

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE ENGENHARIA
CÂMPUS DE ILHA SOLTEIRA**

FELIPE AUGUSTO CRISPIM

**ELETROMIOGRAFIA DE SUPERFÍCIE DE ALTA DENSIDADE APLICADAS À
MEMBROS SUPERIORES: UMA REVISÃO BIBLIOMÉTRICA**

Ilha Solteira
2022

PROGRAMA DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA

FELIPE AUGUSTO CRISPIM

**ELETROMIOGRAFIA DE SUPERFÍCIE DE ALTA DENSIDADE APLICADAS À
MEMBROS SUPERIORES: UMA REVISÃO BIBLIOMÉTRICA**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Faculdade de Engenharia de
Ilha Solteira – UNESP como parte dos
requisitos para obtenção do título de Bacharel
em Engenharia Elétrica.

Orientador: Aparecido Augusto de Carvalho

FICHA CATALOGRÁFICA

Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

C932e Crispim, Felipe Augusto.
Eletromiografia de superfície de alta densidade aplicadas à membros superiores: uma revisão bibliométrica / Felipe Augusto Crispim. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2022
52 f. : il.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Elétrica) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, 2022

Orientador: Aparecido Augusto de Carvalho
Inclui bibliografia

1. HDsEMG. 2. Mãos robóticas. 3. VOSviewer. 4. Próteses de membro superior.


Raiane da Silva Santos

ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE GRADUAÇÃO

Aos oito dias do mês de dezembro do ano de dois mil e vinte e dois, o discente **Felipe Augusto Crispim**, matriculado sob o nº 162054841, tendo como banca examinadora o seu orientador, o Prof. Dr. Aparecido Augusto de Carvalho, o Prof. Dr. Ricardo Taoni Xavier e o Prof. Elcio Alteris dos Santos, apresentou o Trabalho de Graduação intitulado "**FUNÇÕES DE ELETROMIOGRAFIA DE SUPERFÍCIE DE ALTA DENSIDADE APLICADAS À MEMBROS SUPERIORES: UMA REVISÃO BIBLIOMÉTRICA**", obtendo a nota 10,0 (Dez) e conceito Aprovado.

A. A. Carvalho

Prof. Dr. Aparecido Augusto de Carvalho
- Orientador -

Felipe Augusto Crispim

Felipe Augusto Crispim
- Discente -

[Assinatura]

Prof. Dr. Ricardo Taoni Xavier
- Membro da Banca -

[Assinatura]

Prof. Elcio Alteris dos Santos
- Membro da Banca -

DEDICATÓRIA

Aos meus pais, Leila e Moisés, por todo o amor, carinho e apoio que me foram concedidos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço infinitamente aos meus pais que amo incondicionalmente, Leila Miriam Lázaro Crispim e Moisés Gouvea Crispim, sem eles nada disto seria possível.

Ao meu pai, por todo seu esforço, dedicação, apoio nas minhas decisões e companheirismo. À minha mãe, um exemplo de mulher batalhadora, amorosa e dedicada, sempre será meu porto seguro.

Agradeço a minha irmã, Ana Laura, que sempre se fez presente, mesmo que longe fisicamente, me ajudando a lidar com desafios e proporcionando muita alegria. Ao amor da minha vida, Beatriz, por todo o amor, companheirismo, sabedoria e carinho que me fortalecem mais a cada dia.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Aparecido Augusto de Carvalho, pelo seu comprometimento com a área, profissionalismo, aconselhamentos, incentivos e orientação. Ao Ricardo Taoni, por todo o seu apoio, entusiasmo, conhecimento e contribuição com o tema através de sua mentoria.

Ao Rafael Ginuino e Pablo Portilla, pela dedicação, ajuda, esclarecimentos, dicas e conhecimento passado, principalmente no pontapé inicial e estruturação do trabalho.

Agradeço aos meus amigos Ygor, Diego, Geovane e Rafael, por todo o companheirismo, ajuda, risadas e paciência nesta longa jornada acadêmica, repleta de momentos de alegres e intensos.

No mais, agradeço a oportunidade de ter estudado em uma instituição com referência em excelência, como a Universidade Estadual Paulista, tendo contato com mentes brilhantes e profissionais admiráveis.

“A necessidade é a mãe da invenção”. Platão.

RESUMO

Este trabalho apresenta o estado da arte sobre o tema eletromiografia de superfície de alta densidade aplicada em mãos robóticas de membros superiores. Este tema foi escolhido visando a importância de se buscar proporcionar independência para pessoas com membros amputados ou com problemas motores. Foi elaborada uma estratégia de busca de documentos do tipo artigo, publicados nos últimos 10 anos. Para este levantamento foi utilizado um *software* que realiza a extração e análise dos dados bibliométricos fornecidos pela base de dados. A base de dados escolhida para este levantamento foi a *Web of Science*, devido ao número coerente de artigos para uma revisão bibliométrica, alcance de citações, acesso livre dos dados bibliométricos, e possuir formato de dados compatíveis com o *software*. O *software* escolhido foi o *VOSviewer*, que possibilita análises de autores, coautores, periódicos, instituições, países, citações de documentos, palavras-chave e entre outros. Foi possível destacar não apenas os principais autores do tema e suas relações, mas também os principais periódicos, artigos e palavras-chave, possibilitando identificar a linha de pesquisa, que foi iniciada por deslocamentos dos eletrodos e com o passar dos anos, foi complementada por influências de fadiga, algoritmos de seleção de canais, tarefas isométricas e dinâmicas, reconhecimentos de padrões e mapeamento espectral.

Palavras-chave: HDsEMG. Mãos robóticas. *VOSviewer*. Próteses de membro superior.

ABSTRACT

This work presents the study of the state of the art on the subject of high-density surface electromyography applied to robotic hands of upper limbs. This theme was chosen considering the importance of seeking to provide independence for people with amputated limbs or with motor problems. An article-type document search strategy was developed, published in the last 10 years. For this survey, a software was used that performs the extraction and analysis of bibliometric data provided by the database. The database chosen for this survey was Web of Science, due to the consistent number of articles for a bibliometric review, range of citations, free access to bibliometric data, and data format compatible with the software. The software chosen was VOSviewer, which allows analysis of authors, co-authors, journals, institutions, countries, document citations, keywords and others. It was possible to highlight not only the main authors of the theme and their relationships, but also the main journals, articles and keywords, making it possible to identify the line of research, which was initiated by displacement of the electrodes and over the years, was complemented by fatigue influences, channel selection algorithms, isometric and dynamic tasks, pattern recognition and spectral mapping.

Keywords: HDsEMG. Robotic hands. VOSviewer. Upper limb prostheses.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Tela inicial VOSviewer	21
Figura 2 - Tela inicial VOSviewer aba de análises	22
Figura 3 - Escolha do tipo de dado	23
Figura 4 - Escolha da fonte dos dados	23
Figura 5 - Tipo de análise e método de contagem	24
Figura 6 - Exemplo de visualização de rede	26
Figura 7 - Exemplo de visualização de distribuição cronológica	26
Figura 8 - Exemplo de visualização de distribuição espectral	27
Figura 9 - Coautoria dos principais autores em nº de publicações.	29
Figura 10 - Coautoria dos principais autores em nº de publicações - Cronológico.	30
Figura 11 - Nº de citações dos principais autores.	32
Figura 12 - Nº de citações dos principais autores - Cronológico.	33
Figura 13 - Principais periódicos por publicações.	34
Figura 14 - Principais periódicos por publicações - Cronológico.	35
Figura 15 - Principais artigos por nº de citações.	37
Figura 16 - Principais artigos por nº de citações - Cronológico.	38
Figura 17 - Acoplamento bibliográfico principais artigos por citações.	39
Figura 18 - Acoplamento bibliográfico principais artigos por citações - Cronológico.	40
Figura 19 - Termos de maior ocorrência.	41
Figura 20 - Distribuição cronológica dos Termos de maior ocorrência.	42
Figura 21 - Quantidade de artigos por nº de eletrodos na sEMG.	43
Figura 22 - Quantidade de artigos por tipo de Task.	44
Figura 23 - Quantidade de artigos por tipo de classificador	44

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Principais autores por número de publicações. _____	29
Tabela 2 - Principais autores por número de citações. _____	32
Tabela 3 - Principais periódicos por número de publicações. _____	34
Tabela 4 - Principais artigos por número de citações. _____	36
Tabela 5 - Principais Palavras-chave por número de ocorrências. _____	41

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

CNN	<i>Convolutional neural network</i>
ConvNet	<i>Convolutional Network</i>
DBN	<i>Deep belief network</i>
EEM	<i>Elementary Effect Method</i>
EFOS	<i>Ensemble fast orthogonal search</i>
EMG	Eletromiografia
FI	Fator de Impacto
HDsEMG	Eletromiografia de Superfície de Alta Densidade
LDA	<i>Linear discriminant analysis</i>
LDC	<i>Linear discriminate classifier</i>
LG	<i>Linear regression</i>
MLM	<i>Mixed linear model</i>
RB	Revisão Bibliométrica
sEMG	Eletromiografia de Superfície
SOFM	<i>Self-organizing feature maps</i>
SR	<i>Spectral Regression</i>
Var	<i>Variogram</i>
WoS	<i>Web of Science</i>

Sumário

1 INTRODUÇÃO	14
1.1 Objetivo	18
1.2 Estrutura do Trabalho	18
2 METODOLOGIA	19
2.1 Busca e aquisição de dados	19
2.2 Base de dados <i>Web of Science</i>	19
2.3 Análise dos dados por meio de grafos	20
2.4 O <i>VOSviewer</i>	21
3 RESULTADOS E DISCUSSÕES	28
3.1 Resultados da Análise Bibliométrica das publicações	28
3.2 Resultados da Análise Bibliométrica dos Autores	28
3.3 Resultados da Análise Bibliométrica dos Periódicos	33
3.4 Resultados da Análise Bibliométrica das Citações	35
3.5 Resultados da Análise Bibliométrica das Palavras-chave	40
4 CONCLUSÃO	45
REFERÊNCIAS	46
ANEXOS	50

1 INTRODUÇÃO

Algumas pessoas, convivem com dificuldades no controle motor de seus movimentos ou mesmo espasticidade, por consequência de acidentes, doenças ou má formação congênita, podendo ocasionar no procedimento de amputação de algum membro, inferior ou superior. Visando proporcionar independência para estas pessoas, no tocante às atividades comuns do dia-a-dia, além de assuntos como terapia de reabilitação para estimular a neuroplasticidade, o tema “próteses” vem ganhando importância entre os pesquisadores. Trata-se de um tema multidisciplinar, envolvendo engenharia, medicina, fisioterapia, psicologia, entre outras (CARVALHO, 2004; ROJAS-MARTÍNEZ *et al.*, 2017).

Considerando as próteses dos membros superiores, é possível afirmar que existem vários níveis de amputação, desde o dedo, até ínter-toraco-escapular, que é a porção mais elevada do membro superior (OTTOBOCK, 2019). Diante disto, nota-se a complexidade do tema e com o foco em adquirir a aceitação e satisfação dos usuários, vários requisitos são definidos quanto ao desenvolvimento, como a necessidade de próteses cada vez mais leves, baratas, confortáveis e funcionais (CARVALHO, 2004).

O avanço nos sistemas de controle de próteses, muitas vezes impossibilita as aplicações a nível clínico, onde, por se tratar de controle de várias funções, torna necessário maior treinamento operacional, além da confiabilidade que diminui à medida em que os graus de liberdade aumentam. As primeiras adaptações, feitas neste campo, aconteceram por volta de 200 A.C. e possuíam muitas limitações. Posteriormente, os estudos passaram a incorporar a atuação de sinais mioelétricos (CARVALHO, 2004; DA CUNHA, 2002; STANGO *et al.*, 2015; DALEY *et al.*, 2012).

Um simples movimento do nosso corpo é capaz de ativar as fibras musculares de uma unidade motora, resultando em um potencial elétrico na região. Diante disso, são usados eletrodos, que são dispositivos capazes de detectar os sinais elétricos musculares em função do tempo, em relação a uma referência (DA CUNHA, 2002; MARCHETTI, 2006). Estes eletrodos podem ser invasivos, contendo agulhas que são inseridas no usuário e devem estar a menos de 1,5 mm das fibras musculares, ou não-invasivos, que são eletrodos de superfície (DA CUNHA, 2002).

A eletromiografia de superfície (sEMG) é um método não-invasivo de aquisição de sinais elétricos musculares, realizado por meio de eletrodos dispostos na superfície

do corpo. Seu sinal é resultado da combinação algébrica dos potenciais elétricos captados. Desta forma, nota-se que os sinais podem ser degradados drasticamente por vários motivos, um deles é o deslocamento dos eletrodos em análise e também os eletrodos vizinhos. (MARCHETTI, 2006; HE *et al.*, 2020). Visando mitigar este problema e também melhorar a resolução para posteriores análises, estudos e aplicações, introduz-se o conceito de alta densidade, surgindo então a eletromiografia de superfície de alta densidade (HDsEMG) na qual, por meio de matrizes de eletrodos, são captados sinais de EMG em maiores áreas musculares e, desta forma, elevando as possibilidades de detecção local da ativação muscular e também de possíveis deslocamentos dos eletrodos. (DRUST *et al.*, 2006; HE, 2020; MERLETTI *et al.*, 2020).

Desta forma, com as técnicas HDsEMG, vários estudos utilizam o mapeamento da amplitude de EMG dos eletrodos para as diferentes tarefas a fim de relacioná-los com seus algoritmos. As informações dos mapas de ativação mioelétrica utilizadas demonstram bons resultados tanto em indivíduos saudáveis quanto em indivíduos com lesões ou amputação. Isto possibilita a combinação das características dos mapas, a fim de analisar diferentes conjuntos de tarefas em diferentes níveis de contração isométrica voluntária, além de proporcionar base para aplicação em tarefas dinâmicas (HE *et al.*, 2020; ROJAS-MARTÍNEZ *et al.*, 2017).

Com isso, surge o controle mioelétrico de reconhecimento de padrões que proporciona avanços em uma gama de funções nas próteses, quando utilizado em conjunto com o mapeamento de cada classe de movimentos (STANGO *et al.*, 2015). Isto é possível pois a atividade muscular varia para cada tipo de movimento, logo, as amplitudes experimentadas para cada matriz de eletrodos se tornam identificáveis quando relacionadas à métodos matemáticos que são capazes de agrupar diferentes tipos de sinais que julgar coerentes (DALEY *et al.*, 2012).

