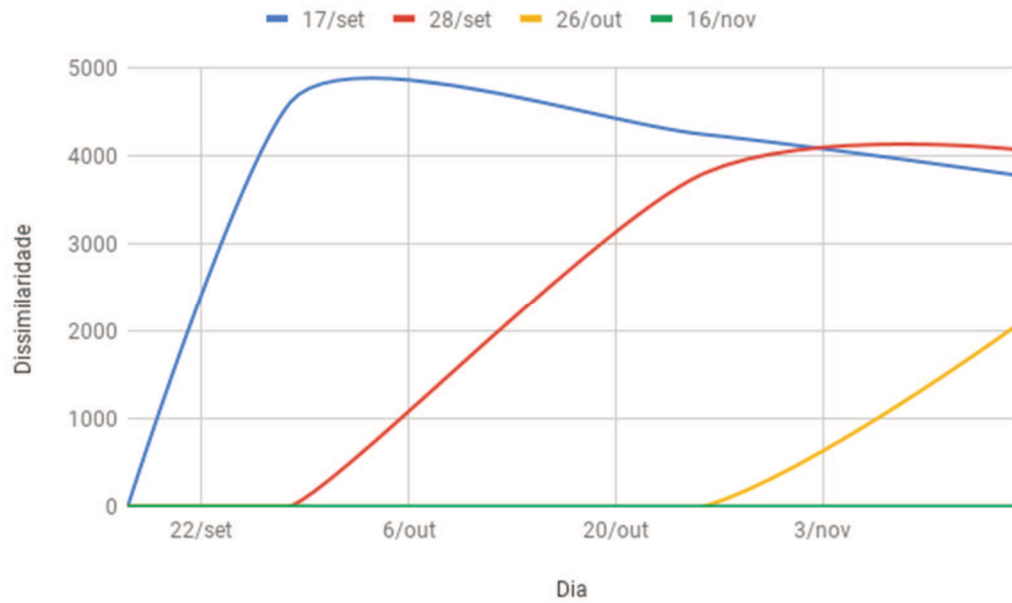
Tabela 173: Paciente K – Média de DTW em séries do mesmo tamanho

Dia	17/set	28/set	26/out	16/nov
17/set	0	36041,5	35836,5	31237,5
28/set	X	0	17480	16284
26/out	X	X	0	12938,5
16/nov	X	X	X	0

Fonte: Elaborado pelo autor.

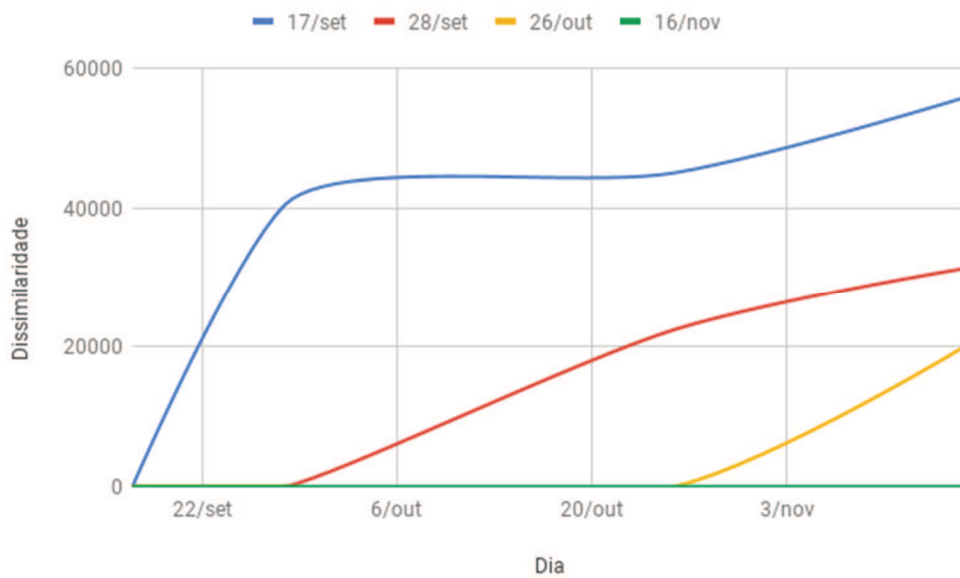
As Figuras 79, 80 e 81 ilustram o resultado da média das análises em todos os pontos-chave do paciente K.

Figura 79: Paciente K – Gráfico da Média da Distância Euclidiana em séries do mesmo tamanho

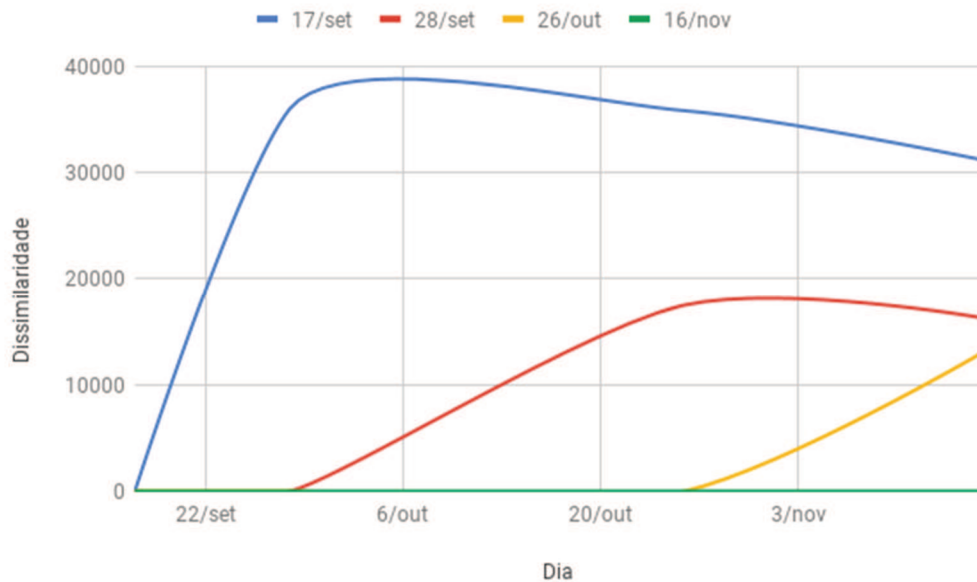


Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 80: Paciente K – Gráfico da Média de DTW em séries completas



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 81: Paciente K – Média de DTW em séries do mesmo tamanho

Fonte: Elaborado pelo autor.

A média do aumento de similaridade obtida com cada um dos cálculos foi:

- Distância Euclidiana: 55,62% (Tabela 171);
- DTW séries completas: 49,97% (Tabela 172);
- DTW séries do mesmo tamanho: 64,10% (Tabela 173);

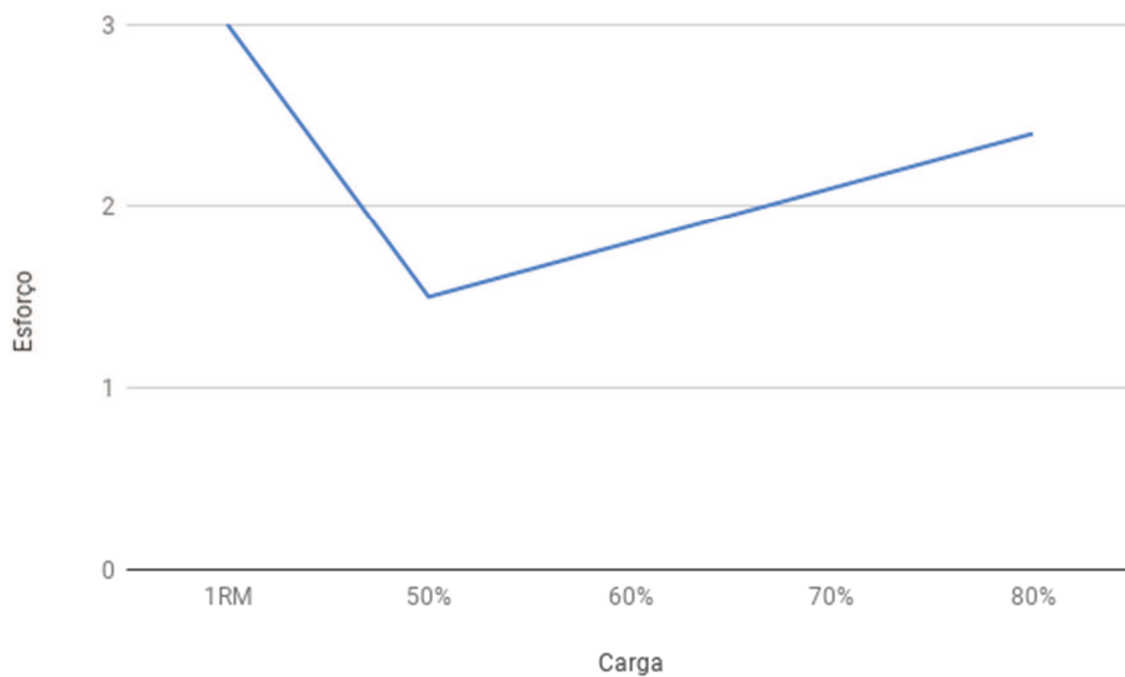
Os resultados obtidos a partir do acompanhamento dos exercícios e registro das percepções de esforço do paciente são apresentados na Tabela 174.

