

PUCRS

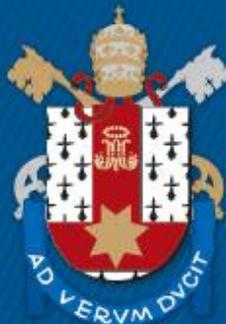
ESCOLA POLITÉCNICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA
MESTRADO EM ENGENHARIA ELÉTRICA

THIAGO BOEIRA SUSIN

**DESENVOLVIMENTO E COMPARAÇÃO ENTRE DIFERENTES IMPLEMENTAÇÕES DE
LÓGICA *FUZZY* PARA APTIDÃO FÍSICA EM REABILITAÇÃO DE JOELHO**

Porto Alegre
2020

PÓS-GRADUAÇÃO - *STRICTO SENSU*



Pontifícia Universidade Católica
do Rio Grande do Sul

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO RIO GRANDE DO SUL – PUCRS
ESCOLA POLITÉCNICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA

THIAGO BOEIRA SUSIN

**DESENVOLVIMENTO E COMPARAÇÃO ENTRE DIFERENTES
IMPLEMENTAÇÕES DE LÓGICA *FUZZY* PARA APTIDÃO FÍSICA EM
REABILITAÇÃO DE JOELHO**

PORTO ALEGRE

2020

THIAGO BOEIRA SUSIN

**DESENVOLVIMENTO E COMPARAÇÃO ENTRE DIFERENTES
IMPLEMENTAÇÕES DE LÓGICA *FUZZY* PARA APTIDÃO FÍSICA EM
REABILITAÇÃO DE JOELHO**

Dissertação apresentada como requisito para a
obtenção do grau de Mestre pelo Programa de Pós-
Graduação em Engenharia Elétrica da Escola
Politécnica da Pontifícia Universidade Católica do Rio
Grande do Sul

Área de Concentração: Sinais, Sistemas e tecnologia da
Informação.

Linha de Pesquisa: Engenharia Biomédica.

ORIENTADOR: Prof. Dr. Fabian Luis Vargas

CO-ORIENTADOR: Prof. Dr. Rafael Reimann Baptista

PORTO ALEGRE

2020



Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul

ESCOLA POLITÉCNICA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA - PPGE

**DESENVOLVIMENTO E COMPARAÇÃO ENTRE DIFERENTES
IMPLEMENTAÇÕES DE LÓGICA FUZZY PARA APTIDÃO
FÍSICA EM REABILITAÇÃO DE JOELHO**

CANDIDATO: THIAGO BOEIRA SUSIN

Esta Dissertação de Mestrado foi julgada para obtenção do título de MESTRE EM ENGENHARIA ELÉTRICA e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul.

DR. FABIAN LUIS VARGAS – ORIENTADOR

DR. RAFAEL REIMANN BAPTISTA – COORIENTADOR

BANCA EXAMINADORA

DR. RAFAEL HEITOR BORDINI - PPGCC – PUCRS

DRA. ANA MARIA MARQUES DA SILVA - PPGE - PUCRS

PUCRS

Av. Ipiranga, 6681 - Predio 32 - Sala 507 | CEP 90619-900 | Porto Alegre, RS - Brasil
Fone: (51) 3320-3540 | E-mail: engenharia.pg.eletrica@pucrs.br | www.pucrs.br/politecnica

Ficha Catalográfica

S964d Susin, Thiago Boeira

Desenvolvimento e comparação entre diferentes implementações de lógica fuzzy para aptidão física em reabilitação de joelho / Thiago Boeira

Susin. – 2020.

125 f.

Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, PUCRS.

Orientador: Prof. Dr. Fabian Luis Vargas.

Co-orientador: Prof. Dr. Rafael Reimann Baptista.

1. Inteligência Artificial. 2. Lógica Fuzzy. 3. Reabilitação. 4. Joelho. I. Vargas, Fabian Luis. II. Baptista, Rafael Reimann. III. Título.

Elaborada pelo Sistema de Geração Automática de Ficha Catalográfica da PUCRS com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Bibliotecária responsável: Clarissa Jesinska Selbach CRB-10/2051

“Nunca, nunca, nunca desista”

Winston Churchill

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus por me dar fé e forças para concluir o mestrado. Também ao meu pai, Paulo Roberto Susin; à minha mãe e seu cônjuge, Arlete Boeira Susin e Vicente Sica Macedo; e à minha filha e sua mãe, Sophia Caran Susin e Juliana Caran, por todo incentivo e auxílio necessário.