Logo, para aplicação do reconhecimento de padrões, se torna necessário o uso de classificadores, eles são usados para identificar características e realizar agrupamentos para as informações em questão. Esta identificação utiliza fortemente de conceitos estatísticos e neste trabalho, os artigos da base de dados escolhida utilizam principalmente de análises de discriminantes lineares; análises offline com algoritmos que podem utilizar de conceitos como valor de raiz quadrada média, recursos de domínio do tempo, domínios de *Fourier* e *wavelet* ou mesmo modelos

autorregressivos; rede neural convulacional; regressão linear; variogramas e entre outros (DALEY *et al.*, 2012).

Para o conceito de alta densidade, vale ressaltar que se deve levar em consideração que existe um determinado número de eletrodos que é clinicamente aceitável para cada tipo de dispositivos protéticos. Desta forma, muitos estudos visam a diminuição do número de canais de dados, no tocante à custo computacional, buscando a localização ideal dos eletrodos para classificação confiável para o reconhecimento de padrões. Em estudos anteriores, foi constatado que a precisão de classificação melhora até um determinado limite junto ao aumento do número de eletrodos, após, quanto mais eletrodos o sistema possuir, a precisão de classificação diminui (DALEY *et al.*, 2012; Zhou *et al.*, 2007; Parker *et al.*, 2006).

Será realizada uma Revisão Bibliométrica (RB), exibindo o estado da arte da eletromiografia de superfície de alta densidade aplicada aos membros superiores, dos artigos indexados em um banco de dados, que fornecem o elo que possibilita realizar as diferentes análises feitas no decorrer deste trabalho (MUSTAMIL *et al.*, 2020). A escolha da plataforma de literatura científica foi feita entre as bases *Web of Science* (WoS), *Pubmed*, *Scopus* e *Dimensions*. Para isso, foi desenvolvido algumas estratégias de busca a fim de comparar e analisar a gama de artigos relacionados ao tema desta RB.

A base escolhida dispõe de um mecanismo simples de busca, sendo possível utilizar de operações booleanas como *AND*, *OR*, *NOT*; realizar o direcionamento quanto aos campos de pesquisa, variando entre tópico, título, autor, ano de publicação, editora, afiliação, entre outros e também mesclar diferentes tipos de pesquisa por meio de operações *booleanas* mencionadas acima. Resultando nos estudos referentes à pesquisa realizada, com o número de publicações, citações, referências, artigos relacionados, título, autores, resumo e também as opções de refinar a pesquisa, em filtros como ano de publicação, tipo de documento, categorias, autores, afiliações, editoras, acesso aberto, países, idiomas, entre alguns outros.

A bibliometria é uma ferramenta de medida quantitativa que relaciona e contribui na avaliação de estudos científicos, por meio de métodos estatísticos, aplicados nas componentes dos estudos, tais como os periódicos, autores, citação, palavra-chave, instituição, país e entre outros, com o intuito de descrever análises dos temas em questão (MUSTAMIL *et al.*, 2020). A análise conta com indicadores quantitativos, qualitativos e estruturais. Desta forma, ao se tratar de produtividade, em

termos de autores, instituições, periódicos e país, é utilizado os indicadores de quantidade. Para frequência de citação dos autores, artigos ou periódicos, é utilizado o indicador de qualidade. Enquanto os indicadores estruturais são utilizados para medir as relações e conexões entre as publicações (MUSTAMIL *et al.*, 2020).

Além destes indicadores, as plataformas de acervo científicos contam com outros indicadores estatísticos, como o fator de impacto (FI). Ele é um indicativo métrico de revistas científicas que compõe a WoS, quanto às citações, calculado, para um ano em questão, pela razão entre a soma de citações dos dois anos anteriores e o total de artigos publicados neste mesmo período, qualificando o poder de dispersão, quanto a característica quantitativa. Porém, o FI necessita de uma análise complementar para ser possível afirmar quanto à qualidade das publicações (KISHI, 2018).

A análise complementar do FI é o índice-h, que visa explicar a relevância de um autor em seu tema de pesquisa, combinando produtividade com impacto. Ele é definido pelo número de artigos publicados pelo autor, dos quais, possuem citações iguais ou maiores que este número, ponderando assim a qualidade acadêmico-científica do pesquisador e também a sua capacidade produtiva. Exemplo: um pesquisador que possui 20 publicações, se cada uma delas possuir pelo menos 20 citações, o índice-h dele será 20. No entanto, vale ressaltar que o indicador é suscetível a controvérsias devido a influência de autocitações e também possui alguns problemas na comparação com autores de diferentes áreas, visto que elas podem possuir outro patamar de índice-h (THOMAZ *et al.*; 2011).

Para realizar tais análises das medidas, se torna necessário a utilização de software destinado à visualização e mapeamento, para também calcular e apresentar as forças de ligação entre cada documento da RB, sejam elas em relação à citação, coautorias, acoplamento bibliográfico, país, fonte, entre outras (MUSTAMIL *et al.*, 2020). O software em questão é o *VOSViewer*, que foi desenvolvido para análises bibliométricas de documentos científicos. Ele vai proporcionar meios de se realizar uma revisão bibliométrica da literatura sobre o tema eletromiografia de superfície de alta densidade aplicada à membros superiores.

1.1 Objetivo

O objetivo deste trabalho foi realizar uma revisão bibliométrica da literatura científica sobre a eletromiografia de superfície de alta densidade aplicada à membros superiores, utilizando o software *VOSViewer*.

1.2 Estrutura do Trabalho

Este trabalho apresenta 4 capítulos.

No capítulo 1, foram expostos a introdução, o objetivo e as contribuições do trabalho.

No capítulo 2, serão apresentados a metodologia do trabalho, separada em 4 partes: busca e aquisição de dados, base de dados WoS, análise dos dados por meio de grafos e por fim, *VOSviewer*.

No capítulo 3, serão apresentados os resultados e discussões do trabalho.

No capítulo 4 serão apresentadas as conclusões e trabalhos futuros.

2 METODOLOGIA

Devido ao número de documentos encontrados, gratuidade de acesso, alcance de citações e compatibilidade com a posterior ferramenta de análises, a base de dados escolhida foi a WoS. Para realização da revisão bibliométrica, a seguir, será apresentado as maneiras de se prosseguir, onde se torna necessário definir a estratégia de busca e aquisição de dados na base escolhida, para posteriormente utilizar o software para extração e análise dos dados, assim como o devido aprofundamento do mesmo para conhecimento e melhor entendimento da RB aqui realizada.

2.1 Busca e aquisição de dados

Para expandir a síntese quantitativa da literatura a respeito do tema HDsEMG aplicado a membros superiores, será utilizada a base de dados WoS para obtenção de documentos unicamente do tipo artigos. Esta, foi escolhida devido ao número coerente de artigos para esta ocasião, alcance de citações, acesso livre dos dados bibliométricos, e possuir formato de dados compatíveis com o software, além de possuir um mecanismo simplificado de busca, contando com o uso de caracteres curingas, ou *wildcards*, que auxiliam quanto às variações que podem vir a interferir. Os *wildcards* utilizados na pesquisa foram o “*”, que pode ser substituído por nenhum, um ou vários caracteres, e também o “\$”, que pode ser substituído por nenhum ou um caractere. Isso possibilitará a obtenção de dados como o número de publicações do tema pesquisado, o ano das publicações, os periódicos que publicaram, os principais autores, as coautorias por autor, o número de citações, o acoplamento bibliográfico e as palavras-chave.

2.2 Base de dados *Web of Science*

Com o acesso da WoS sendo direcionado via Portal da Capes (CAPES, 2021), foi possível acessar os dados bibliométricos da lista de publicações de documentos do tipo artigo para o tema eletromiografia de superfície de alta densidade aplicada a membros superiores entre os anos de 2010 e 2020. Desta forma, foram obtidas

informações relevantes como o número de publicações, os autores e seus coautores, o ano, os periódicos, as citações e cocitações e as instituições e países importantes nesta linha de pesquisa.

Então, a pesquisa avançada realizada no dia 02 de julho de 2021, utilizou-se de operadores booleanos para buscar artigos publicados entre os anos de 2010 e 2020, da maneira que se segue: *“(TS=(*“*EMG”*) OR (*“electromyograp*”*)) AND TS=(*“high density”*)) AND (TS=(*“upper limb\$”*) OR (*“limb\$, upper”*) OR (*“upper extremi*”*) OR (*“extremi*, upper”*))”*. Assim, resultou em 36 diferentes artigos, que foram avaliados manualmente, um a um, para extração de informações e verificação de alinhamento com o tema. Ao final, notou-se que do total de 36 artigos, apenas 30 estavam alinhados ao tema desta RB, onde, os outros 6 documentos tratavam de temas próximos, como miografia de força ou abordando membros inferiores.

2.3 Análise dos dados por meio de grafos

Será utilizado um software que possibilitará a análise individual de dados de autoria, coautoria, principais periódicos, palavras-chave mais frequentes, correlações entre tópicos e distribuição cronológica, demonstrado na seção a seguir. Para cada um dos os itens citados, será criado no software um estudo de forma manual e individual, resultando em grafos gerados pelo mesmo, onde, neles existirá os indicadores chamados de pontos (ou vértices) com tamanhos proporcionais a amplitude de cada tipo de análise, e também os indicadores que ligam os pontos, chamados de linhas de ligação (ou arestas), localizadas entre os vértices, com proporcionalidade inversa ao seu próprio comprimento (MILOSZ et al., 2017).

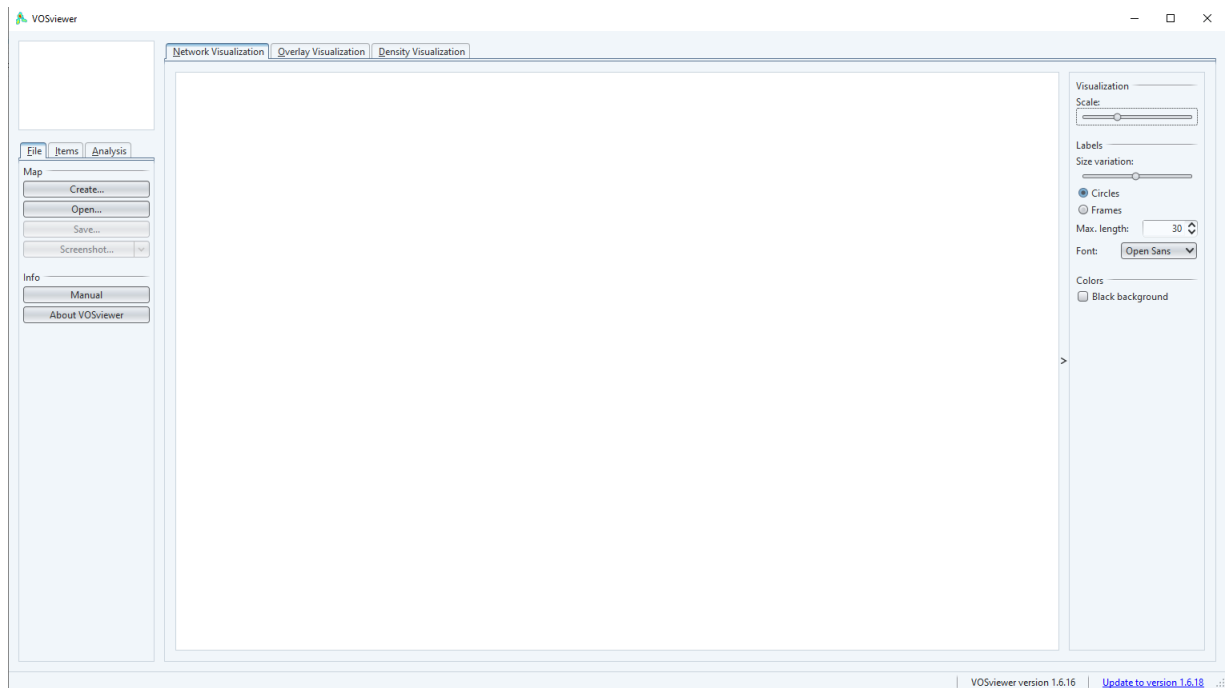
Ele criará também conjuntos de vértices de mesma cor, denominados *clusters* (ou agrupamentos), baseados no grau de correlação. Os vértices mais próximos, mesmo que de *clusters* diferentes, podem ser entendidos como mais colaborativos entre si. Também possibilitará efetuar a análise cronológica dos pontos de cada *cluster* para cada tipo de análise individual, por meio do espectro de cor, onde os tons variam do azul para o amarelo, representando, respectivamente, do mais antigo ao mais recente (MILOSZ et al., 2017).

2.4 O VOSviewer

O software gratuito *VOSviewer*, para *Windows*, versão 1.6.16, é desenvolvido pelo Centro de Estudos para Ciência e Tecnologia, da Universidade de Leiden, na Holanda (VOSVIEWER, 2021). Foi desenvolvido para extração e análise de dados de bibliometria que compõe os artigos importados da base de dados escolhida. Para efetuar as diferentes análises, o programa conta com seu mapeamento dos dados, apresentados na forma de grafos de rede, grafos com distribuição temporal e também grafos com distribuição espectral.