Tabela 174: Paciente K - Registro de carga e escala de Borg

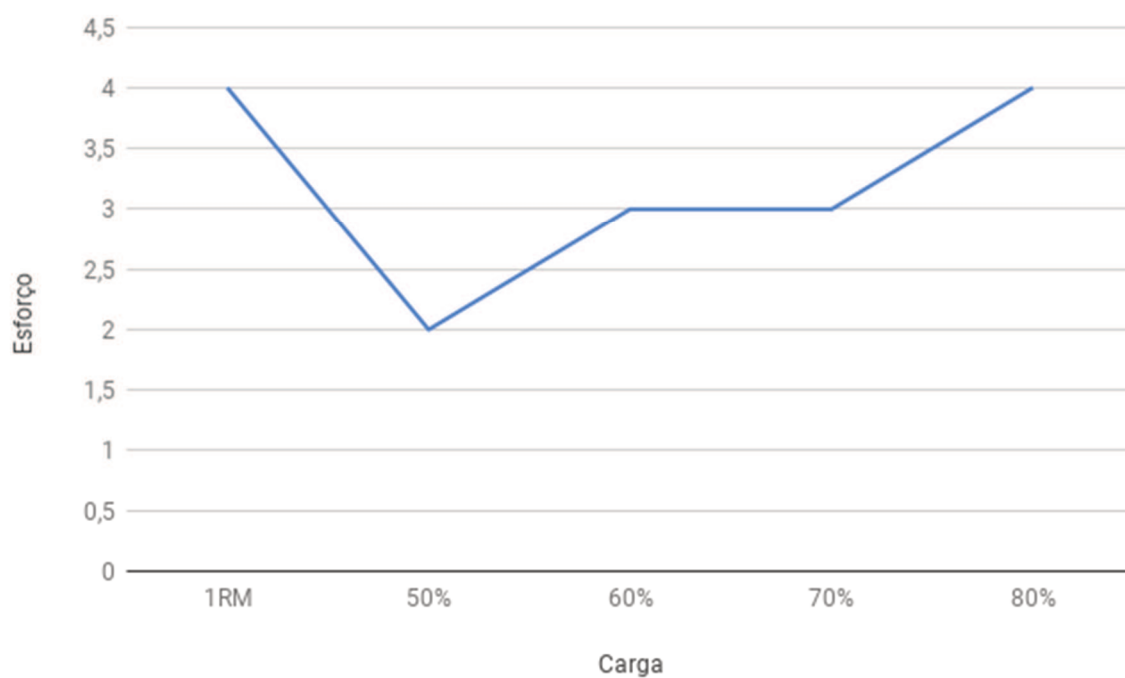
Exercício	Série	Carga Máxima		Cargas de Treinamento							
		Inicial		Iniciante		Intermediário		Avançado I		Avançado II	
		1RM	Borg	50%	Borg	60%	Borg	70%	Borg	80%	Borg
Roldana Alta	2x10	3	4	1,5	2	1,8	3	2,1	3	2,4	4

Fonte: Elaborado pelo autor.

Como é possível observar graficamente nas figuras 82 e 83, há um pico inicial de esforço, devido à atividade de avaliação de carga máxima. Com a progressão de cargas ao longo do programa pode-se perceber que o paciente teve um aumento de esforço proporcional ao aumento da carga, retornando à pontuação quatro quando a mesma chegou a 80%.

Figura 82: Paciente K - Gráfico de cargas utilizadas no programa de reabilitação

Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 83: Paciente K - Gráfico de esforço do paciente

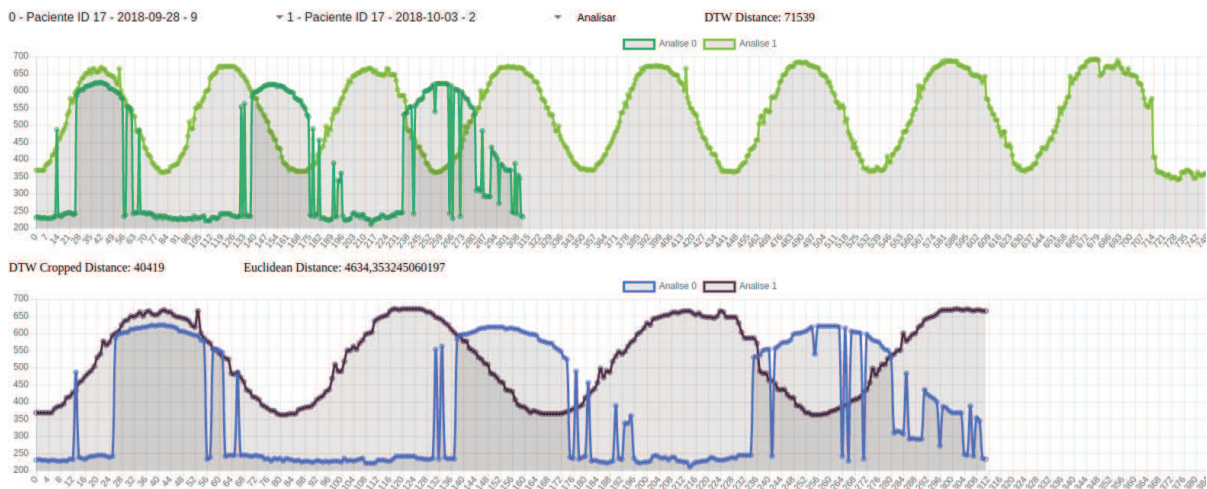
Fonte: Elaborado pelo autor.

O progresso do paciente analisado pode ser considerado pequeno ao analisar tanto o programa de reabilitação, quanto as detecções dos exercícios a partir do modelo. No primeiro o paciente não obteve melhoras significativas em sua resistência. No segundo o percentual de similaridade entre as sessões foi de cerca de 50%.

6.2.4.12 Paciente L

O paciente teve seus exercícios registrados nos dias 28/09/2018 e 03/10/2018. A Figura 84 demonstra uma das análises do paciente registradas de forma gráfica. A parte superior da figura representa a série temporal completa e a inferior um recorte de tempo, necessário para o cálculo de distância euclidiana. Na imagem superior, as duas datas são representadas na cor verde. Na imagem inferior, a curva na cor azul representa o movimento realizado pelo paciente no dia 28/09/2018, enquanto a roxa representa o movimento no dia 10/03/2018. Os eixos x e y representam o número do quadro analisado e a coordenada y do ponto-chave detectado, respectivamente.

Figura 84: Representação gráfica de análise do Paciente L



Fonte: Elaborado pelo autor.

Há duas inconformidades na análise do paciente L. O paciente participou de apenas duas sessões e os vídeos tinham ruídos que afetaram as detecções. Desta forma, a análise foi realizada, mas sua acuracidade é reduzida.

As tabelas a seguir detalham os resultados das análises realizadas.