Gostaria de agradecer aos professores e colegas que me ajudaram em todo o processo de estudo e aprendizado, principalmente, ao meu orientador prof. Dr. Fabian Vargas, ao meu co-orientador prof. Dr. Rafael Baptista e ao Ms. Henrique Dias por colaborarem de maneira fundamental para o meu trabalho. Também agradeço meus amigos, Leandro de Souza e Ítalo Machado, que me apoiaram quando mais precisei.

Por fim, um agradecimento àqueles que incentivam a educação, pois o presente trabalho foi alcançado em cooperação com a Hewlett-Packard Brasil Ltda. e com recursos provenientes da Lei de informática (Lei nº 8.248, de 1991). Bem como, com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal Nível Superior – Brasil (CAPES).

RESUMO

A Inteligência Artificial (IA) desde o seu início teve como estratégia mimetizar a cognição humana. Na área da reabilitação física, as pesquisas incluem a IA para processar, estimar e classificar o nível de atividade física. No intuito de aprimorar a relação profissional – paciente, esse trabalho visa desenvolver e comparar implementações de Lógica *Fuzzy* (LF) dos tipos Sugeno (LFS) e Mamdani (LFM) para auxiliar a tomada de decisão do fisioterapeuta de liberar o retorno do paciente às atividades físicas com mais dados e segurança. Os sistemas implementados são compostos por uma sequência de regras *fuzzy* (se – então) e quatro *inputs* sobre amplitude de movimento, extensão e flexão; dor; e força muscular; com a finalidade de gerar um *output* sobre a aptidão do joelho. Os requisitos qualitativos dos sistemas levados em consideração foram o tempo de processamento, a precisão e a confiabilidade das respostas. Na comparação entre LFM e LFS, o método Sugeno obteve respostas mais fidedignas quanto ao nível de pertinência, mas ambos os sistemas apresentaram concordância entre os valores informados em seis casos clínicos hipotéticos e os conceitos de aptidão resultantes. Para a avaliação desses sistemas, três fisioterapeutas responderam aos mesmos seis casos clínicos e suas respostas foram confrontadas com os *outputs* conceituais dos sistemas de LFM e LFS, considerados aqui como um gabarito para testá-los. O nível de concordância foi grande em dois dos seis casos e pequeno nos outros quatro, como se trata de um método inovador de avaliação na área da reabilitação, acredita-se que com mais informações fazendo parte dos sistemas e com os profissionais tendo acesso a elas, a concordância possa ser maior. Diversos testes clínicos podem ser acrescentados como *inputs* para auxiliar no processo de tomada de decisão dos profissionais e com novos estudos validar, agilizar e evoluir o tratamento fornecido.

Palavras-chave: Inteligência Artificial, Lógica *Fuzzy*, Reabilitação, Joelho.

ABSTRACT

Artificial Intelligence (AI) since its beginning had as a strategy to mimic human cognition. In the area of physical rehabilitation, the studies include AI to process, estimate and classify the level of physical activity to improve the professional–patient relationship. The purpose of this work was to develop and compare Sugeno (FLS) and Mamdani (FLM) Fuzzy Logic (FL) implementations to assist the physiotherapist’s decision to let the patient returns to activities with more data and in a safer way. The implemented systems are composed of fuzzy rules (if – then) and four inputs of range of motion, extension and flexion; pain intensity; and muscle strength; to generate an output on the physical capability of the knee. The qualitative requirements of the systems took into account processing time, precision and reliability of the responses. In the comparison between FLM and FLS, the Sugeno method was more reliable regarding the level of membership function, but both systems agreed on the values reported in six hypothetical clinical cases and the resulting capability concepts. To the assessment of these systems, three physical therapists responded to the same six clinical cases and their responses were compared with the conceptual outputs of the FLM and FLS systems, here considered as a template to test the output. The level of agreement was high in two of the six cases and low in the other four, as an innovative method of assessment in the rehabilitation area, it is believed that with more data being part of the systems and with professionals having access to it, the agreement may be higher. Several clinical tests can be added as inputs to assist in the professional decision-making process, with new studies to validate, streamline, and evolve the treatment provided.