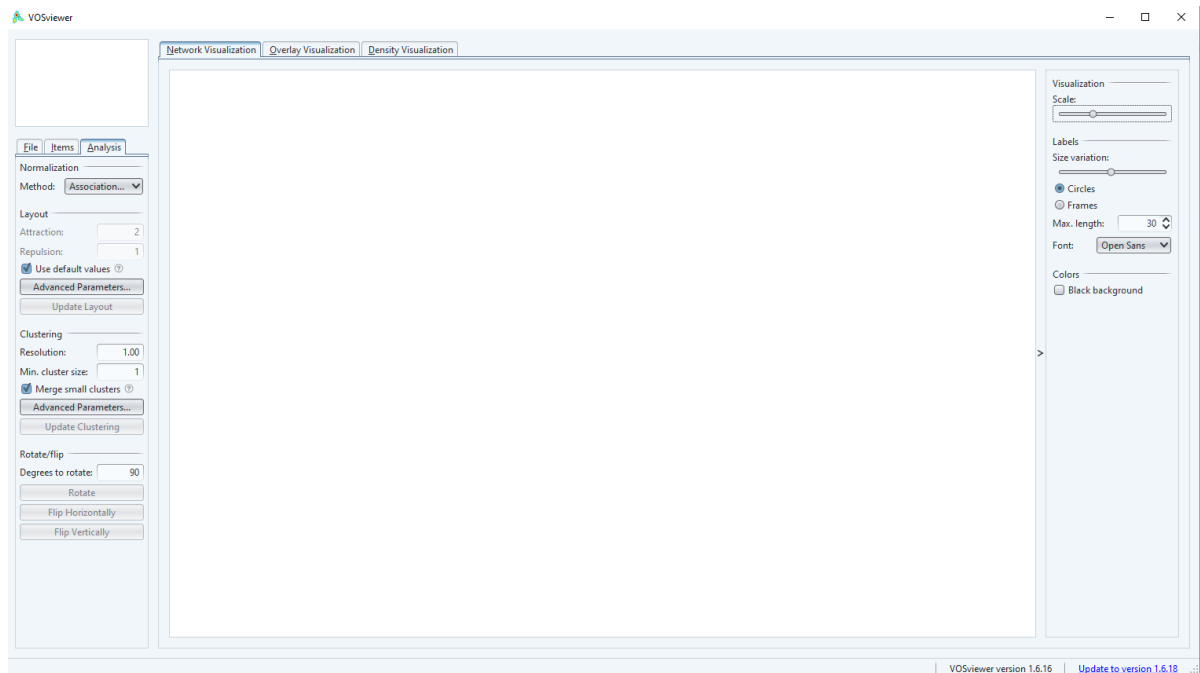
Na Figura 1, é possível observar a tela inicial do *VOSviewer*, com opções à esquerda de criar novas análises, abrir análises salvas, abrir o manual, opções na parte superior central de mudar o tipo de grafo sendo disponível o de rede (*Network Visualization*), o de distribuição temporal (*Overlay Visualization*) e o de distribuição espectral (*Density Visualization*), e opções de manipulação de alguns aspectos de visualização dos grafos, conforme observado à direita. Na Figura 2, também há a possibilidade de mudar a aba à esquerda para alterar os métodos de análise, sendo eles em relação à normalização, *layout*, agrupamento ou rotação dos grafos.

Figura 1 - Tela inicial VOSviewer



Fonte: Elaboração do próprio autor.

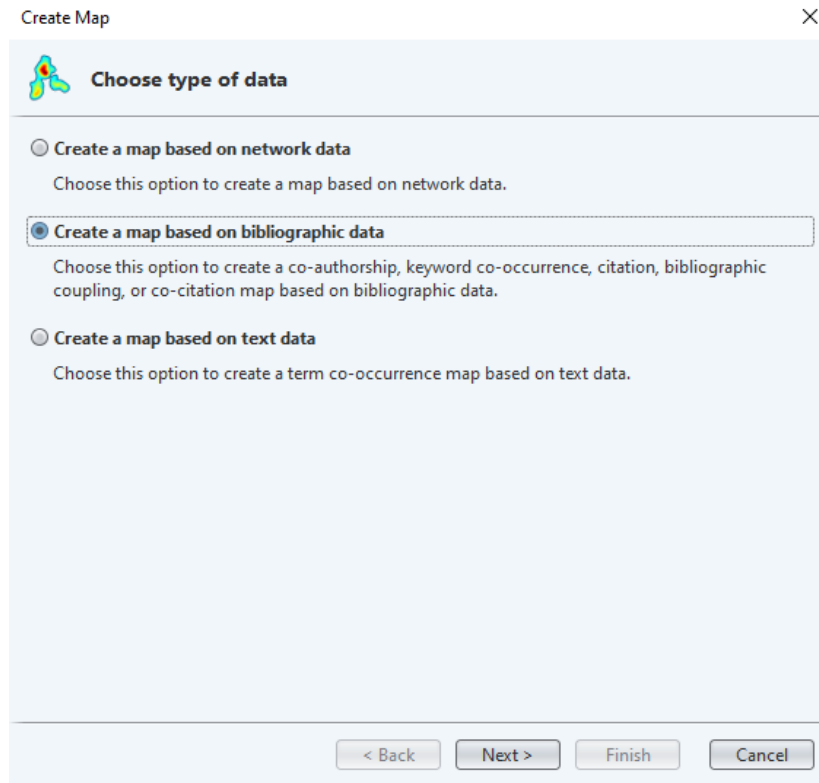
Figura 2 - Tela inicial VOSviewer aba de análises



Fonte: Elaboração do próprio autor.

Ao selecionar a opção “Create” para criar uma nova análise, iremos nos deparar com uma janela dos tipos dos dados, apresentada na Figura 3, com opções de criar um mapa baseado em dados de rede, dados bibliográficos ou dados de texto. Para esta RB, utilizou-se a segunda opção: dados bibliográficos. Logo depois, deve-se escolher a fonte que o *software* utilizará, com base no tipo de arquivos que se deseja utilizar. Para esta RB, com a base WoS utilizada, o formato dos dados obtidos corresponde à primeira opção da janela, conforme indicado na Figura 4.

Figura 3 - Escolha do tipo de dado



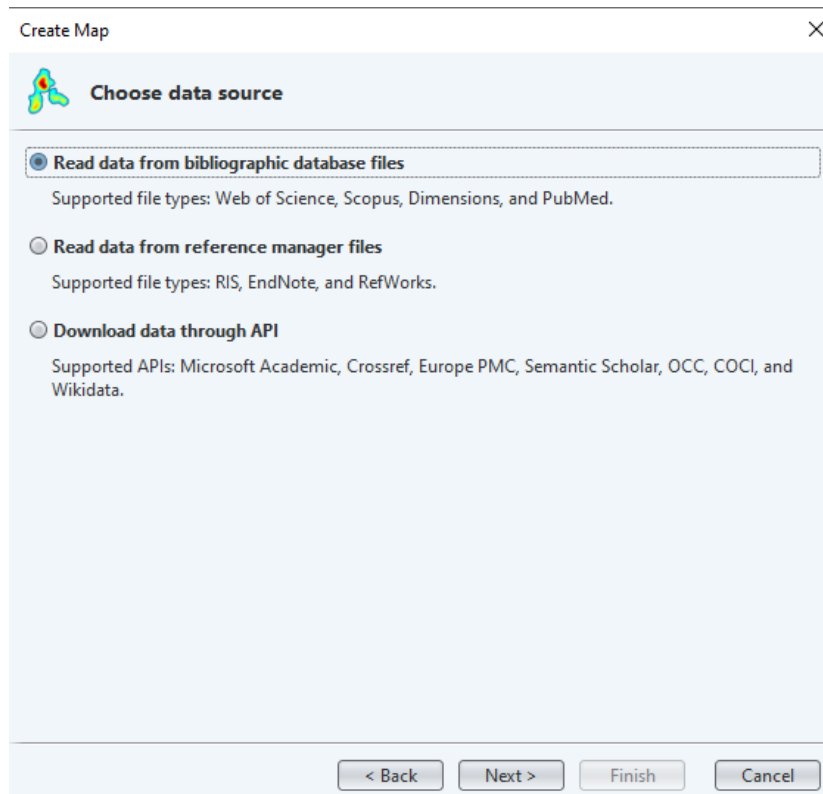
The screenshot shows a dialog box titled 'Create Map' with a close button (X) in the top right corner. The main heading is 'Choose type of data' next to a small icon of a map with a red location pin. There are three radio button options:

- ☐ **Create a map based on network data**
Choose this option to create a map based on network data.
- ☒ **Create a map based on bibliographic data**
Choose this option to create a co-authorship, keyword co-occurrence, citation, bibliographic coupling, or co-citation map based on bibliographic data.
- ☐ **Create a map based on text data**
Choose this option to create a term co-occurrence map based on text data.

At the bottom, there are four buttons: '< Back', 'Next >', 'Finish', and 'Cancel'.

Fonte: Elaboração do próprio autor.

Figura 4 - Escolha da fonte dos dados



The screenshot shows a dialog box titled 'Create Map' with a close button (X) in the top right corner. The main heading is 'Choose data source' next to a small icon of a map with a red location pin. There are three radio button options:

- ☒ **Read data from bibliographic database files**
Supported file types: Web of Science, Scopus, Dimensions, and PubMed.
- ☐ **Read data from reference manager files**
Supported file types: RIS, EndNote, and RefWorks.
- ☐ **Download data through API**
Supported APIs: Microsoft Academic, Crossref, Europe PMC, Semantic Scholar, OCC, COCI, and Wikidata.

At the bottom, there are four buttons: '< Back', 'Next >', 'Finish', and 'Cancel'.

Fonte: Elaboração do próprio autor.

O próximo passo é selecionar o arquivo que foi importado da base de dados, composto por todos os documentos e seus respectivos dados bibliométricos, para então, posteriormente selecionar o tipo de análise desejada e o método de contagem. As análises disponíveis são de coautoria, para autores, organizações ou países; co-ocorrência, para palavras-chave dos autores, com maior aparição no geral ou ambas opções; citação, com documentos, fontes, autores, organizações ou países; acoplamento bibliográfico, com documentos, fontes, autores, organizações ou países; e co-citação, com referências citadas, fontes citadas ou autores citados. Esta janela é apresentada na Figura 5. Também podemos inserir um arquivo *VOSviewer thesaurus file*, que é opcional, ele tem o objetivo de ajustar as análises de forma que o resultado fique coerente, onde, muitas vezes, alguns termos/nomes podem conter variações de escrita, com este arquivo, podemos prever essas variações e agrupá-las da maneira que julgemos interessante. Nesta RB, foram utilizados dois arquivos *thesaurus.txt*, eles estão apresentados no anexo A e anexo B, sendo, respectivamente, ajustes nas variações de escrita dos autores e palavras-chave. O formato do arquivo se dá por um *label* e um *replace by*, separados por um TAB, onde o termo correspondente no *label* é onde queremos atuar, substituindo pelo termo presente no *replace by*.

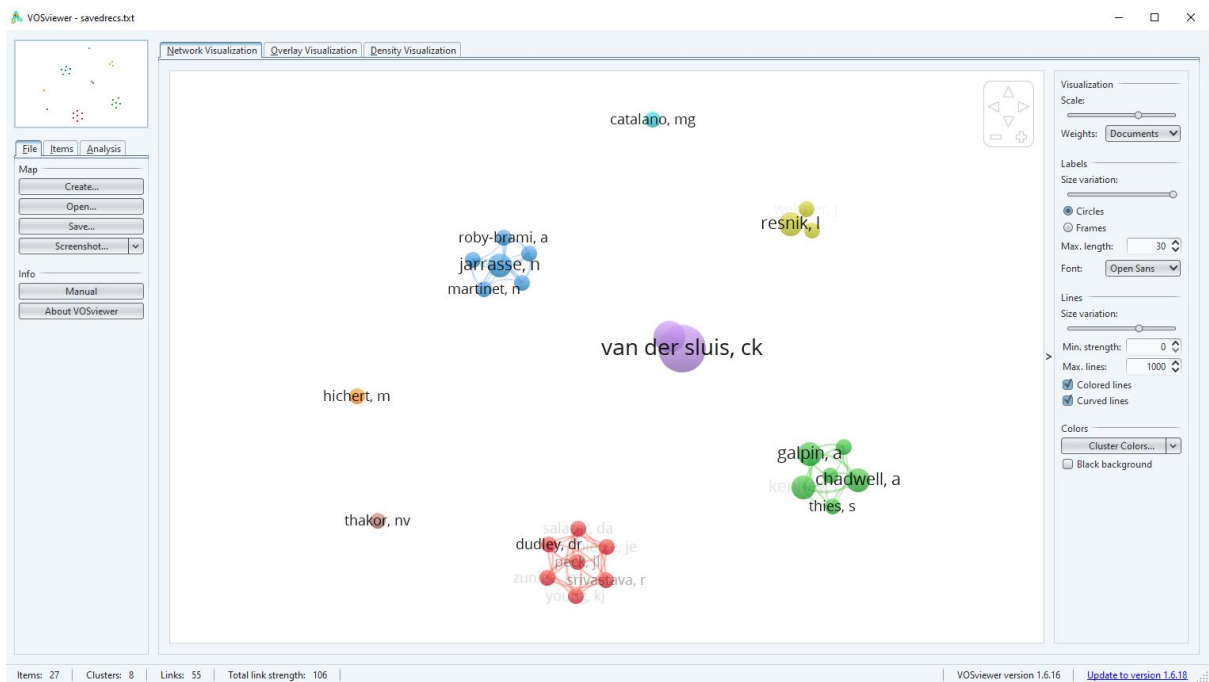
Figura 5 - Tipo de análise e método de contagem

Fonte: Elaboração do próprio autor.

Depois, é possível determinar os limites dos dados, por exemplo, para a análise de coautoria de autores, pode-se escolher o número mínimo de publicações e o número mínimo de citações de cada autor para que eles apareçam nas tabelas e nos grafos que o *software* cria. Por fim, pode-se escolher o número de autores desta listagem limitada por nós, que aparecerão na análise final, por exemplo: se nos dados de 100 autores, depois de limitar o número mínimo de publicações e o número mínimo de citações, sobrando 50 autores, podemos optar por gerar tabela e grafos com apenas os 20 autores mais importantes desta lista, de acordo com o nosso objetivo e, estes mais importantes são calculados pelo indicador de força total do *link*, que corresponde às conexões que cada dado possui entre os demais, disponibilizado na última coluna das tabelas do *software*.