Tabela 175: Paciente L – Cotovelo Direito – Distância Euclidiana em séries de mesmo tamanho

Dia	28/set	3/out
28/set	0	4397,385132
3/out	x	0

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 176: Paciente L – Cotovelo Direito – DTW em séries completas

Dia	28/set	3/out
28/set	0	67781
3/out	x	0

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 177: Paciente L – Cotovelo Direito – DTW em séries de mesmo tamanho

Dia	28/set	3/out
28/set	0	41910
3/out	x	0

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 178: Paciente L – Cotovelo Esquerdo – Distância Euclidiana em séries de mesmo tamanho

Dia	28/set	3/out
28/set	0	4054,400819
3/out	x	0

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 179: Paciente L – Cotovelo Esquerdo – DTW em séries completas

Dia	28/set	3/out
28/set	0	60609
3/out	x	0

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 180: Paciente L – Cotovelo Esquerdo – DTW em séries de mesmo tamanho

Dia	28/set	3/out
28/set	0	32221
3/out	x	0

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 181: Paciente L – Punho Direito – Distância Euclidiana em séries de mesmo tamanho

Dia	28/set	3/out
28/set	0	4634,353245
3/out	x	0

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 182: Paciente L – Punho Direito – DTW em séries completas

Dia	28/set	3/out
28/set	0	71539
3/out	x	0

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 183: Paciente L – Punho Direito – DTW em séries de mesmo tamanho

Dia	28/set	3/out
28/set	0	40419
3/out	x	0

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 184: Paciente L – Punho Esquerdo – Distância Euclidiana em séries de mesmo tamanho

Dia	28/set	3/out
28/set	0	2834,349661
3/out	x	0

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 185: Paciente L – Punho Esquerdo – DTW em séries completas

Dia	28/set	3/out
28/set	0	44772
3/out	x	0

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 186: Paciente L – Punho Esquerdo – DTW em séries de mesmo tamanho

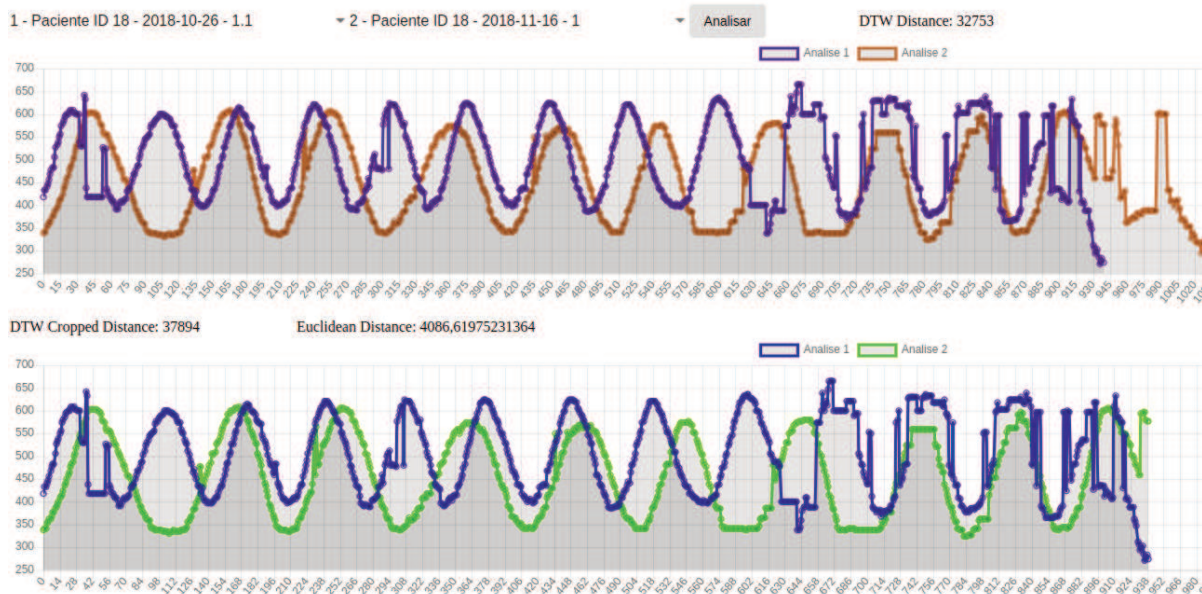
Dia	28/set	3/out
28/set	0	17514
3/out	x	0

Fonte: Elaborado pelo autor.

Não foi possível determinar aumento ou aproximação no grau de similaridade entre os movimentos. Como o paciente participou apenas das sessões do nível Iniciante, também não foi possível avaliar o progresso no programa de reabilitação.

6.2.4.13 Paciente M

O paciente teve seus exercícios registrados nos dias 26/10/2018 e 16/11/2018. A Figura 85 demonstra uma das análises do paciente registradas de forma gráfica. A parte superior da figura representa a série temporal completa e a inferior um recorte de tempo, necessário para o cálculo de distância euclidiana. Na imagem as curvas na cor azul representam o movimento realizado pelo paciente no dia 26/10/2018, enquanto as curvas marrom e verde representam o movimento no dia 16/11/2018. Os eixos x e y representam o número do quadro analisado e a coordenada y do ponto-chave detectado, respectivamente.

Figura 85: Representação gráfica de análise do Paciente M

Fonte: Elaborado pelo autor.

O paciente M participou de apenas duas sessões, o que deixa a análise menos clara e precisa. As tabelas a seguir detalham os resultados das análises realizadas.

Tabela 187: Paciente M – Cotovelo Direito – Distância Euclidiana em séries de mesmo tamanho

Dia	26/out	16/nov
26/out	0	3333,631353
16/nov	x	0

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 188: Paciente M – Cotovelo Direito – DTW em séries completas

Dia	26/out	16/nov
26/out	0	22259
16/nov	x	0

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 189: Paciente M – Cotovelo Direito – DTW em séries de mesmo tamanho

Dia	26/out	16/nov
26/out	0	27085
16/nov	x	0

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 190: Paciente M – Cotovelo Esquerdo – Distância Euclidiana em séries de mesmo tamanho

Dia	26/out	16/nov
26/out	0	3225,449736
16/nov	x	0

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 191: Paciente M – Cotovelo Esquerdo – DTW em séries completas

Dia	26/out	16/nov
26/out	0	29861

16/nov		x		0
--------	--	---	--	---

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 192: Paciente M – Cotovelo Esquerdo – DTW em séries de mesmo tamanho

Dia	26/out	16/nov
26/out	0	29650
16/nov	x	0

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 193: Paciente M – Punho Direito – Distância Euclidiana em séries de mesmo tamanho

Dia	26/out	16/nov
26/out	0	3919,094156
16/nov	x	0

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 194: Paciente M – Punho Direito – DTW em séries completas

Dia	26/out	16/nov
26/out	0	27346
16/nov	x	0

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 195: Paciente M – Punho Direito – DTW em séries de mesmo tamanho

Dia	26/out	16/nov
26/out	0	31651
16/nov	x	0

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 196: Paciente M – Punho Esquerdo – Distância Euclidiana em séries de mesmo tamanho

Dia	26/out	16/nov
26/out	0	4086,619752
16/nov	x	0

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 197: Paciente M – Punho Esquerdo – DTW em séries completas

Dia	26/out	16/nov
26/out	0	32753
16/nov	x	0

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 198: Paciente M – Punho Esquerdo – DTW em séries de mesmo tamanho

Dia	26/out	16/nov
26/out	0	37894
16/nov	x	0

Fonte: Elaborado pelo autor.

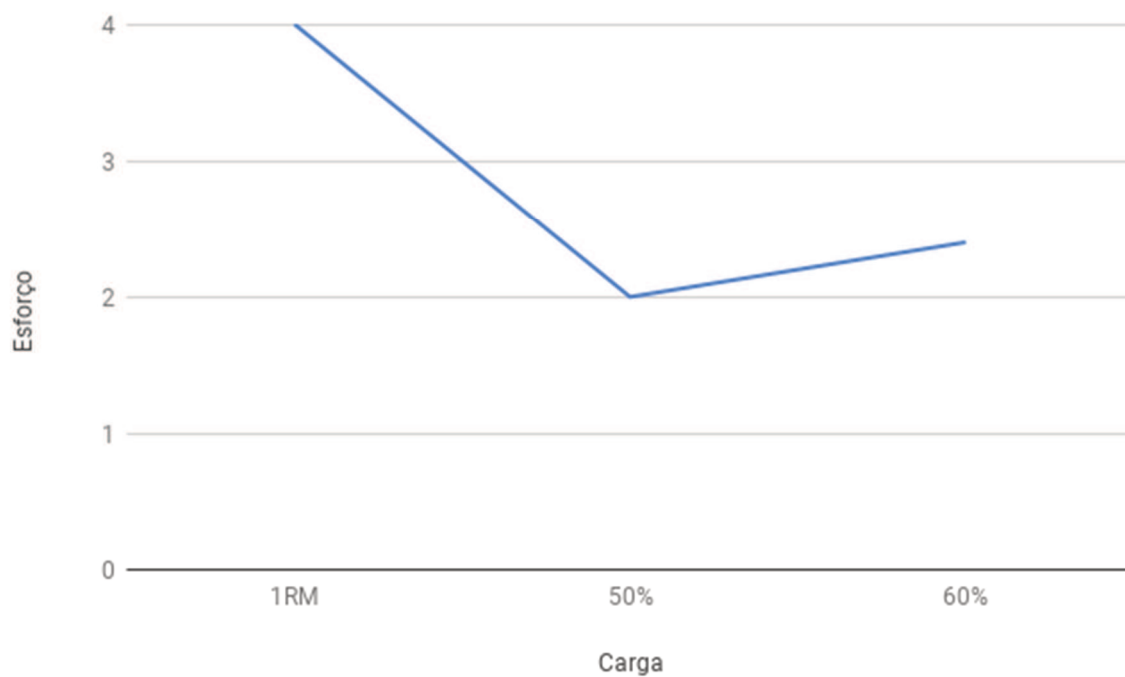
Não foi possível determinar aumento ou aproximação no grau de similaridade entre os movimentos. Os resultados obtidos a partir do acompanhamento dos exercícios e registro das percepções subjetivas do paciente utilizando a escala de Borg foram as descritos na Tabela 199.