Keywords: Artificial Intelligence, Fuzzy Logic, Rehabilitation, Knee.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Gráfico de altura pela Lógica <i>Fuzzy</i>	22
Figura 2 - O sistema de inferência Mamdani usando mínimo e máximo.	29
Figura 3 - O sistema de inferência Sugeno usando média ponderada.	30
Figura 4 - Métodos de <i>defuzzificação</i>	31
Figura 5 - Imagem com vista anterior do membro inferior direito.	34
Figura 6 - Vista anterior do joelho direito.	35
Figura 7 - Vista posterior do joelho direito.	36
Figura 8 - Diagrama de blocos da Lógica <i>Fuzzy</i> Mamdani.	42
Figura 9 - Diagrama de blocos da Lógica <i>Fuzzy</i> Sugeno.	43
Figura 10 - Fluxograma de Retorno ao Esporte.	44
Figura 11 - Função de membro <i>input</i> Extensão.	46
Figura 12 - Função de membro <i>input</i> Flexão.	47
Figura 13 - Função de membro <i>input</i> Dor.	48
Figura 14 - Função de membro <i>input</i> Força Muscular.	49
Figura 15 - Variável Aptidão de saída do sistema.	50
Figura 16 - Regras com os valores de seus <i>inputs</i> e <i>output</i> do Caso 1 Mamdani.	51
Figura 17 - Regras com os valores de seus <i>inputs</i> e <i>output</i> do Caso 1 Sugeno.	51
Figura 18 - Regras com os valores de seus <i>inputs</i> e <i>output</i> do Caso 2 Mamdani.	52
Figura 19 - Regras com os valores de seus <i>inputs</i> e <i>output</i> do Caso 2 Sugeno.	52
Figura 20 - Regras com os valores de seus <i>inputs</i> e <i>output</i> do Caso 3 Mamdani.	53
Figura 21 - Regras com os valores de seus <i>inputs</i> e <i>output</i> do Caso 3 Sugeno.	53
Figura 22 - Regras com os valores de seus <i>inputs</i> e <i>output</i> do Caso 4 Mamdani.	54
Figura 23 - Regras com os valores de seus <i>inputs</i> e <i>output</i> do Caso 4 Sugeno.	54
Figura 24 - Regras com os valores de seus <i>inputs</i> e <i>output</i> do Caso 5 Mamdani.	55
Figura 25 - Regras com os valores de seus <i>inputs</i> e <i>output</i> do Caso 5 Sugeno.	55
Figura 26 - Regras com os valores de seus <i>inputs</i> e <i>output</i> do Caso 6 Mamdani.	56
Figura 27 - Regras com os valores de seus <i>inputs</i> e <i>output</i> do Caso 6 Sugeno.	56

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Porcentagem e conceito da concordância entre os fisioterapeutas e os sistemas.58

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Definições de IA, organizadas em quatro categorias.	17
---	----

LISTA DE ABREVEATURAS

ADM: Amplitude de Movimento

cm: centímetros

FM: Força Muscular

IA: Inteligência Artificial

ISM: Índice de Simetria de Membros

km: quilômetros

LCA: Ligamento Cruzado Anterior

LESS: *Landing Error Scoring System*

LF: Lógica *Fuzzy*

LFM: Lógica *Fuzzy* Mamdani

LFS: Lógica *Fuzzy* Sugeno

m: metros

MI: Membros Inferiores

mm: milímetros

s: segundos

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
1.1 Objetivos	15
1.2 Estrutura do Manuscrito	16
2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS	16
2.1 Inteligências Artificiais	19
2.2 Inteligências Artificiais na Área da Saúde	20
2.3 Princípios Básicos Sobre Lógica <i>Fuzzy</i>	20
2.3.1 <i>Fuzzy</i> ificação	22
2.3.2 Operadores <i>Fuzzy</i>	24
2.3.3 Sistema de Inferência <i>Fuzzy</i>	25
2.3.3.1 Sistema de Inferência <i>Fuzzy</i> : Regras <i>Fuzzy</i> Mamdani e Sugeno	26
2.3.3.2 Sistema de Inferência <i>Fuzzy</i> : Implicação	28
2.3.3.3 Sistema de Inferência <i>Fuzzy</i> : Composição	29
2.3.3.4 Sistema de Inferência <i>Fuzzy</i> : Diferença Entre Mamdani e Sugeno	29
2.3.4 <i>Defuzzificação</i>	30
2.4 Anatomia e Lesões de Joelho	33
2.5 Parâmetros Para o Retorno à Atividade Física	37
2.6 Estado – da – Arte	40
3. AVALIAÇÃO DA APTIDÃO DO JOELHO	42

3.1 Especificação	42
3.2 Implementação	45
4. VALIDAÇÃO	50
5. AVALIAÇÃO	57
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	59
6.1 Conclusão	59
6.2 Proposta de Trabalhos Futuros	60
REFERÊNCIAS	62
APÊNDICE	71
APÊNDICE A – MATLAB <i>SCRIPT</i> MAMDANI	72
APÊNDICE B – MATLAB <i>SCRIPT</i> SUGENO	97
APÊNDICE C – CASOS CLÍNICOS DE REABILITAÇÃO DE JOELHO	122