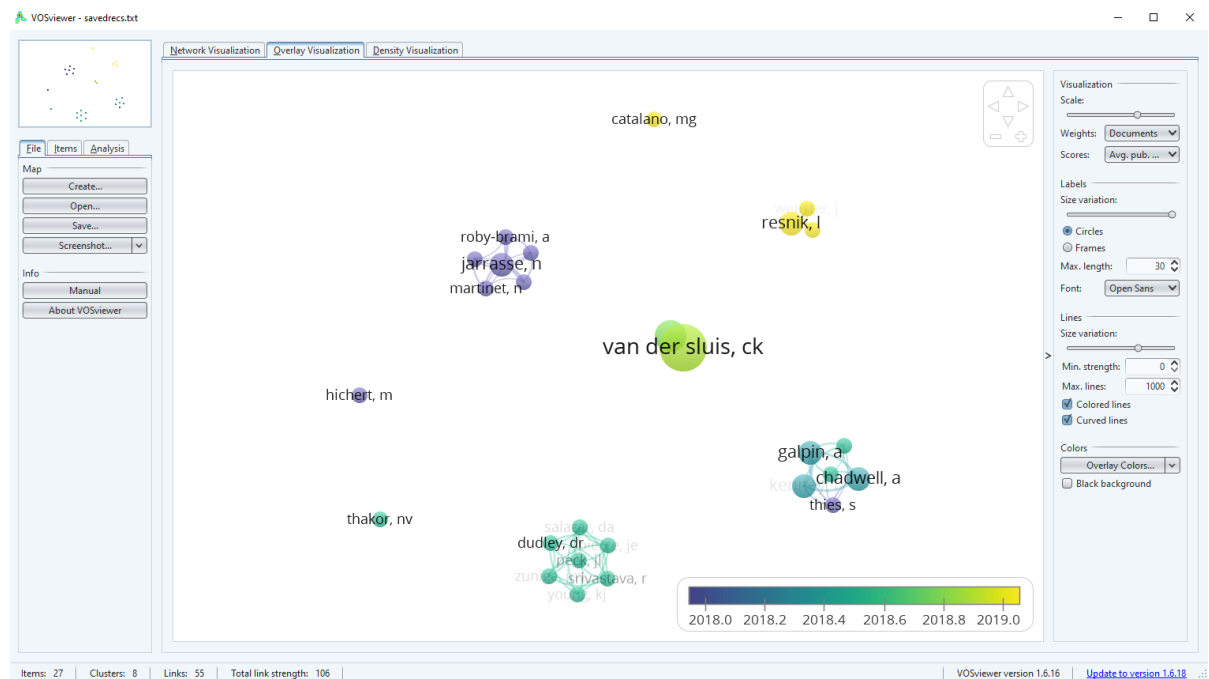
Cada uma das diferentes análises da Figura 5, resultam em limites diferentes e correspondentes, ou seja, para a análise de co-ocorrência, a escolha dos limites é baseada no número mínimo de ocorrências do termo em questão, diferentemente do exemplo da análise de coautoria dos autores descrito anteriormente. As Figuras 6, 7 e 8 apresentam respectivamente as visualizações de rede, distribuição cronológica e distribuição espectral, resultadas de um conjunto de dados, correspondentes à artigos de próteses de membro superior, publicados entre os anos de 2018 e 2020. Para esta RB, o mapa contido na Figura 8 não será utilizado, pois os outros dois são suficientes para o objetivo do trabalho.

Figura 6 – Exemplo de visualização de rede



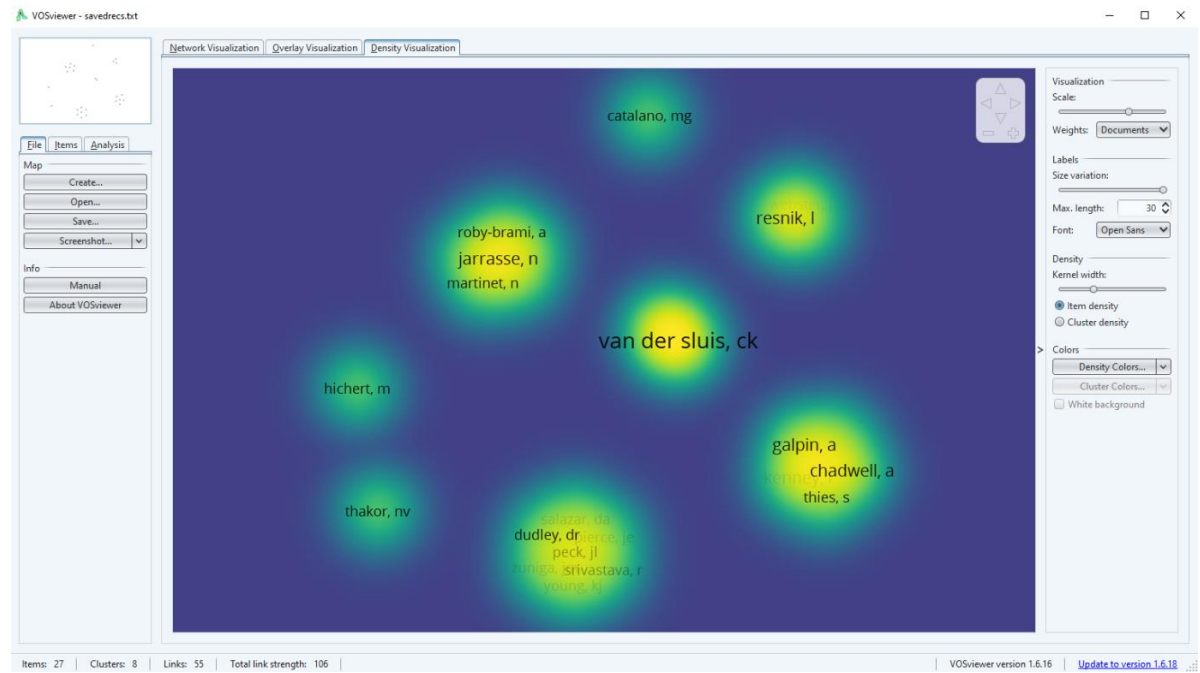
Fonte: Elaboração do próprio autor.

Figura 7 - Exemplo de visualização de distribuição cronológica



Fonte: Elaboração do próprio autor.

Figura 8 - Exemplo de visualização de distribuição espectral



Fonte: Elaboração do próprio autor.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A seguir, serão apresentados resultados na forma de tabelas e grafos, além das discussões pertinentes a cada assunto, das diferentes análises que compõe esta RB, dentro delas, resultados e discussões de análise bibliométrica das publicações, dos autores, dos periódicos, das citações e das palavras-chave.

3.1 Resultados da Análise Bibliométrica das publicações.

Foram encontrados um total de 36 artigos entre janeiro de 2010 à julho 2020 na base WoS, porém, 30 deles se tratavam efetivamente sobre o tema desta RB, ou seja, Eletromiografia de Superfície de Alta Densidade aplicada à membros superiores. Diante disto, por meio de uma distribuição cronológica, notamos que do ano de 2010 até o ano de 2015, a média anual de publicações de artigos neste tema é de 1,33 e, de 2016 até 2020 esta média aumenta para 4,4. O ano com maior número de publicações é 2020 com 7 documentos e o menor número de publicações foi no ano de 2018 com nenhuma publicação.

3.2 Resultados da Análise Bibliométrica dos Autores.

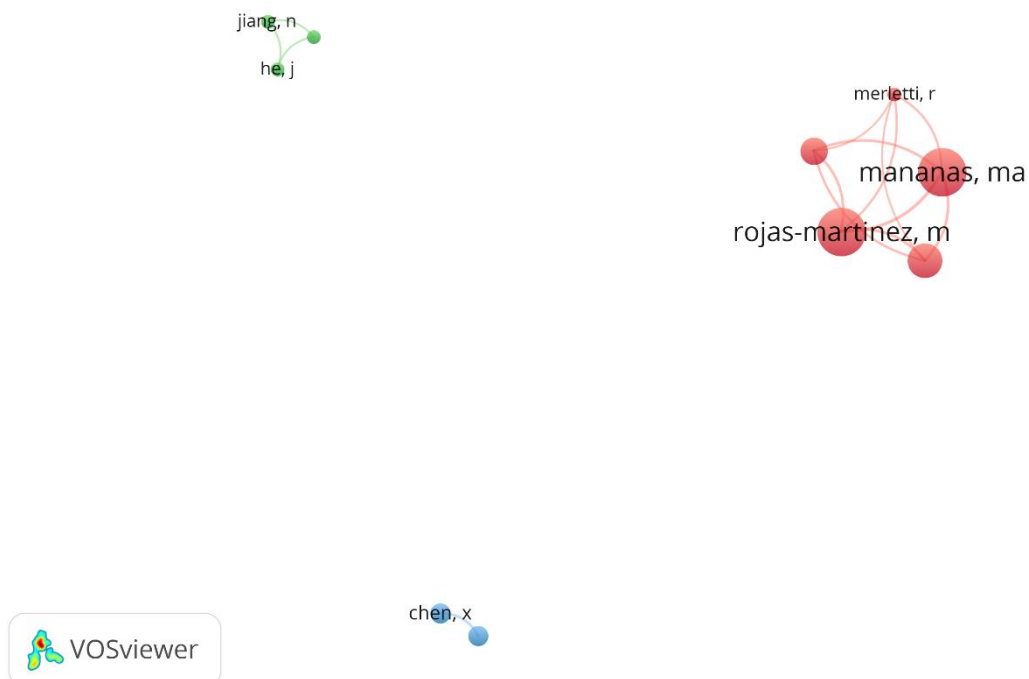
Na base WoS, um total de 113 autores publicaram sobre HDsEMG aplicada à membros superiores no período selecionado, desta forma, foram gerados grafos, Figuras 9 a 12, que visam expor a ligação existente entre eles, ou seja, as relações de coautoria e também dar ênfase nos autores que tiveram seus artigos com significativo número de citações, além de apresentar também a análise cronológica em cada situação. As Tabelas 1 e 2 possuem os dados dos 10 principais autores com relação à número de publicações e número de citações, respectivamente.

Tabela 1 - Principais autores por número de publicações.

Posição	Autor	Nº de Publicações	Citações	Índice H	Total link Strength
1	Rojas-Martinez, M	7	157	9	18
2	Mananas, M A	7	157	17	12
3	Alonso, JF	5	157	4	12
4	Jordanic, M	4	34	3	12
5	Chen, X	3	23	19	3
6	Zhang, X	3	23	9	3
7	Merletti, R	2	44	61	6
8	He, J	2	29	8	2
9	Jiang, N	2	24	20	2
10	Zhu, X	2	43	49	8

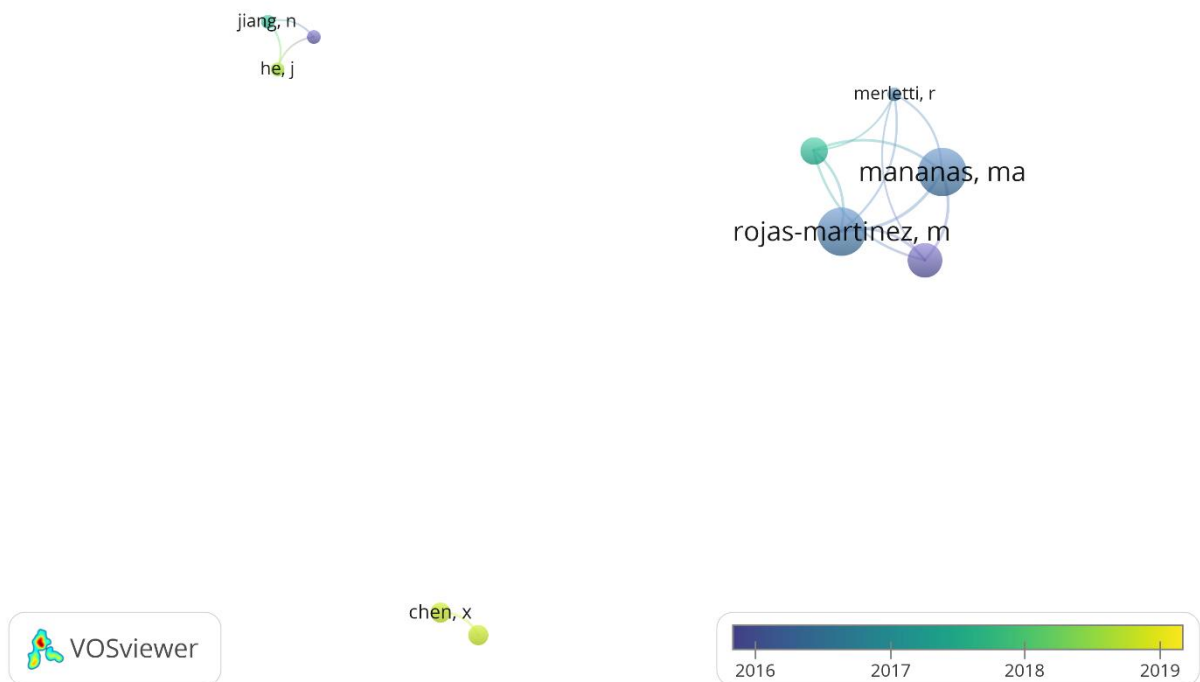
Fonte: Elaboração do próprio autor.

Figura 9 - Coautoria dos principais autores em nº de publicações.



Fonte: Elaboração do próprio autor.

Figura 10 - Coautoria dos principais autores em nº de publicações - Cronológico.



Fonte: Elaboração do próprio autor.

Ao comparar a Tabela 1 com a Figura 9, nota-se que o *cluster* vermelho agrupa os autores que possuem as primeiras posições da tabela, ou seja, possuem destaque quanto ao número de publicação, são coautores de seus trabalhos e estão distantes igualmente dos outros 2 clusters e, ao analisar também a Figura 10, observa-se que este *cluster* é composto por autores que publicaram artigos entre os anos de 2016 e 2018. Os trabalhos mais atuais dessa análise, são dos autores Zhang e Chen, ambos com 3 artigos e mais recentes do grafo, datados no ano de 2019. Alguns autores não possuíam *links* e não apareceram no grafo, outros foram sobrepostos pelo *software*.

Quanto aos artigos, o cluster vermelho trata de artigos que usam mapeamento espectral, inicialmente medidos em termos de sensibilidade, especificidade, precisão e exatidão, identificação automática de tarefas, assim como diferenciação dos níveis de contração voluntária. Além disso, evoluiu para o estudo da interferência da fadiga no método e incluiu tarefas não só isométricas, mas também dinâmicas. Nos artigos mais recentes, possibilitou *feedback* visual por meio de óculos de realidade aumentada e também Aprendizado de Máquina.