Tabela 199: Paciente M - Registro de carga e escala de Borg

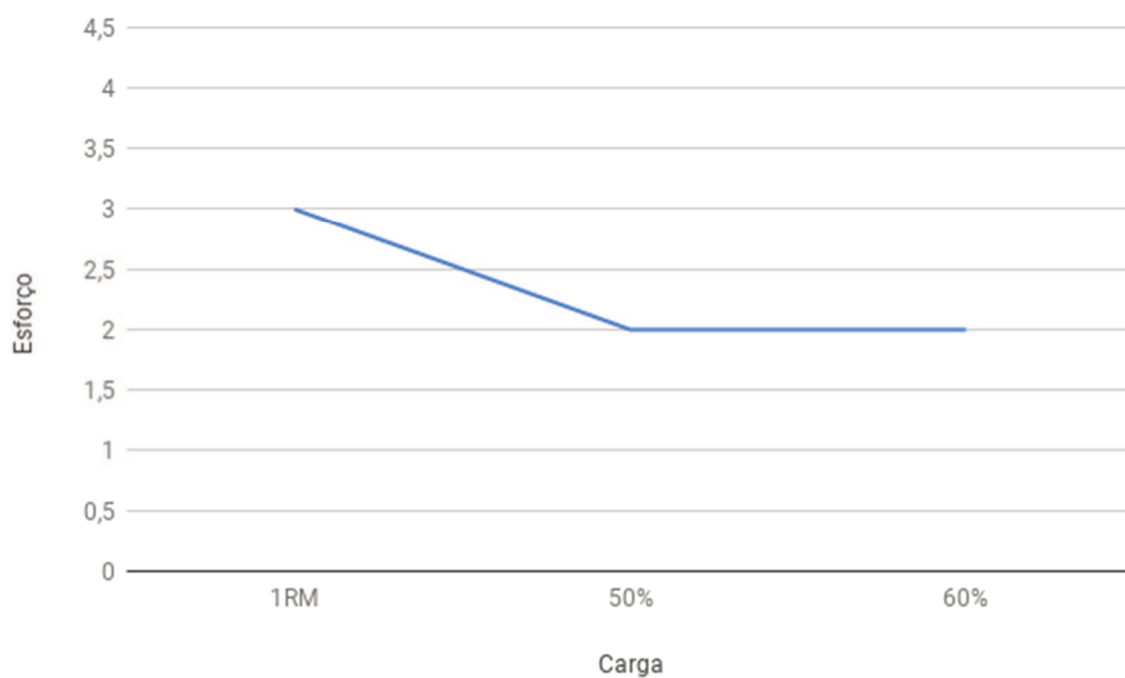
Exercício	Série	Carga Máxima		Cargas de Treinamento			
		Inicial		Iniciante		Intermediário	
		1RM	Borg	50%	Borg	60%	Borg
Roldana Alta	2x10	4	3	2	2	2,4	2

Fonte: Elaborado pelo autor.

Como é possível observar graficamente nas figuras 86 e 87, há um pico inicial de carga, seguido de uma avaliação de esforço baixa constante.

Figura 86: Paciente M - Gráfico de cargas utilizadas no programa de reabilitação

Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 87: Paciente M - Gráfico de esforço do paciente

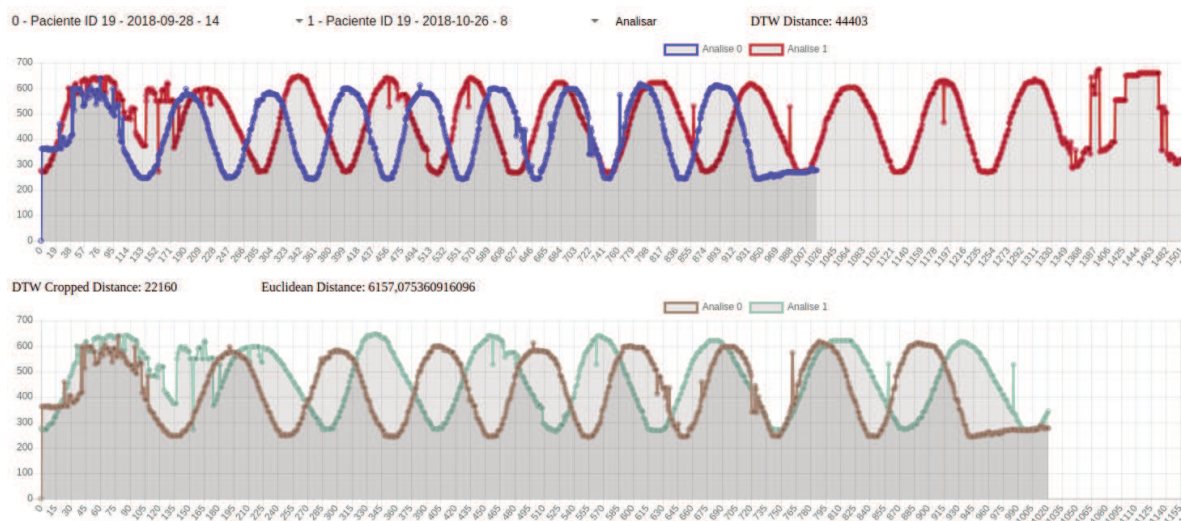
Fonte: Elaborado pelo autor.

Nesta análise pode-se destacar uma pequena melhora na resistência do paciente, mas como o mesmo não completou o programa durante o período de amostragem, não foi possível registrar seu progresso nos níveis Avançado I e Avançado II. Com dados de detecção de apenas uma sessão, também não foi possível determinar o percentual de similaridade dos exercícios ao longo do programa de reabilitação.

6.2.4.14 Paciente N

O paciente teve seus exercícios registrados nos dias 28/09/2018 e 26/10/2018. A Figura 88 demonstra uma das análises do paciente registradas de forma gráfica. A parte superior da figura representa a série temporal completa e a inferior um recorte de tempo, necessário para o cálculo de distância euclidiana. Na imagem as curvas nas cores azul e marrom representam o movimento realizado pelo paciente no dia 28/09/2018, enquanto as curvas vermelho e verde representam o movimento no dia 26/10/2018. Os eixos x e y representam o número do quadro analisado e a coordenada y do ponto-chave detectado, respectivamente.

Figura 88: Representação gráfica de análise do Paciente N



Fonte: Elaborado pelo autor.

O paciente N participou de apenas duas sessões, o que deixa a análise menos clara e precisa. As tabelas a seguir detalham os resultados das análises realizadas.

Tabela 200: Paciente N – Cotovelo Direito – Distância Euclidiana em séries de mesmo tamanho

Dia	28/set	26/out
28/set	0	5189,974566
26/out	x	0

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 201: Paciente N – Cotovelo Direito – DTW em séries completas

Dia	28/set	26/out
28/set	0	31459
26/out	x	0

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 202: Paciente N – Cotovelo Direito – DTW em séries de mesmo tamanho

Dia	28/set	26/out
28/set	0	17881
26/out	x	0

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 203: Paciente N – Cotovelo Esquerdo – Distância Euclidiana em séries de mesmo tamanho

Dia	28/set	26/out
28/set	0	5028,212406
26/out	x	0

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 204: Paciente N – Cotovelo Esquerdo – DTW em séries completas

Dia	28/set	26/out
28/set	0	32846
26/out	x	0

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 205: Paciente N – Cotovelo Esquerdo – DTW em séries de mesmo tamanho

Dia	28/set	26/out
28/set	0	16650
26/out	x	0

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 206: Paciente N – Punho Direito – Distância Euclidiana em séries de mesmo tamanho

Dia	28/set	26/out
28/set	0	6157,075361
26/out	x	0

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 207: Paciente N – Punho Direito – DTW em séries completas

Dia	28/set	26/out
28/set	0	44403
26/out	x	0

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 208: Paciente N – Punho Direito – DTW em séries de mesmo tamanho

Dia	28/set	26/out
28/set	0	22160
26/out	x	0

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 209: Paciente N – Punho Esquerdo – Distância Euclidiana em séries de mesmo tamanho

Dia	28/set	26/out
28/set	0	5553,550126
26/out	x	0

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 210: Paciente N – Punho Esquerdo – DTW em séries completas

Dia	28/set	26/out
28/set	0	37562
26/out	x	0

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 211: Paciente N – Punho Esquerdo – DTW em séries de mesmo tamanho

Dia	28/set	26/out
28/set	0	16537
26/out	x	0

Fonte: Elaborado pelo autor.

Não foi possível obter para este paciente os resultados de percentuais de evolução, pois o mesmo compareceu em poucas sessões e teve as atividades registradas em apenas dois dias. Os resultados obtidos a partir do acompanhamento dos exercícios e registro das percepções subjetivas do paciente utilizando a escala de Borg foram os descritos na Tabela 212.

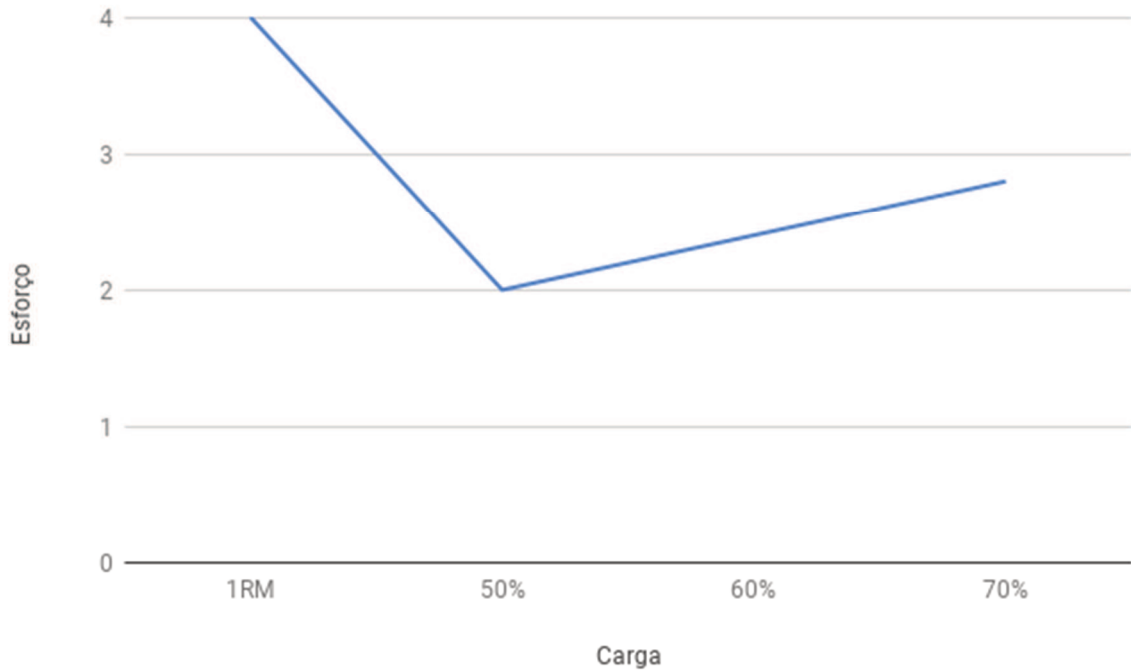
Tabela 212: Paciente N - Registro de carga e escala de Borg

Exercício	Série	Carga Máxima		Cargas de Treinamento					
		Inicial		Iniciante		Intermediário		Avançado I	
		1RM	Borg	50%	Borg	60%	Borg	70%	Borg
Roldana Alta	2x10	4	5	2	3	2,4	3	2,8	3

Fonte: Elaborado pelo autor.

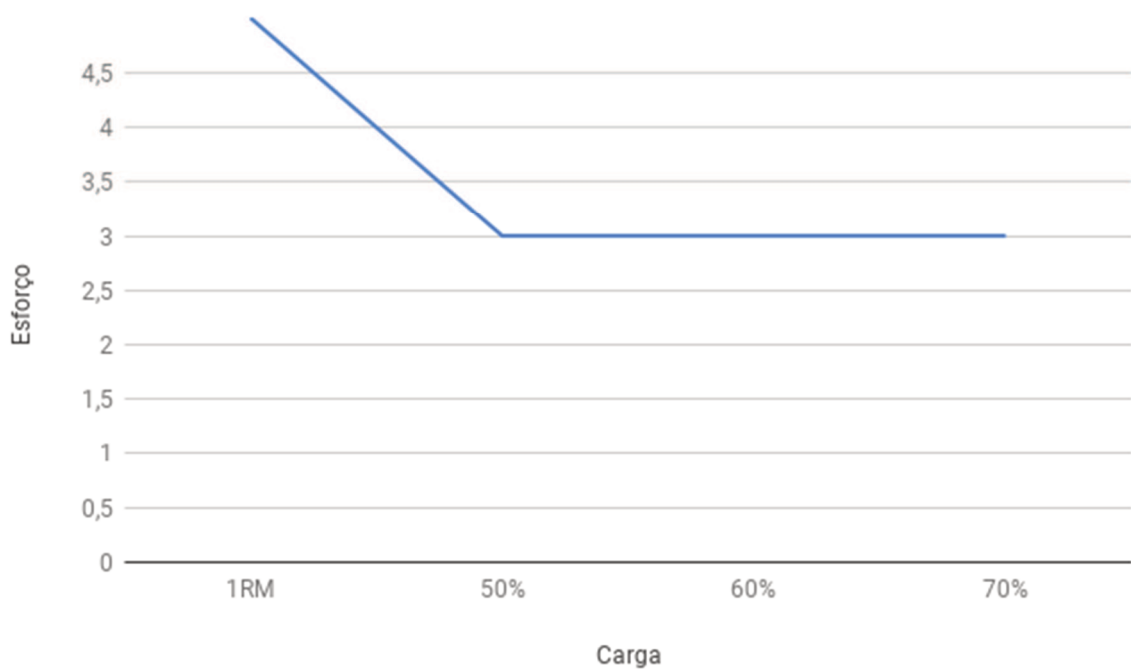
As figuras 89 e 90 demonstram que o paciente obteve bons resultados quanto à redução de esforço, pois após o pico inicial de esforço com a carga máxima, mesmo com o aumento gradual de carga os resultados das avaliações da escala de Borg mantiveram-se em três.

Figura 89: Paciente N - Gráfico de cargas utilizadas no programa de reabilitação



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 90: Paciente N - Gráfico de esforço do paciente



Fonte: Elaborado pelo autor.

Este resultado demonstra a melhora do paciente, mas como o mesmo não completou o programa durante o período de acompanhamento deste estudo, não foi possível prosseguir com as análises.

6.2.5 Análise dos Resultados

Os resultados obtidos a partir da implementação do modelo MAETF foram analisados individualmente, devido às variáveis exclusivas de cada paciente (altura, envergadura, idade, estágio em que o paciente se encontra em sua doença, entre outros). A média dos resultados foi obtida afim de determinar a confiabilidade dos resultados.

As tabelas 213, 214 e 215 detalham a média dos resultados obtidos utilizando os três cálculos definidos para análise.

Tabela 213: Média geral da Distância Euclidiana em séries do mesmo tamanho

Dia	12/set	14/set	17/set	26/set	28/set	3/out	26/out	16/nov
12/set	0	6323,1033	7831,4835	5818,4837	6928,7164	7302,6066	7823,8488	6105,2527
14/set	X	0	4959,7989	3235,8862	4142,3355	X	4927,4053	4213,8770
17/set	X	X	0	3714,1646	4770,9048	X	5098,4307	4666,6702
26/set	X	X	X	0	3662,4556	X	X	X
28/set	X	X	X	X	0	3980,1222	4550,9944	4277,6399
3/out	X	X	X	X	X	0	X	X
26/out	X	X	X	X	X	X	0	3214,3274
16/nov	X	X	X	X	X	X	X	0

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 214: Média geral de DTW em séries completas

Dia	12/set	14/set	17/set	26/set	28/set	3/out	26/out	16/nov
12/set	0	112121,75	130871,46	119487,38	134717,32	107479,75	153140,75	96343,00
14/set	X	0	61954,35	24338,75	52931,31	X	44630,50	56139,00
17/set	X	X	0	51650,00	38142,03	X	48562,35	58368,17
26/set	X	X	X	0	50824,25	X	X	X
28/set	X	X	X	X	0	61175,25	33836,25	28946,38
3/out	X	X	X	X	X	0	X	X
26/out	X	X	X	X	X	X	0	26101,50
16/nov	X	X	X	X	X	X	X	0