O *cluster* azul, com os artigos mais recentes do grupo, utilizam do mapeamento espectral, com estudos de seleção de canais para reduzir o número de dados dos

eletrodos alocados no braço. Faz a divisão dos sinais e aproximação dos mesmos, de forma iterativa, ou seja, dos sinais aproximados, realizam novas divisões e aproximações. Posteriormente, aplicam o método de extração de características para possibilitar o reconhecimento de padrões. Possui alto custo computacional.

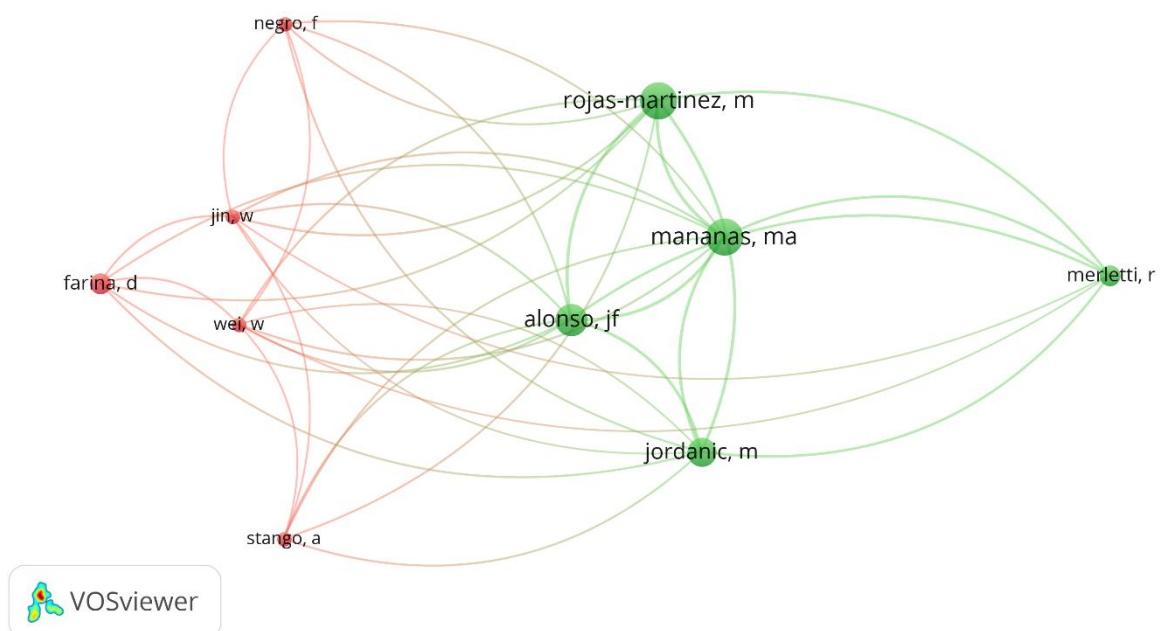
O *cluster* verde é formado por artigos que não utilizam mapeamento espectral, utilizam algoritmos de controle de posição dos eletrodos, tanto vertical quanto horizontal, aplicado para correção de sua interface mioelétrica, com o intuito de melhorar a robustez contra o deslocamento dos eletrodos nos momentos de adição e remoção do encaixe protético.

Tabela 2 - Principais autores por número de citações.

Posição	Autor	Nº de Citações	Nº de Publicações	Índice H	Total link Strength
1	Rojas-Martinez, M	157	7	9	99
2	Mananas, M A	157	7	17	99
3	Alonso, JF	157	5	4	88
4	Farina, D	134	2	79	21
5	Jin, W	93	1	10	15
6	Wei, W	93	1	27	10
7	Negro, F	83	1	7	16
8	Stango, A	83	1	4	10
9	Merletti, R	44	2	61	35
10	Jordanic, M	33	4	3	66

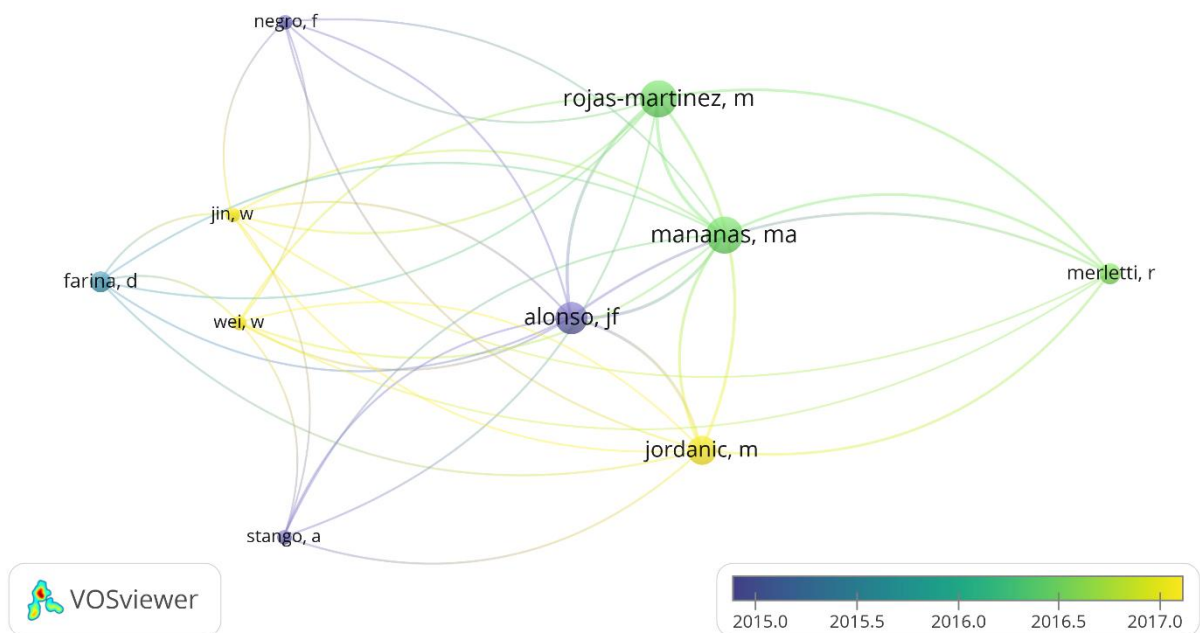
Fonte: Elaboração do próprio autor.

Figura 11 - Nº de citações dos principais autores.



Fonte: Elaboração do próprio autor.

Figura 12 - Nº de citações dos principais autores - Cronológico.



Fonte: Elaboração do próprio autor.

É observado que os autores em destaque da Tabela 2 são também os principais no grafo da Figura 11, visto que os três melhores colocados por número de citações possuem 157 citações com seus artigos desta RB. Os autores com publicações mais recentes, com número de citações suficiente para estar entre os 10 mais citados, possuem uma publicação, por consequência não estão contidos nos grafos da análise de número de publicações.

3.3 Resultados da Análise Bibliométrica dos Periódicos

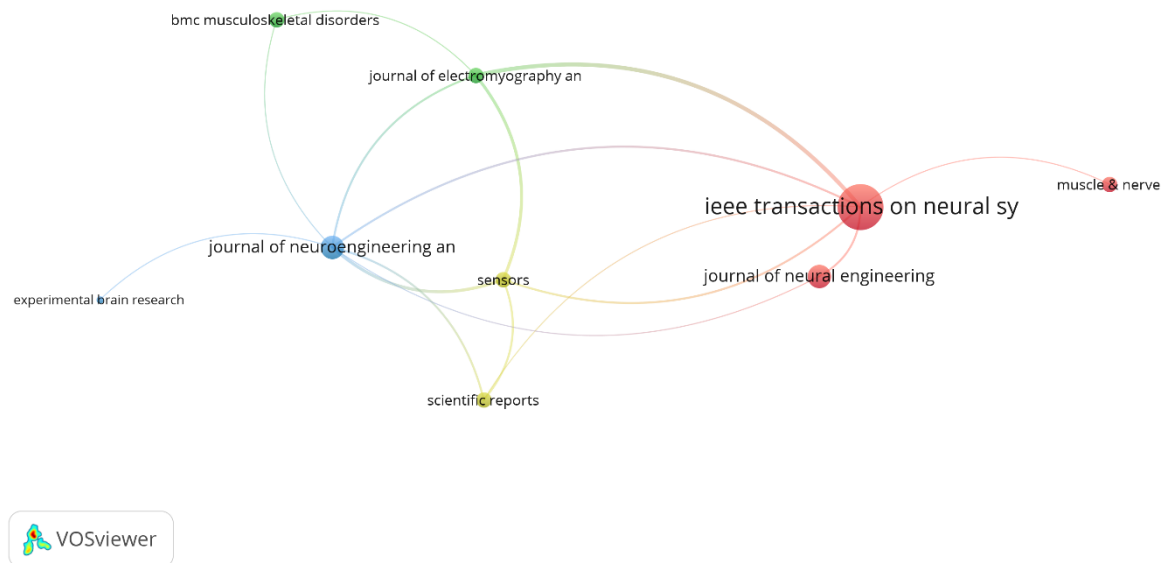
Foram identificados diferentes periódicos na área referente ao tema HDsEMG aplicada a membros superiores entre janeiro de 2010 à julho de 2020 na Tabela 3 são apresentadas as 10 principais fontes por número de publicações, assim como dados de citações e fator de impacto. Além disso, foi elaborado grafos destas fontes nas Figuras 13 e 14 para identificação de proximidades dos periódicos que mais publicaram e também a apresentação cronológica deles para posteriores análises.

Tabela 3 - Principais periódicos por número de publicações.

Posição	Periódico	Nº de Publicações	Nº de Citações	Fator de Impacto	Total link Strength
1	<i>IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering</i>	6	211	3,802	15
2	<i>Journal of Neural Engineering</i>	3	34	6,48	3
3	<i>Journal of Neuroengineering and Rehabilitation</i>	3	117	4,48	18
4	<i>BMC Musculoskeletal Disorders</i>	2	37	2,25	2
5	<i>Journal of Electromyography and Kinesiology</i>	2	117	2,26	12
6	<i>Muscle & Nerve</i>	2	18	2,17	1
7	<i>Scientific Reports</i>	2	12	4,13	5
8	<i>Sensors</i>	2	106	4,35	11
9	<i>Experimental Brain Research</i>	1	19	1,85	2
10	<i>Frontiers in Neurology</i>	1	16	3,62	1

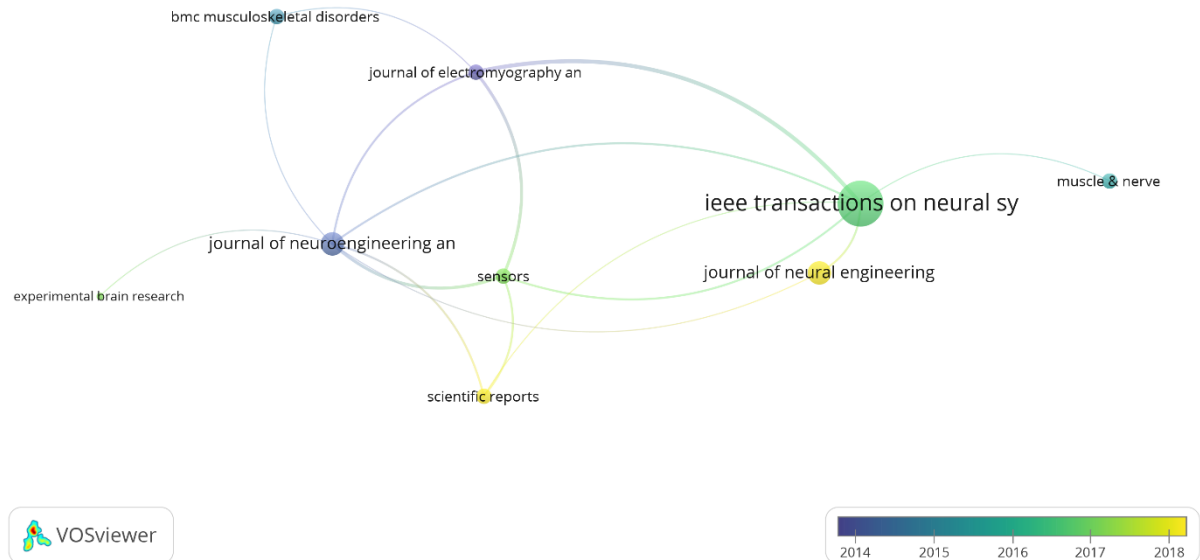
Fonte: Elaboração do próprio autor.

Figura 13 - Principais periódicos por publicações.



Fonte: Elaboração do próprio autor.

Figura 14 - Principais periódicos por publicações - Cronológico.



Fonte: Elaboração do próprio autor.

Ao relacionar a Tabela 3 com a Figura 13, é possível notar a discrepância do *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering* em ambos, devido ao número de publicações, visto que é o dobro se comparado ao segundo colocado da tabela. Ele também é o periódico com maior número de citações desta RB, porém, seu FI não é o mais significativo entre os 10 principais periódicos analisados. Está alocado no *cluster* vermelho, juntamente ao periódico de posição 2, *Journal of Neural Engineering*, que por sua vez, possui o maior FI da lista. Alocado no *cluster* amarelo, o *Sensors*, possui o terceiro maior FI, atrás apenas do *Journal of Neural Engineering* e *Journal of Neuroengineering and Rehabilitation*.

3.4 Resultados da Análise Bibliométrica das Citações

Entre os 30 artigos estudados sobre o tema HDsEMG aplicado a membros superiores desta RB, estão contidos na Tabela 4, os 10 mais citados. A partir disto, foram gerados grafos referentes às citações e cocitações entre os documentos, grafos para análises de acoplamento bibliográficos entre eles e também seus grafos de apresentação cronológica, nas Figuras 15, 16, 17 e 18, respectivamente.