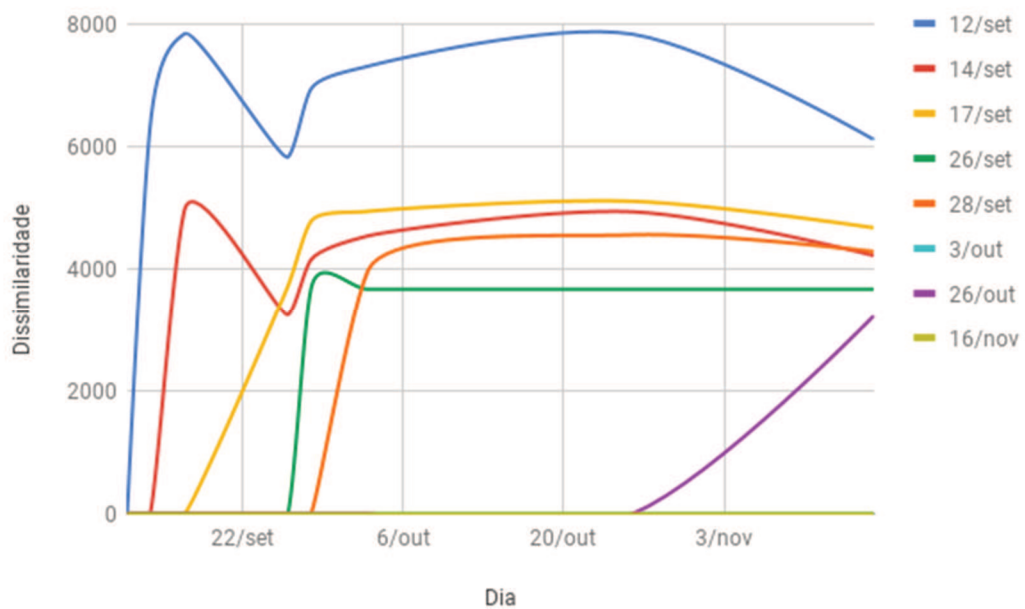
Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 215: Média geral de DTW em séries do mesmo tamanho

Dia	12/set	14/set	17/set	26/set	28/set	3/out	26/out	16/nov
12/set	0	88790,67	118468,46	81776,50	124228,79	106420,25	7823,85	76601,25
14/set	X	0	51592,35	21132,75	42805,88	X	4927,41	41254,75
17/set	X	X	0	20131,25	38255,53	X	5098,43	45945,25
26/set	X	X	X	0	27564,13	X	X	X
28/set	X	X	X	X	0	33016,00	4550,99	16727,50
3/out	X	X	X	X	X	0	X	X
26/out	X	X	X	X	X	X	0	19789,50
16/nov	X	X	X	X	X	X	X	0

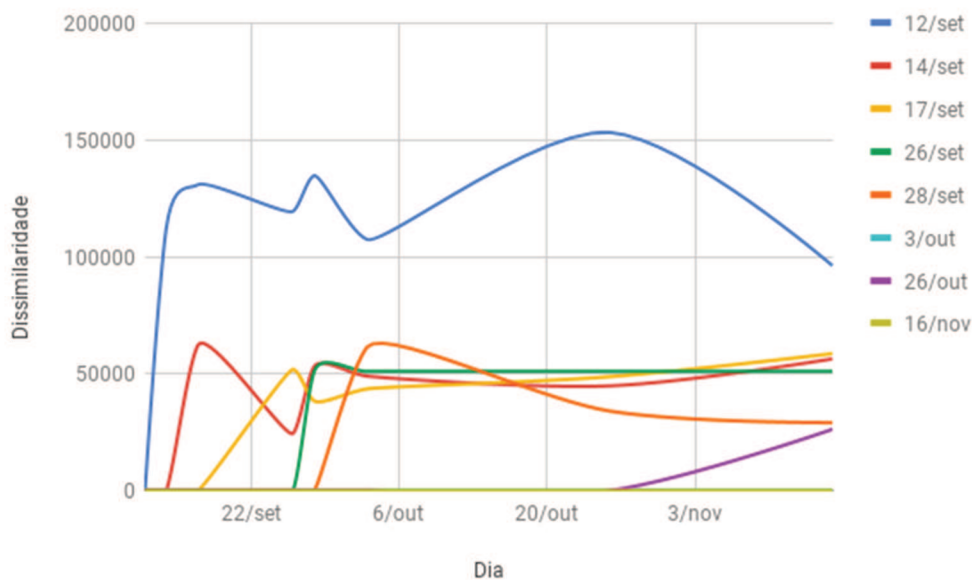
Fonte: Elaborado pelo autor.

As figuras 91, 92 e 93 ilustram graficamente os resultados gerais obtidos.

Figura 91: Gráfico da Média geral da Distância Euclidiana em séries do mesmo tamanho

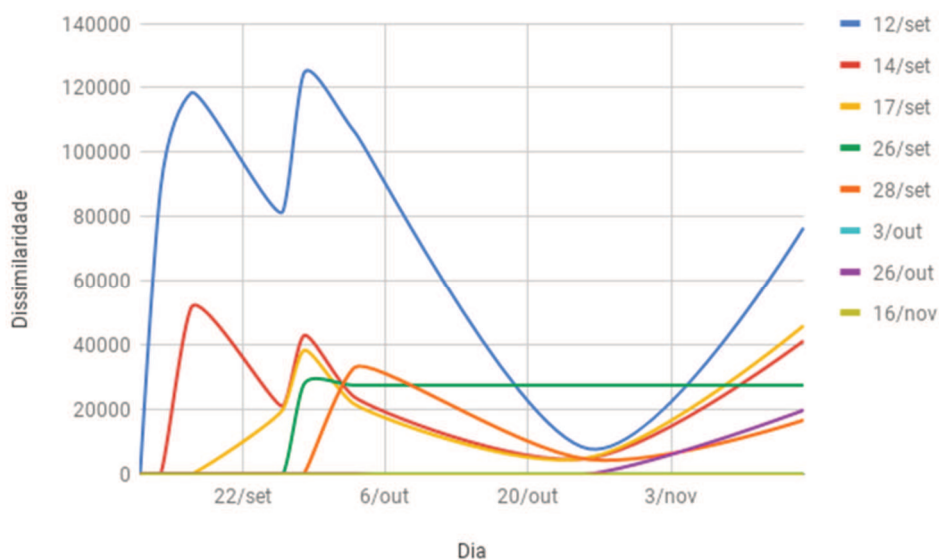
Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 92: Gráfico da Média geral de DTW em séries completas



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 93: Gráfico da Média geral de DTW em séries do mesmo tamanho



Fonte: Elaborado pelo autor.

É possível observar nos resultados que, conforme os pacientes avançaram nas sessões do programa de reabilitação, as execuções dos movimentos tornaram-se mais consistentes e similares. Este comportamento pôde ser numericamente avaliado, o que se demonstra como uma opção para auxiliar nas análises de pacientes em tratamentos fisioterápicos.

Os resultados de melhoria percentual no aumento de similaridade dos exercícios obtidos à partir das análises de todos os pacientes foram:

- Distância Euclidiana: 49,16% (Tabela 213);
- DTW séries completas: 76,72% (Tabela 214);
- DTW séries do mesmo tamanho: 77,71% (Tabela 215);

A partir desta análise é possível afirmar que o DTW tem acurácia maior do que o algoritmo de distância euclidiana para comparação de movimentos com períodos distintos. Outro ponto a ser destacado é a relação entre os resultados obtidos a partir do programa de reabilitação e o modelo MAETF. Com exceção das análises em que ruídos ou a pequena amostragem prejudicaram as avaliações, foi possível observar os mesmos sinais de melhora nos pacientes, tanto sob o ponto de vista de redução do esforço a partir da escala de Borg, quanto sob o percentual de aumento na similaridade dos movimentos nas sessões.

Conforme Costa (2014), o exercício físico tem associação direta à melhora na qualidade de vida de pacientes com DPOC. Analisando este objetivo pode-se afirmar que esta dissertação, ao explorar uma das inúmeras variáveis que devem ser consideradas neste tipo de análise, contribui com as avaliações realizadas por profissionais multidisciplinares, e pode auxiliar na detecção e notificação prévia de que determinado paciente não está evoluindo em um ritmo adequado e/ou alertá-los para possíveis problemas que não estão sendo considerados na análise.

Este estudo é corroborado por CASSISI (2012), que indicam o uso de *Dynamic Time Warping* em função de sua precisão e assertividade, superiores ao uso de Distância Euclidiana. A acurácia da DTW foi demonstrada com vários exemplos, tanto textuais quanto em imagens e vídeos por Ratanamahatana & Keogh (2004).

No capítulo a seguir são descritas as considerações finais deste estudo, que resultam do embasamento teórico, do experimento realizado e das análises dos dados obtidos.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho de dissertação aborda como problema o acompanhamento e análise de evolução de tratamento fisioterápico. Foi proposto um modelo que permita analisar a similaridade entre as curvas de movimento dos pontos-chave do corpo a partir de registros em vídeo das sessões de exercícios.

O modelo MAETF tem como objetivo analisar os dados históricos referentes à evolução dos movimentos fisioterápicos de pacientes, utilizando algoritmos de aprendizagem de máquina para detectar os pontos-chave dos de pacientes e analisá-los posteriormente.

Para a avaliação do MAETF foi desenvolvido um protótipo com as funcionalidades descritas no modelo, validando-o com dados obtidos junto a um programa de reabilitação pulmonar em pacientes com DPOC.

Foi construída uma interface que permite a gestão do cadastro de pacientes participantes, *upload* dos vídeos das sessões e análise do histórico dos mesmos.

Este capítulo está subdividido em três seções. Serão inicialmente abordadas as conclusões gerais da pesquisa. Em seguida serão descritas as contribuições do modelo. A última seção explora trabalhos futuros a serem realizados.

7.1 Conclusões

O modelo MAETF mostrou-se capaz de demonstrar a melhora na execução de movimentos em exercícios de tratamentos fisioterápicos. O experimento foi utilizado para demonstrar a capacidade do modelo em determinar numericamente a partir da detecção de pontos-chave dos pacientes, a evolução histórica destes ao longo do tempo. Para tal análise foram utilizados três tipos de cálculo, visando explorar qual a melhor abordagem para o caso. O primeiro algoritmo utilizado foi o de distância euclidiana, que demonstrou-se ser promissor mas pouco sensível à mudanças no período dos exercícios, resultando em percentuais de similaridade com baixa confiabilidade.

Utilizou-se também o método *Dynamic Time Warping*, subdividido em dois cálculos: o primeiro considerando as séries temporais completas e o segundo considerando as mesmas faixas de tempo. Em ambos os cálculos, os percentuais de similaridade das curvas foram superiores ao algoritmo anterior. O método demonstrou ser mais sensível à detecção de curvas com mesmo movimento, mas com tempos de execução distintos, tendo acurácia maior e dando maior confiabilidade aos resultados. Pode-se concluir ao final deste trabalho que os objetivos foram alcançados de acordo com o proposto.

7.2 Contribuições

Com o auxílio dos trabalhos relacionados levantados a partir da Revisão Sistemática descrita ao longo desta dissertação, foram identificadas lacunas de pesquisa

sobre acompanhamento e análise automatizada de tratamentos fisioterápicos. São poucos os trabalhos relacionados ao tema e todos tratam apenas de partes do problema.

Os trabalhos relacionados tratam individualmente de assuntos como exercícios fisioterápicos, acompanhamento utilizando telemonitorização, aprendizagem de máquina e Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica, com pouca correlação entre eles. Nenhuma análise foi realizada observando visualmente os pacientes e/ou calculando numericamente a evolução histórica dos movimentos.

A Tabela 216 traz a comparação entre os trabalhos relacionados e o MAETF, demonstrando a aplicabilidade do modelo, bem como sua contribuição. Cabe ressaltar que o modelo permite que sejam realizados acompanhamento de tratamento fisioterápico, pacientes com DPOC e telemonitorização. Foram implementadas as técnicas de cálculo de similaridade utilizando dados extraídos através da utilização de algoritmos de *deep learning*.

Tabela 216: Comparativo entre os trabalhos relacionados e o modelo MAETF

	Jonhston et al. (2017)	Hoas et al. (2016)	Barberan-Garcia et al. (2014)	Ying et al. (2016)	MAETF
Tratamento fisioterápico	X	X	X		X
Telemonitorização		X			X
DPOC	X	X	X	X	X
Deep Learning				X	X
Cálculo de similaridade					X

Fonte: Elaborado pelo autor.

Outro ponto importante a ser destacado é que todos os trabalhos tinham foco exclusivo em nichos específicos de atuação, o que limita suas áreas de aplicação, enquanto o modelo MAETF foi definido de forma geral, sendo possível aplica-lo em exercícios fisioterápicos diversos. Os resultados numéricos obtidos a partir do modelo permitem que se utilizem diversos métodos de análise estatística, o que torna o estudo promissor.

7.3 Trabalhos Futuros

Como trabalhos futuros, é possível sugerir mais testes para o modelo em diferentes aplicações de acompanhamento e análise de tratamentos fisioterápicos. Uma possível aplicação seria utilizar o modelo no acompanhamento de pacientes em recuperação através de fisioterapia (como pacientes com membros fraturados, por exemplo).

Outro trabalho futuro pode ser a utilização do modelo para a detecção de movimentos específicos para a comunicação homem-máquina, que pode ser utilizada como comandos para determinadas ações ou processamentos.

Mais uma questão a ser explorada seria utilizar o algoritmo para comparar a evolução de exercícios na área de esportes. A partir do modelo pode ser possível determinar, por exemplo, a similaridade entre os movimentos de corrida de diferentes atletas.

REFERÊNCIAS

- ACM. **ACM digital library**. 2016. Disponível em: <<http://dl.acm.org/>>. Acessado em: 18/06/2016.
- ALVAREZ, Maria do Carmo Avamilano; CUENCA, Angela Maria Belloni; FERRAZ, Maria Lucia Evangelista de Faria; ABDALLA, Eidi Raquel Franco. **Capacitação no uso das bases Medline e Lilacs: avaliação de conteúdo, estrutura e metodologia**. Ci. Inf., Brasília, v. 28, número 3, página 340-346, dez. 1999. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-19651999000300012&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em 12/02/2018.
- ARTERO, Almir Olivette. **Inteligência artificial**. São Paulo: Liv. da Física, 2008.
- AUGUSTO, F. R. **Localização e Reconhecimento de Placas de Sinalização Utilizando um Mecanismo de Atenção Visual e Redes Neurais Artificiais**. Universidade Federal de Campina Grande, 2002.
- BARBERAN-GARCIA, A.; VOGIATZIS, I.; SOLBERG, H. S.; VILARO, J.; RODRIGUEZ, D. A.; GARASEN, H. M.; TROOSTERS, T.; GARCIA-AYMERICH, J.; ROCA, J.; NEXES Consortium. **Effects and barriers to deployment of telehealth wellness programs for chronic patients across 3 European countries**. Respiratory Medicine Journal, 2014.
- BARREIRO, Esther. **Models of disuse muscle atrophy: therapeutic implications in critically ill patients**. Annals of Translational Medicine, Jan 2018.
- BEZ, M. R. **O Uso de Tecnologia Para Apoiar a Implantação de Métodos Ativos nos Currículos de Medicina**. Proposta de Tese. Centro Interdisciplinar de Novas Tecnologias na Educação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2011.
- BILLINGTON, Julia; COSTER, Samantha; MURRELLS, Trevor; NORMAN, Ian. **Evaluation of a Nurse-Led Educational Telephone Intervention to Support Self-Management of Patients With Chronic Obstructive Pulmonary Disease: A Randomized Feasibility Study**. COPD - Journal of Chronic Obstructive Pulmonary Disease, August 2015.
- BIMBO, Alberto Del. **Visual Information Retrieval**. Morgan Kaufmann Publishers Inc. 1999.
- BISHOP, C. M. **Neural Networks for Pattern Recognition**. Clarendon Press. Oxford, 1995.
- BOBER, M. **MPEG-7 Visual Shape Descriptors**. IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, New York, v.11, n.6, p.716-719, June 2001.
- BORTOLOSSI, Humberto José. **Cálculo diferencial a várias variáveis**. Edições Loyola, 2002.
- BRAGA, Antônio de Pádua; CARVALHO, André Ponce de Leon F. de; LUDERMIR, Teresa Bernarda. **Redes neurais artificiais: teoria e aplicações**. Rio de Janeiro : LTC, 2007.

CASSISI, Carmelo; ALIOTTA, Marco Antonio; et al. **Similarity Measures and Dimensionality Reduction Techniques for Time Series Data Mining**. Advances in Data Mining Knowledge Discovery and Applications. Setembro, 2012.

COSTA, Cássia Cinara da; LEITE, Brenno Santos; SOUZA, Rafael Machado; et al. **Análise da Força, Qualidade de Vida e Tolerância ao Exercício na Doença Pulmonar Crônica**. Revista Brasileira de Ciência e Movimento. Página 22. Maio de 2014.