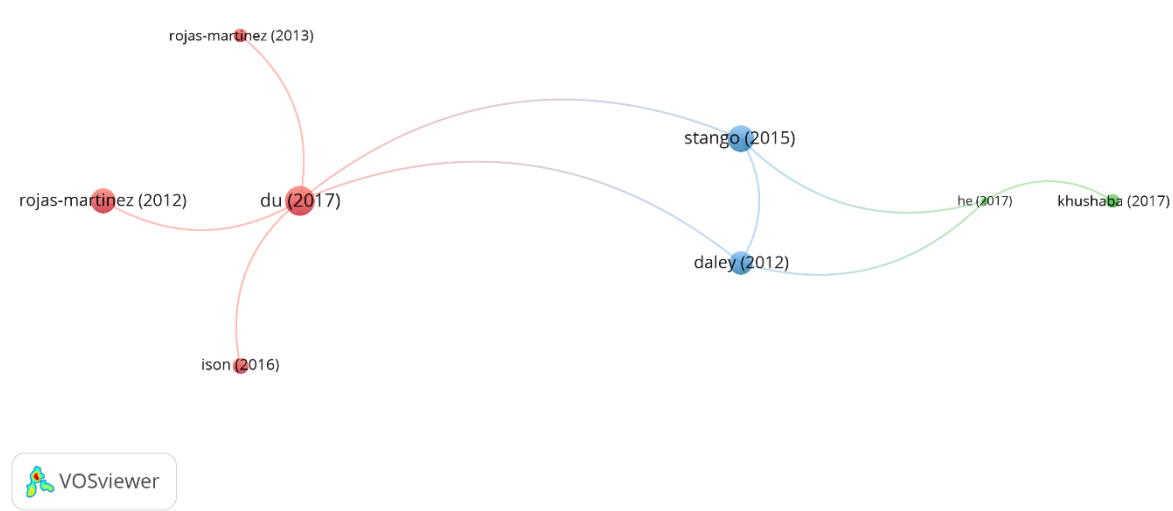
Tabela 4 - Principais artigos por número de citações.

Ano	Posição	Título	Autor	Nº de Citações	Periódico	Total link Strength
2017	1	<i>Surface EMG-Based Inter-Session Gesture Recognition Enhanced by Deep Domain Adaptation</i>	Du, Y	157	<i>Sensors</i>	5
2015	2	<i>Spatial Correlation of High Density EMG Signals Provides Features Robust to Electrode Number and Shift in Pattern Recognition for Myocontrol</i>	Stango, A	134	<i>IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering</i>	3
2012	3	<i>High-density surface EMG maps from upper-arm and forearm muscles</i>	Rojas-Martinez, M	125	<i>Journal of Neuroengineering and Rehabilitation</i>	3
2012	4	<i>High density electromyography data of normally limbed and transradial amputee subjects for multifunction prosthetic control</i>	Daley, H	125	<i>Journal of Electromyography and Kinesiology</i>	3
2016	5	<i>High-Density Electromyography and Motor Skill Learning for Robust Long-Term Control of a 7-DoF Robot Arm</i>	Ison	44	<i>IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering</i>	1
2013	6	<i>Identification of isometric contractions based on High Density EMG maps</i>	Rojas-Martinez, M	43	<i>Journal of Electromyography and Kinesiology</i>	1
2017	7	<i>A Framework of Temporal-Spatial Descriptors-Based Feature Extraction for Improved Myoelectric Pattern Recognition</i>	Khushaba, R	34	<i>IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering</i>	1
2010	8	<i>Altered neuromuscular control mechanisms of the trapezius muscle in fibromyalgia</i>	Gerdle, B	29	<i>BMC Musculoskeletal Disorders</i>	1
2017	9	<i>Combining Improved Gray-Level Co-Occurrence Matrix With High Density Grid for</i>	He, J	24	<i>IEEE Transactions on Neural</i>	0

		<i>Myoelectric Control Robustness to Electrode Shift</i>			<i>Systems and Rehabilitation Engineering</i>	
2014	10	<i>Channel selection for simultaneous and proportional myoelectric prosthesis control of multiple degrees-of-freedom</i>	Hwang, HJ	23	<i>Journal of Neural Engineering</i>	0

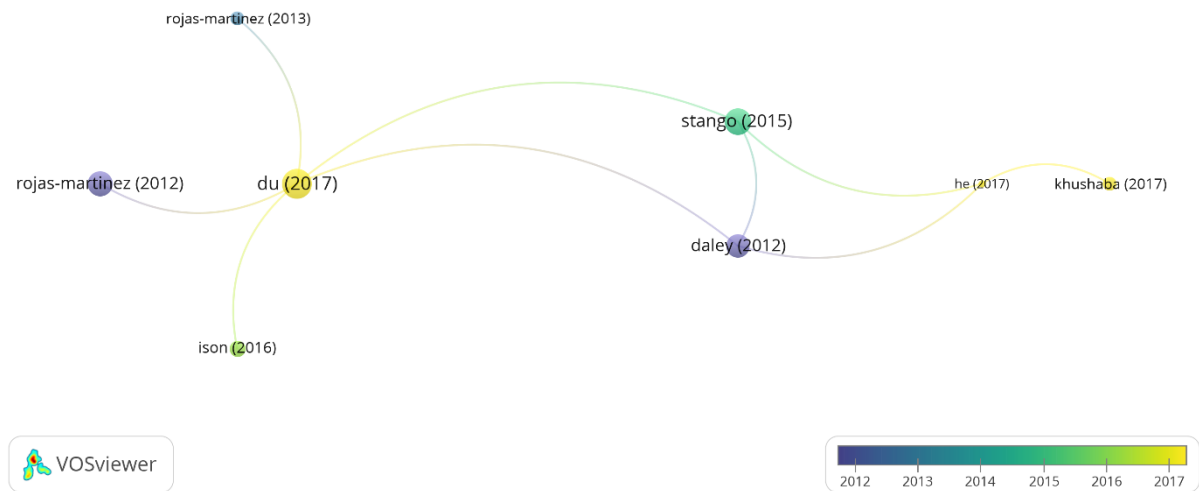
Fonte: Elaboração do próprio autor.

Figura 15. Principais artigos por nº de citações.



Fonte: Elaboração do próprio autor.

Figura 16 - Principais artigos por nº de citações - Cronológico.



Fonte: Elaboração do próprio autor.

Considerando a Tabela 4 e os grafos das Figuras 15 e 16, é possível perceber que os 4 primeiros da tabela possuem um número significativo de citações quando comparados aos 6 posteriores. É possível comprovar isso pelo grafo da Figura 8, onde, o artigo dos autores Du, Stango, Rojas-Martinez e Daley possuem maiores vértices em relação aos outros. Alguns artigos foram omitidos pelo VOSViewer pois não apresentavam *link* com esses principais.

O artigo mais citado, do autor Du, com 157 citações, está alocado no *cluster* vermelho, juntamente com mais dois artigos que foram publicados em anos anteriores, como nota-se na Figura 16, ou seja, pertencem ao mesmo *cluster* pois há *links* de cocitações entre eles. Também pode-se afirmar que, não existem *links* entre os artigos do *cluster* vermelho e o *cluster* verde, porém, eles são conectados no grafo por meio do *cluster* azul.

O segundo colocado da lista, Stango, faz parte do *cluster* azul, juntamente à Daley. Eles são o elo entre o *cluster* vermelho e o *cluster* amarelo, logo, pelo ano de publicação, é possível perceber que Daley é citado pelos artigos conectados a ele, visto que foi publicado em 2012, e Stango é citado pelo Du no *cluster* à esquerda, pelo He à direita e também cita o artigo de mesmo *cluster*, Daley.

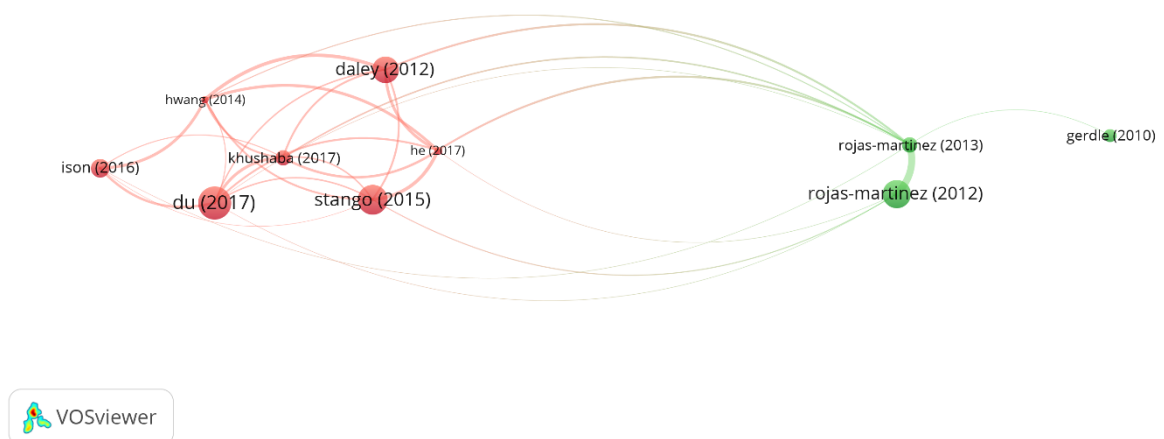
Quanto aos artigos, é possível caracterizar o *cluster* azul, onde o trabalho de Daley visa a diminuição do número de canais de dados para um número de eletrodos

cl clinicamente aceitável, com localização ideal para aplicar o reconhecimento de padrões das tarefas, sem mapeamento espectral. O Stango, juntamente com Farina, não utiliza mapeamento espectral, eles trabalham com deslocamento dos eletrodos e análises de canais ruidosos, fazendo análises com comparação de dados. Notamos que, é inevitável não discorrer sobre deslocamento de eletrodos e menor número aceitável.

Desta forma, o *link* entre o *cluster* vermelho e o azul, é o artigo mais recente do *cluster*, do autor Du, que, por sua vez, avalia a abordagem de 3 bancos de dados, um deles com 3 sub-bancos, onde, um deles é destinado a ajuste de hiper parâmetros do modelo de reconhecimento de padrões e os outros dois eram para avaliação dos algoritmos de reconhecimento de padrões entre sessões e entre sujeitos. Além disso, o *cluster* vermelho é composto por artigos que utilizam mapeamento espectral.

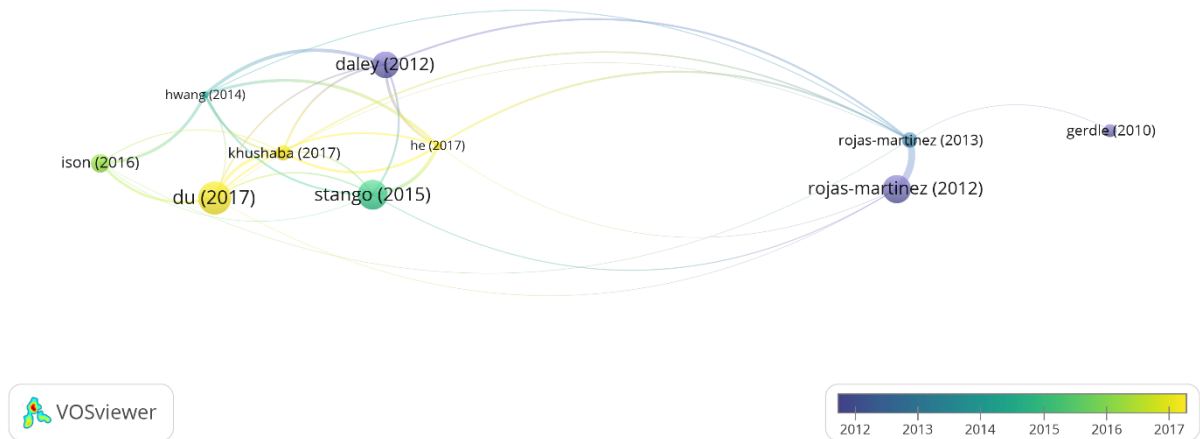
Além disso, o *cluster* verde, possui *link* com o *cluster* azul pelo artigo do ano de 2016, do autor He, onde, também não utiliza o mapeamento espectral e avalia as influências dos deslocamentos dos eletrodos por meio de algoritmos que analisam as alterações dos dados em relação às tarefas sem o deslocamento.

Figura 17 - Acoplamento bibliográfico principais artigos por citações.



Fonte: Elaboração do próprio autor.

Figura 18 - Acoplamento bibliográfico principais artigos por citações - Cronológico.



Fonte: Elaboração do próprio autor.

Nas Figuras 17 e 18, é possível relacionar os artigos por meio das referências citadas, onde, no *cluster* verde, dois artigos de Rojas-Martinez aparecem próximos de um terceiro, Gerdle, porém, este último não possui acoplamento bibliográfico com nenhum dos artigos do *cluster* vermelho. O artigo, do ano de 2010, estuda a ativação do músculo trapézio por meio de HDsEMG em pacientes com fibromialgia, que é uma doença que causa dor e fraqueza muscular generalizada. O estudo estritamente do trapézio o distancia do *cluster* vermelho, visto que os 7 artigos do *cluster* vermelho são estudos do antebraço. Apesar disto, é o oitavo artigo mais citado dentre os presentes nesta RB.

3.5 Resultados da Análise Bibliométrica das Palavras-chave

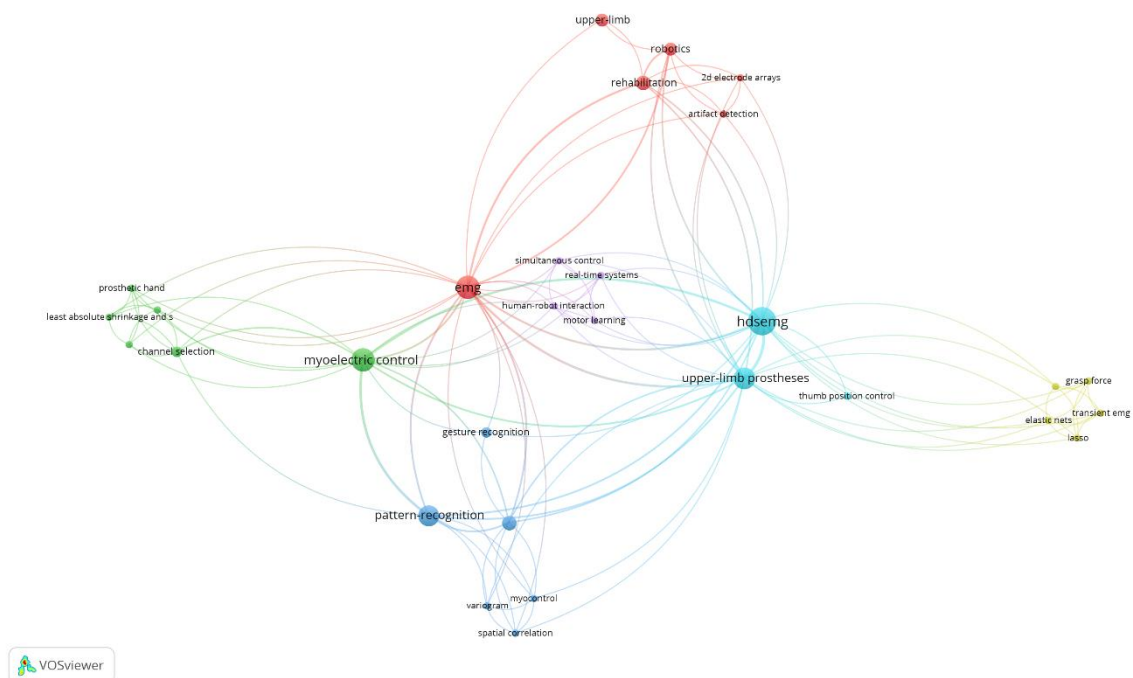
No *software* VOSviewer, foram utilizadas as análises de co-ocorrências entre as palavras-chave dos autores, que se trata da aparição do termo em pelo menos dois artigos. A Tabela 5 apresenta os 10 termos de maior ocorrência desta RB. As Figuras 19 e 20 contém os grafos de co-ocorrência dos termos de maior presença e também o critério temporal. O que mais os diferencia é o limitado número de termos da tabela, quando comparada ao grande número de agrupamentos e conexões presentes nos grafos.

Tabela 5 - Principais Palavras-chave por número de ocorrências.

Posição	Palavra-chave	Ocorrências	Total link Strength
1	<i>HDsEMG</i>	15	39
2	<i>EMG</i>	10	41
3	<i>Myoelectric control</i>	10	30
4	<i>Upper-limb prostheses</i>	9	40
5	<i>Pattern-recognition</i>	8	22
6	<i>Electrode shift</i>	4	16
7	<i>Rehabilitation</i>	4	14
8	<i>Robotics</i>	3	13
9	<i>Upper-limb</i>	3	3
10	<i>Channel selection</i>	2	8

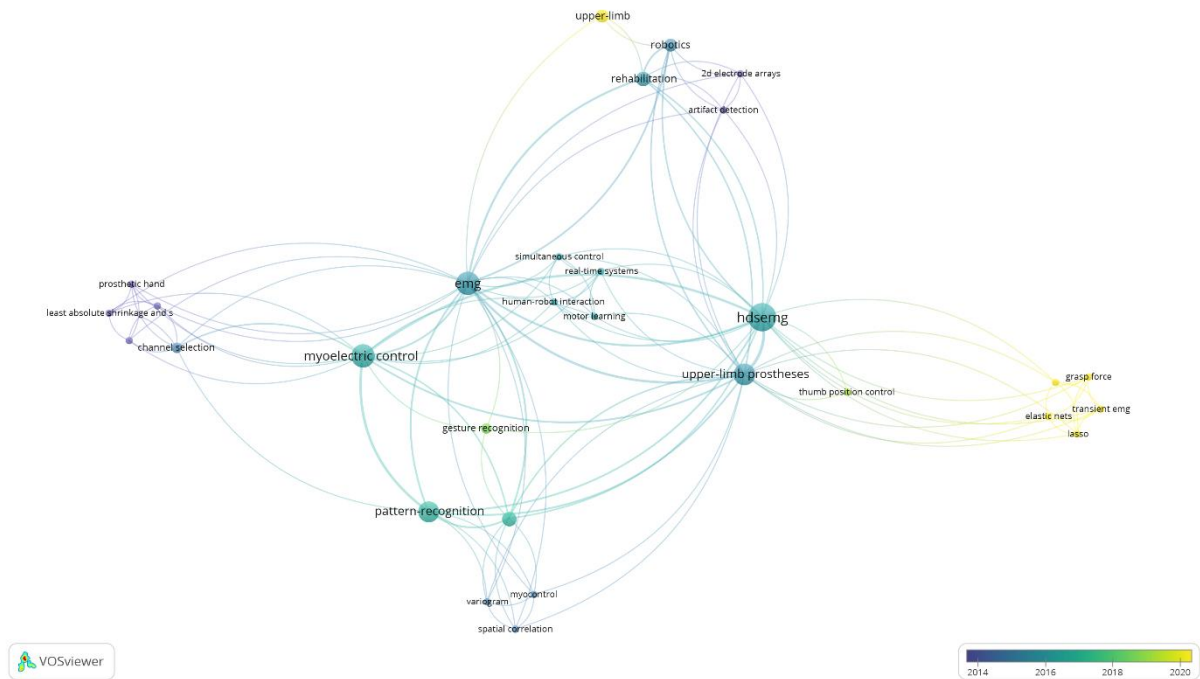
Fonte: Elaboração do próprio autor.

Figura 19 - Termos de maior ocorrência.



Fonte: Elaboração do próprio autor.

Figura 20 - Distribuição cronológica dos Termos de maior ocorrência.

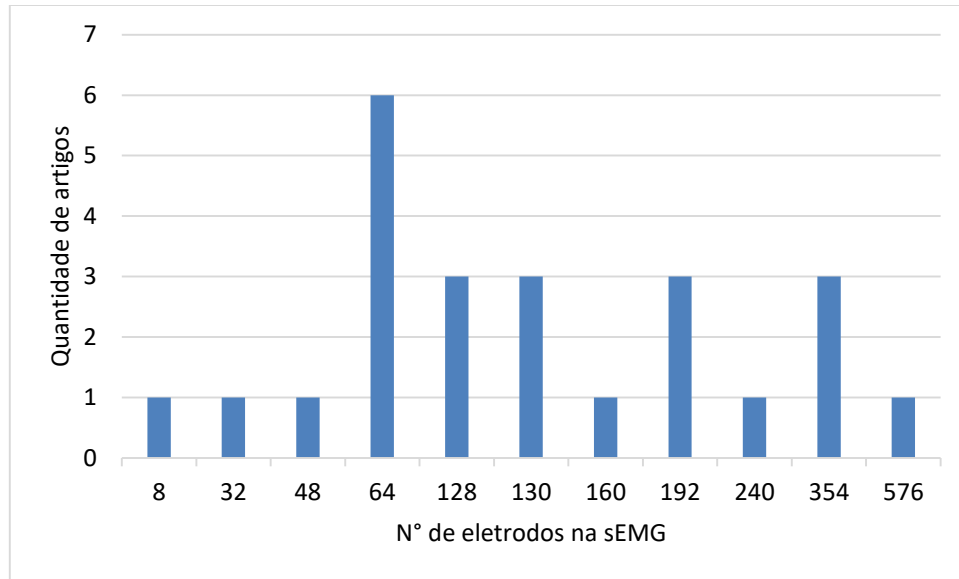


Fonte: Elaboração do próprio autor.

É evidente que os dois termos que mais aparecem nesta RB, por meio da Tabela 5 e pelas Figuras 19 e 20, são os termos HDsEMG, do *cluster* alaranjado e EMG, do *cluster* verde, com respectivamente 15 e 10 ocorrências. Elas possuem a maior força de ligação em relação às outras palavras da Tabela 5 juntamente com próteses de membro superior, sendo possível observar no grafo das Figuras 19 e 20 o grande número de conexões com os demais termos ao redor, visto que estes 3 termos estão localizados na região de centro do grafo.

Algumas análises manuais complementares podem ser realizadas nos artigos, como número de eletrodos, tipo de tarefa realizada e também classificador utilizado, mesmo levando em consideração que alguns artigos não divulgam determinadas informações. Quanto ao número de eletrodos por superfície EMG contida entre os 30 artigos, nota-se a presença de artigos de 8 eletrodos, que é o número mínimo para ser considerado alta densidade, até artigos com 576 eletrodos distribuídos nas grades. Os artigos com quantidade de sEMG mais comuns utilizaram 64 eletrodos, como observado no gráfico da Figura 21.

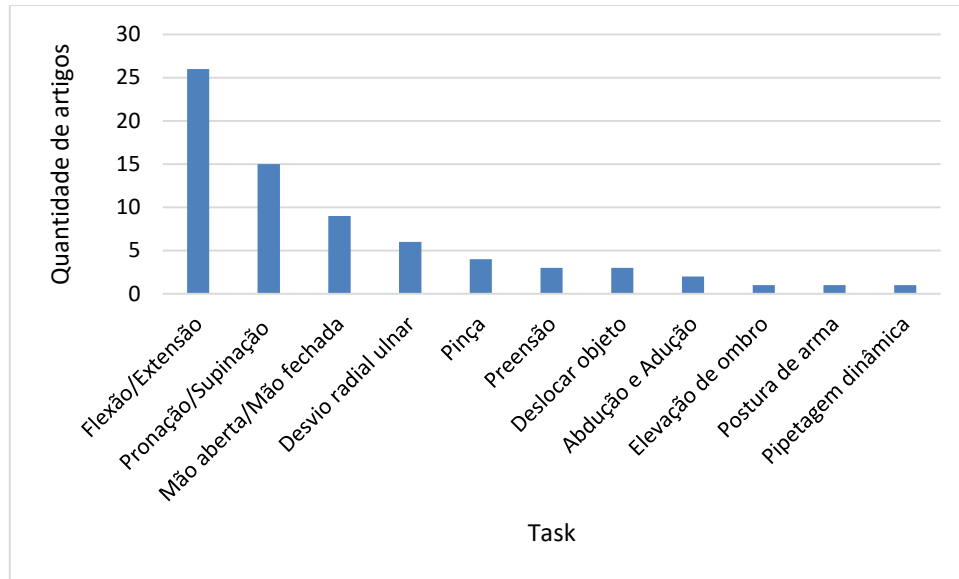
Figura 21 - Quantidade de artigos por n° de eletrodos na sEMG.



Fonte: Elaboração do próprio autor.

Quanto ao tipo de tarefa exercida pelos sujeitos nos trabalhos, o mais usual e comum entre os artigos é a flexão e extensão de cotovelo, antebraço, punho ou dedos, seguida de pronação e supinação de cotovelo ou antebraço. É possível observar a quantidade de artigos por tipo de tarefa no gráfico da Figura 22.

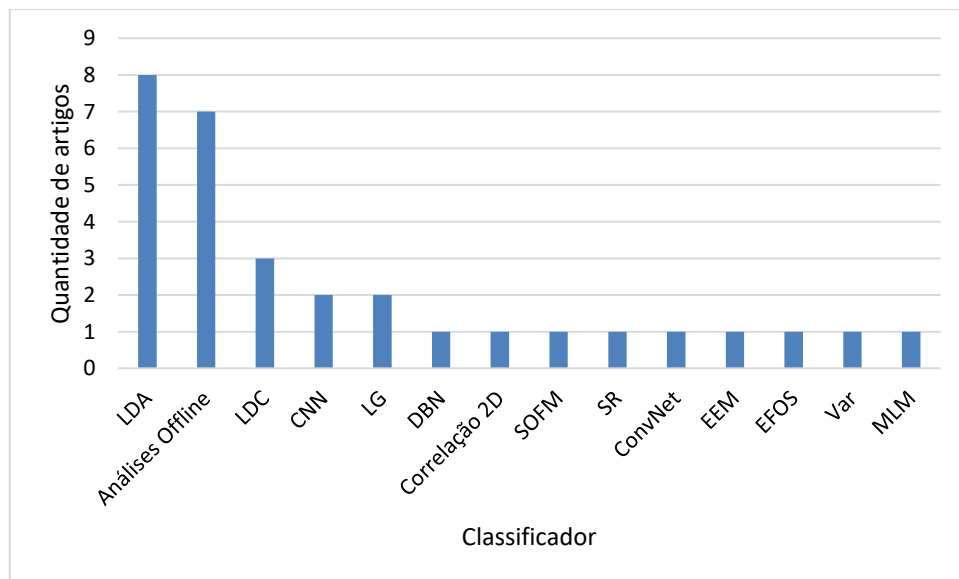
Figura 22 - Quantidade de artigos por tipo de *Task*.



Fonte: Elaboração do próprio autor.

Quanto aos tipos de classificadores, o mais comum entre os artigos que fazem parte desta RB é o de análise discriminante linear, seguido pelas análises offline. Nesta análise, observa-se que vários artigos utilizam classificadores exclusivamente, conforme Figura 23.

Figura 23 - Quantidade de artigos por tipo de classificador



Fonte: Elaboração do próprio autor.

4 CONCLUSÃO

O número de artigos científicos disponíveis na base WoS, do tema HDsEMG aplicado a membros superiores, entre os anos de 2010 e 2020 é relativamente pequeno, visto que, de 2010 até 2015, a média de artigos publicados ao ano foi 1,33 e posteriormente aumentou para 4,4. Eles apresentam um acentuado grau de colaboração entre os autores, parte deles de diferentes países.

Os principais pesquisadores, tanto em número de citações, quanto em número de publicações são Rojas-Martinez, M.; Mañanas M. A. e Alonso J. F. Eles se destacaram nas análises e mesmo não possuindo documentos entre os mais recentes, possuem correlações com grande parte dos outros autores que constituem esta RB.

O periódico com maior número de publicações e citações foi o *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*, mas apesar disso, não possui o maior FI, este título pertence ao *Journal of Neural Engineering*, com 6,48.

O artigo com maior número de citações é o *Surface EMG-Based Inter-Session Gesture Recognition Enhanced by Deep Domain Adaptation*, do autor Du, Y., publicado em 2017, com o intuito de ajustar hiper parâmetros do modelo de reconhecimento de padrões e avaliar os algoritmos de reconhecimento de padrões entre sessões e entre sujeitos.

A linha de pesquisa sobre o tema HDsEMG aplicado a membros superiores, dos artigos que compõem esta RB, começam em estudos sobre deslocamento de eletrodos e são agregados, com o passar dos anos, por análises de canais ruidosos, influências de fadiga, algoritmos de seleção de canais, tarefas isométricas e dinâmicas, reconhecimento de padrões nas atividades, reconhecimento de padrões em diferentes seções e sujeitos e também mapeamento espectral.