COSTA, Cássia Cinara da; BERLESE, Daiane Bolzan; SOUZA, Rafael Machado de; SIEBEL, Samanta; TEIXEIRA, Paulo José Zimmermann. **Perfil Demográfico e Clínico de portadores de Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica no Sul do Brasil**. Cienc. enferm., Concepción, v. 23, número 1, páginas 25-33, Abril de 2017. Disponível em <https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-95532017000100025&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 8 de maio de 2018.

CUESTA, Hector. **Practical Data Analysis**. Packt Publishing Ltd. Birmingham 2013.

DOURADO, Victor Zuniga. **Exercício físico aplicado à reabilitação pulmonar: princípios fisiológicos, prescrição e avaliação dos resultados**. Rio de Janeiro: Revinter, 2011.

DOYLE, Colleen; DUNT, David; AMES, David; SELVARAJAH, Suganya. **Managing mood disorders in patients attending pulmonary rehabilitation clinics**. International Journal of Chronic Obstructive Pulmonary Disease, 2013.

ERPEN, L. R. C. **Reconhecimento de Padrões em Imagens por Descritores de Forma**. 2004. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) – Instituto de Informática, UFRGS, Porto Alegre.

GONZALEZ, Rafael C.; WOODS, Richard E. **Processamento de imagens digitais**. São Paulo, SP: Blucher, 2000.

GONZALES, R. C. WOODS, R. E. **Digital Image Processing**. University of Tennessee Perceptics Corporation, 1992.

GUPTA, Nisha; PINTO, Lancelot M.; MOROGAN, Andreea; BOURBEAU, Jean. **The COPD assessment test: a systematic review**. European Respiratory Journal, Oct 2014.

HERNANDES, Elis; ZAMBONIL, Augusto; THOMMAZO, Andre Di; FABBRIL, Sandra. **Avaliação da ferramenta StArt utilizando o modelo TAM e o paradigma GQM**. BDB Comp, 2010.

HOAAS, Hanne; ANDREASSEN, Hege Kristin; LIEN, Linda Aaroen; HJALMARSEN, Audhild; ZANABONI, Paolo. **Adherence and factors affecting satisfaction in long-term telerehabilitation for patients with chronic obstructive pulmonary disease: a mixed methods study**. BMC Medical Informatics and Decision Making, 2016.

HYATT, Robert E; SCANLON, Paul David; NAKAMURA, Masao; **Avaliação funcional pulmonar: guia prático**. 2nd ed. Rio de Janeiro: Revinter, 2006.

IEEEXPLORE. **IEEE Xplore digital library**. 2017. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/xpl/aboutUs.jsp>>. Acessado em 17/09/2017.

JOHNSTON, Kylie N.; POTTER, Adrian J.; PHOLLIPS, Anna. **Measurement Properties of Short Lower Extremity Functional Exercise Tests in People With Chronic Obstructive Pulmonary Disease: Systematic Review**. *Physical Therapy Journal*, 2017.

KHOTANZAD, A.; LU, J. **Object Recognition Using a Neural Network and Invariant Zernike Features**. *IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, San Diego, p.200-205, 1989.

KITCHENHAM, Elisabete. **Guidelines for performing Systematic Literature Reviews in Software Engineering version 2**. Department of Computer Science University of Durham Durham, UK, 2007.

LANGER D.; PROBST V. S.; PITTA F.; BURTIN C., HENDRIKS E.; SCHANS C. P. V. D.; PATERSON W.J.; VERHOEF-DEWIJK M. C. E.; STRAVER R. V. M.; KLAASSEN M.; TROOSTERS T.; DECRAMER M.; NINANE V.; DELGUSTE P.; MURIS J.; GOSSELINK R. **Guia para prática clínica: Fisioterapia em pacientes com Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica (DPOC)**. *Revista Brasileira de Fisioterapia*. 2009.

LIBERMAN, F. **Classificação de Imagens Digitais por Textura usando Redes Neurais**. 1997. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) – Instituto de Informática, UFRGS, Porto Alegre.

LIMA, Isaías; PINHEIRO, Carlos Alberto Murari; SANTOS, Flávia Aparecida Oliveira. **Inteligência artificial**. Rio de Janeiro: Elsevier/Campus, 2014.

LUGER, George F. **Inteligência artificial**. São Paulo, SP: Pearson Education do Brasil, 2013. 6. ed.

NICI, L.; DONNER, C.; WOUTERS, E.; ZUWALLACK, R.; AMBROSINO, N.; BOURBEAU, J.; CARONE, M.; CELLI, B.; ENGELEN, M.; FAHY, B.; GARVEY, C.; GOLDSTEIN, R.; GOSSELINK, R.; LAREAU, S.; MACINTYRE, N.; MALTAIS, F.; MORGAN, M.; O'DONNELL, D.; PREFALUT, C.; REARDON, J.; ROCHESTER, C.; SCHOLS, A.; SINGH, S.; TROOSTERS, T.; ATS/ERS Pulmonary Rehabilitation Writing Committee. **American Thoracic Society/European Respiratory Society statement on pulmonary rehabilitation**. *Am J Respir Crit Care Med* 2006.

MAZZOCCHI, Cintia Stumpf; COSTA, Cássia Cinara da; CANTERLE, Dáversom Bordin; MOUSSALLE, Luciane Dalcanale; COLOMBO, Caroline; TEIXEIRA, Paulo José Zimermann. **Comparison of the physiological variables in the six-minute walk test and stair-climbing test in patients with chronic obstructive pulmonary disease**. *Rev Bras Med Esporte*, São Paulo, v. 18, n. 5, p. 296-299, outubro de 2012. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1517-86922012000500002&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 8 de maio de 2018.

PRISMA. **Preferred reporting items for Systematic Reviews and Meta-Analyses**. 2015. Disponível em: <<http://prisma-statement.org/PRISMAStatement/Checklist.aspx>>. Acessado em 16/08/2017.

PUBMED. **PubMed**. 2017. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/>>. Acessado em 18/11/2017.

RATANAMAHATANA, Chotirat & KEOGH, E. **Everything you know about dynamic time warping is wrong**. Third Workshop on Mining Temporal and Sequential Data, 2004.

REDES Neurais Artificiais. Disponível em: <http://conteudo.icmc.usp.br/pessoas/andre/research/neural/>. Acesso em: 03 abr. 2018.

ROBLEDO-GIRALDO, S., DUQUE-MÉNDEZ, N. D., ZULUAGA-GIRALDO, J. I. **Difusión de productos a través de redes sociales: una revisión bibliográfica utilizando la teoría de grafos**. Revista Respuestas, 2013. 18(2), 27–41.

SCHULER, Michael; STROHMAYER, Miriam; MUEHLIG, Stephan; SCWAIGHOFER, Birgit; WITTMANN, Michael; FALLER, Hermann; SCHULTZ, Konrad. **Assessment of depression before and after inpatient rehabilitation in COPD patients: Psychometric properties of the German version of the Patient Health Questionnaire (PHQ-9/PHQ-2)**. JOURNAL OF AFFECTIVE DISORDERS, MAY 2018.

SCIRIHA, Anabel; LUNGARO-MUFSUD, Stephen; SCERRI, Josianne; BILOCCA, David; FSADNI, Claudia; FSADNI, Peter; GERADA, Eleanor; GOUDER, Caroline; CAMILLERI, Liberato; MONTEFORT, Stephen. **Pulmonary rehabilitation in chronic obstructive pulmonary disease: Outcomes in a 12 week programme**. European Journal of Physiotherapy, 2015.

SONKA, M.; HLAVAC, V.; BOYLE, R. **Image Processing, Analysis, and Machine Vision**. 2nd. Ed. Pacific Grove, CA: PWS Publishing, 1999.

SPRUIT, M.A; SINGH, S.; GARVEY, C.; ZUWALLACK, R.; NICI, L.; ROCHESTER, C.; et al. **An official American Thoracic Society/European Respiratory Society Statement: Key concepts and advances in pulmonary rehabilitation**. Am J Respir Crit Care Med. 2013.

STEAD, Lindsay F.; CARROLL, Allison J.; LANCASTER, Tim. **Group behaviour therapy programmes for smoking cessation**. COCHRANE DATABASE OF SYSTEMATIC REVIEWS, 2017.

YING, J.; DUTTA, J.; GUO, N.; XIA, L.; SITEK, A.; LI, Q. **Gold classification of COPD Gene cohort based on deep learning**. IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP), 2016.

WEB OF SCIENCE. **Web Of Science**. 2017. Disponível em: <<http://www.apps-webofknowledge.ez101.periodicos.capes.gov.br>>. Acessado em 21/07/2017.