REFERÊNCIAS

- PLATÃO, A.; Apologia de Sócrates - Citações; 2008. Disponível em: <<https://citacoes.in/obras/apologia-de-socrates-6654/>>. Acesso em: 11 de novembro de 2022.
- ARANCETA-GARZA, A.; CONWAY, B. A. Differentiating Variations in Thumb Position From Recordings of the Surface Electromyogram in Adults Performing Static Grips, a Proof of Concept Study. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*. Vol.7, nº (132), maio, 2019.
- CAPES. Ministério da Educação/CAPES .periódicos., 2022. Disponível em: <<https://www.periodicos.capes.gov.br>>. Acesso em: 10 de agosto de 2021.
- CARRIOU V.; AL HARRACH, M.; LAFORET, J.; BOUDAUD, S. Sensitivity Analysis of HD-sEMG Amplitude Descriptors Relative to Grid Parameter Variation. XIV Mediterranean Conference on Medical and Biological Engineering and Computing 2016. Vol.57, p (119-123), junho, 2016.
- CARVALHO, G.L. Proposta de um método de projeto de próteses de membros superiores com a utilização da engenharia e análise do valor. Tese (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, p. 166. 2004.
- DA CUNHA, F. L. Mão de São Carlos, uma prótese multifunção para membros superiores – Um estudo dos mecanismos, atuadores e sensores. Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica) – Escola de Engenharia de São Carlos, da Universidade de São Paulo. São Carlos-SP, p. 259. 2002.
- DAI, C. Y.; HU, X. G. Independent component analysis based algorithms for high-density electromyogram decomposition: Experimental evaluation of upper extremity muscles. *Computers in Biology and Medicine*. Vol.108, p (42-48), maio, 2019.
- DALEY, H.; ENGLEHART, K.; HARGROVE, L.; KURUGANTI, U. High density electromyography data of normally limbed and transradial amputee subjects for multifunction prosthetic control. *Journal of Electromyography and Kinesiology*. Vol.22, ed.3, p (478-484), junho, 2012.
- DRUST, G; STEGEMAN, D. F.; van ENGELLEN, B. G. M.; ZWARTS, M. J. Clinical Applications of high-density surface EMG: A systematic review. Department of Clinical Neurophysiology and Neuromuscular Centre Nijmegen, Radboud University Nijmegen Medical Centre. Holanda. p.60. 2006.
- DU, Y.; JIN, W.G.; WEI, W. T.; HU, Y.; GENG, W. D. Surface EMG-Based Inter-Session Gesture Recognition Enhanced by Deep Domain Adaptation. *Sensors*. Vol.17, ed.3, nº (458), março, 2017.
- GERDLE, B.; GRONLUND, C.; KARLSSON, S. J.; HOLTERMANN, A.; ROELEVELD, K. Altered neuromuscular control mechanisms of the trapezius muscle in fibromyalgia. *BMC Musculoskeletal Disorders*. Vol.11, nº (42), março, 2010.

HE, J. Y.; JOSHI, M. V.; CHANG, J.; JIANG, N. Efficient correction of armband rotation for myoelectric-based gesture control interface. *Journal of Neural Engineering*. Vol.17, ed.3, nº (036025), junho, 2020.

HE, J. Y.; ZHU, X. Y. Combining Improved Gray-Level Co-Occurrence Matrix With High Density Grid for Myoelectric Control Robustness to Electrode Shift. *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*. Vol.25, ed.9, p (1539-1548), setembro, 2017.

HU, R. C.; CHEN, X.; CAO, S.; ZHANG, X.; CHEN, X. Upper Limb End-Effector Force Estimation During Multi-Muscle Isometric Contraction Tasks Using HD-sEMG and Deep Belief Network. *Frontiers in Neuroscience*. Vol.14, nº (450), maio, 2020.

HWANG, H. J.; HAHNE, J. M.; MULLER, K. R. Channel selection for simultaneous and proportional myoelectric prosthesis control of multiple degrees-of-freedom. *Journal of Neural Engineering*. Vol.11, nº (5), agosto, 2014.

ISON, M.; VUJAKLIJA, I.; WHITSELL, B.; FARINA, D.; ARTEMIADIS, P. High-Density Electromyography and Motor Skill Learning for Robust Long-Term Control of a 7-DoF Robot Arm. *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*. Vol.24, ed.4, p (424-433), abril, 2016.

JOHNS, G.; MORIN, E.; HASHTTRUDI-ZAAD, K. Force Modelling of Upper Limb Biomechanics Using Ensemble Fast Orthogonal Search on High-Density Electromyography. *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*. Vol.24, ed.10, p (1041-1050), outubro, 2016.

JORDANIC, M.; ROJAS-MARTÍNEZ, M.; MAÑANAS, M. A.; ALONSO, J. F.; MARATEB, H. R. A Novel Spatial Feature for the Identification of Motor Tasks Using High-Density Electromyography. *Sensors*. Vol.17, ed.7, nº (1597), julho, 2017.

JORDANIC, M.; ROJAS-MARTÍNEZ, M.; MAÑANAS, M. A.; ALONSO, J. F. Spatial distribution of HD-EMG improves identification of task and force in patients with incomplete spinal cord injury. *Journal of Neuroengineering and Rehabilitation*. Vol.13, nº (41), abril, 2016.

KALLENBERG, L. A. C.; HERMENS, H. J. Motor unit properties of biceps brachii during dynamic contraction in chronic stroke patients. *Muscle & Nerve*. Vol.43, ed.1, p (112-119), janeiro, 2011.

KISHI, K. O fator de impacto nas revistas científicas. *Galoá Journal*, 2018. Disponível em <<https://galoa.com.br/blog/o-que-e-fator-de-impacto-das-revistas-cientificas>> Acesso em: 28 de janeiro de 2021.

KISIEL-SAJEWICZ, K.; MARUSIAK, J.; ROJAS-MARTÍNEZ, M.; JANECKI, D.; CHOMIAK, S.; KAMINSKI, L.; MENCEL, J.; MAÑANAS, M. A.; JASKOLSKI, A.; JASKOLSKA, A. High-density surface electromyography maps after computer-aided training in individual with congenital transverse deficiency: a case study. *BMC Musculoskeletal Disorders*. Vol.21, ed.1, nº (682), outubro, 2020.

KUSHABA, R. N.; AL-TIMEMY, A. H.; AL-ANI, A.; AL-JUMAILY, A. A Framework of Temporal-Spatial Descriptors-Based Feature Extraction for Improved Myoelectric Pattern Recognition. *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*. Vol.25, ed.10, p (1821-1831), outubro, 2017.

MARCHETTI, P. H; DUARTE, M. Instrumentação em Eletromiografia. Laboratório de Biofísica, Escola de Educação Física e Esporte, da Universidade de São Paulo. São Paulo-SP, p. 29. 2006.

MARTINEZ, I. J. R.; MANNINI, A.; CLEMENTE, F.; SABATINI, A. M.; CIPRIANI, C. Grasp force estimation from the transient EMG using high-density surface recordings. *Journal of Neural Engineering*. Vlo.17, ed.1, nº (016052), fevereiro, 2020.

MILOSZ, B. R.; SOUZA, C. C.; KUHL, M. C. Mini curso: Iniciação à Pesquisa. Paraná-SP. 2017. Disponível em <<https://www3.unicentro.br/lmqqa/wp-content/uploads/sites/22/2017/11/Minicurso-LMQQA-2017-final.pdf>> Acesso em: 14 de julho de 2021.

MUSTAMIL, N.; NAJAM, U. Servant Leadership: A bibliometric Review. *International Journal of Organizational Leadership*. Vol.9, ed.3, p (138-155), outubro, 2020.

OLSSON, A. E.; SAGER, P.; ANDERSSON, E.; BJORKMAN, A.; MALESEVIC, N.; ANTIFOLK, C. Extraction of Multi-Labelled Movement Information from the Raw HD-sEMG Image with Time-Domain Depth. *Scientific Reports*. Vol.9, nº (7244), maio, 2019.

OTTOBOCK. Terminologia técnica para o membro superior. Valinhos-SP. 2019. Disponível em

<<https://www.ottobock.com.br/prosthetics/informa%C3%A7%C3%A3o-para-amputados/termos-t%C3%A9cnicos/termos-t%C3%A9cnicos-para-membros-superiores/>> Acesso em: 14 de julho de 2021.

PAN, L.; ZHANG, D.; JIANG, N.; SHENG, X.; ZHU, X. Improving robustness against electrode shift of high density EMG for myoelectric control through common spatial patterns. *Journal of Neuroengineering and Rehabilitation*. Vol.12, nº (110), dezembro, 2015.

PARKER, P.; ENGLEHART, K. B.; HUDGINS, B. Myoelectric signal processing for control of powered prostheses. *Journal of Electromyography and Kinesiology*. Vol.16, ed.6, p (541-548), dezembro, 2006.

ROJAS-MARTÍNEZ, M.; ALONSO, J. F.; JORDANIC, M.; ROMERO, S.; MAÑANAS, M. A. Identificación de Tareas Isométricas y Dinámicas del Miembro Superior Basada en EMG de Alta Densidad. *Revista Iberoamericana de Automática e Informática industrial*. Vol.14, ed.4, p (406-411), dezembro, 2017.

ROJAS-MARTÍNEZ, M., MAÑANAS, M. A.; ALONSO, J. F. High-density surface EMG maps from upper-arm and forearm muscles. *Journal of Neuroengineering and Rehabilitation*. Vol.9, nº (85), dezembro, 2012.

- ROJAS-MARTÍNEZ, M.; MAÑANAS, M. A.; ALONSO, J. F.; MERLETTI, R. Identification of isometric contractions based on High Density EMG maps. *Journal of Electromyography and Kinesiology*. Vol.23, ed.1, p (33-42), fevereiro, 2013.
- ROJAS-MARTÍNEZ, M.; SERNA, L. Y.; JORDANIC, M.; MARATEB, H. R.; MERLETTI, R.; MAÑANAS, M. A. High-density surface electromyography signals during isometric contractions of elbow muscles of healthy humans. *Scientific Data*. Vol.7, ed.1, nº (397), novembro, 2020.
- SAMANI, A.; SRINIVASAN, D.; MATHIASSEN, S.E.; MADELEINE, P. Variability in spatio-temporal pattern of trapezius activity and coordination of hand-arm muscles during a sustained repetitive dynamic task. *Experimental Brain Research*. Vol.235, ed.2, p (389-400), fevereiro, 2017.
- SHIN, H.; HU, X. G. Multichannel Nerve Stimulation for Diverse Activation of Finger Flexors. *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*. Vol.27, ed.12, p (2361-2368), dezembro, 2019.
- STANGO, A.; NEGRO, F.; FARINA, D. Spatial Correlation of High Density EMG Signals Provides Features Robust to Electrode Number and Shift in Pattern Recognition for Myocontrol. *IEEE Transaction on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*. Vol.23, ed.2, p (189-198), março, 2015.
- THOMAZ, P. G.; ASSAD, R. S.; MOREIRA, L. F. P. Uso do Fator de impacto e do índice H para avaliar pesquisadores e publicações. *Arquivos Brasileiros de Cardiologia*, Vol.96, ed.2, p (90–93), fevereiro, 2011.
- VOSVIEWER. VOSviewer: Visualizing scientific landscapes, 2021. Download. Disponível em: < <https://www.vosviewer.com/download> >. Acesso em: 10 de agosto de 2021.
- VU, P. P.; CHESTEK, C. A.; NASON, S. R.; KUNG, T. A.; KEMP, S. W. P.; CEDERNA, P. S. The future of upper extremity rehabilitation robotics: research and practice. *Muscle & Nerve*. Vol.61, ed.6, p (708-718), junho, 2020.
- WANG, D. Q.; ZHANG, X.; GAO, X. P.; CHEN, X.; ZHOU, P. Wavelet Packet Feature Assessment for High-Density Myoelectric Pattern Recognition and Channel Selection toward Stroke Rehabilition. *Frontiers in Neurology*. Vol.7, nº (197), novembro, 2016.
- YU, B.; ZHANG, X.; WU, L.; CHEN, X.; CHEN, X. A Novel Postprocessing Method for Robust Myoelectric Pattern-Recognition Control Through Movement Pattern Transition Detection. *IEEE Transactions on Human-Machine Systems*. Vol.50, ed.1, p (32-41), fevereiro, 2020.
- ZHOU P.; LOWERY M. M.; ENGLEHART, K. B.; HUANG; H., LI, G.; HARGROVE, L.; DEWALD, J. P.; KUIKEN, T. A. Decoding a new neural machine interface for control of artificial limbs. *Journal of Neurophysiology*. Vol.98, ed.5, p (2974-2982), novembro, 2007.

ANEXOS

Anexo A – VOSviewer thesaurus file autores

label replace by

angel mananas, m mananas, ma

mananas, ma mananas, ma

alonso, jf alonso, jf

francesc alonso, j alonso, jf

Anexo B – VOSviewer thesaurus file palavras-chave

label replace by

pattern-recognition pattern-recognition

pattern recognition pattern-recognition

recognition pattern-recognition

myoelectric pattern-recognition pattern-recognition

electromyography EMG

emg EMG

emg pattern recognition EMG

emg signals EMG

electromiography EMG

emg feature evaluation EMG

high-density surface electromyography HDsEMG

high density electromyography HDsEMG

high-density electromyography HDsEMG

high-density emg HDsEMG

density surface emg HDsEMG

hd-emg HDsEMG

hd-semg modeling HDsEMG

surface emg HDsEMG

high density electrodes HDsEMG

high-density electromyogram HDsEMG

high-density electromyography (emg) HDsEMG

high-density surface emg HDsEMG

high-density surface-electromyography HDsEMG

surface electromyography (semg) HDsEMG

surface emg amplitude HDsEMG

semg HDsEMG

myoelectric control myoelectric control

proportional myoelectric control myoelectric control

myoelectric prosthesis control myoelectric control

simultaneous myoelectric control myoelectric control

upper-limb myoelectric prosthetics upper-limb prostheses

upper-limb upper-limb

congenital upper limb amputation upper-limb

upper extremities upper-limb

upper extremity upper-limb

upper extremity muscles upper-limb

upper-extremity upper-limb

upper-limb hemiparesis upper-limb

upper-limb prostheses upper-limb prostheses

multifunctional prosthesis upper-limb prostheses

neuroprosthesis prostheses

prosthetics upper-limb prostheses

active prostheses upper-limb prostheses

hand prosthetics upper-limb prostheses

limb prostheses upper-limb prostheses

prosthesis upper-limb prostheses

electromyography (emg) EMG