1. INTRODUÇÃO

A ciência avança rapidamente em diversas áreas de conhecimento e no campo da Inteligência Artificial (IA) não é diferente; porém, ainda há muito o que ser explorado. Os primeiros estudos com IA iniciaram com Warren McCulloch e Walter Pitts em 1943 tendo como base a fisiologia dos neurônios humanos (MCCULLOCH; PITTS, 1943), mas o termo IA foi criado por John McCarthy somente em 1955 (HAMET; TREMBLAY, 2017; RUSSELL; NORVIG, 2016). Hoje a IA já se encontra em uma grande variedade de aplicações nas áreas da engenharia, computação e medicina. Entretanto, o desenvolvimento e evolução da IA vai muito além das áreas básicas da matemática como a lógica, a computação e a probabilidade. Para que isso ocorra é fundamental o conhecimento das funções biológicas do Ser Humano, como a neurologia, a psicologia e a filosofia, já que esses elementos são os componentes básicos para a tomada de decisão do homem (RUSSELL; NORVIG, 2016).

A IA desde o seu início teve como estratégia mimetizar habilidades cognitivas. Então, para uma IA cada vez mais intuitiva e capaz de substituir, ou auxiliar funções humanas todos esses conceitos envolvendo o raciocínio lógico e funções biológicas são fundamentais para a produção de novos estudos e devem confluir para o mesmo objetivo.

Na área da saúde, o uso da IA tem seu início nos anos 70 com pesquisadores reconhecendo um potencial benefício de aliar o conhecimento médico a um computador com dados estatísticos para a interpretação de medidas e o manejo de ventiladores respiratórios em unidades de terapia intensiva (FAGAN; SHORTLIFFE; BUCHANAN, 1980). Porém, a IA começa a ter maior relevância somente na década de 80 com trabalhos que tentam recriar o raciocínio clínico médico e detectar possíveis doenças e patologias (SCHWARTZ; PATIL; SZOLOVITS, 1987). Hoje, a IA na medicina, começa a ter um impacto em três níveis: 1) para os clínicos, predominantemente, na rápida e precisa interpretação de imagens; 2) para o sistema de saúde, melhorando o fluxo de dados e podendo diminuir erros médicos; 3) para os pacientes, habilitando-os a processar seus próprios dados para promover saúde (TOPOL, 2019). Dentre os muitos tipos de IA, estão presentes na área da saúde, a *machine learning* (ou *deep learning*), com redes neurais e *support vector machine* (JIANG; JIANG; ZHI; DONG et al., 2017), a *cognitive computing* (KRITTANAWONG; ZHANG; WANG; AYDAR et al., 2017), o processamento de linguagem natural e *machine vision* (TOPOL, 2019), bem como a Lógica Fuzzy (LF) (THUKRAL; BAL, 2019).

Essa crescente utilização da IA para auxiliar os mais variados braços da medicina e do sistema de saúde é um processo necessário e sem volta. A possibilidade de cada vez mais estudos com tecnologia e ferramentas sofisticadas surgirem, faz com que o imaginário e os desejos de tratamento e ajuda aos profissionais e pacientes beire a ficção. Informação imediata sobre o estado geral do indivíduo monitorado com sensores espalhados por suas vestimentas e acessórios permitem o autoconhecimento e também o rápido envio das informações para o especialista analisar os dados a qualquer momento e em qualquer lugar, ou, podendo passar por um filtro de IA e o sistema pré-orientar medidas a serem tomadas.

Os dados e informações sobre determinadas condições de saúde já estão presentes em alguns sistemas, mas ainda de forma dicotomizada e segregada nas diversas especialidades médicas (TOPOL, 2019). Um grande desafio seria a unificação e correlação dos dados de cada indivíduo para criar uma base estatística e probabilística sobre o estado de saúde individual e, também, somar informação em uma grande rede para melhor entender e estudar esses dados de maneira segura em níveis locais, regionais, continentais e mundiais (QI; YANG; FAN; DENG, 2015).

Alguns estudos com IA, na área da reabilitação física e da fisioterapia, que atuaram de maneira mais próxima à prática clínica incluem redes neurais para processar, estimar e classificar o nível de atividade física através dos dados fornecidos por um acelerômetro (KHAN; LEE; LEE; KIM, 2010; STAUDENMAYER; POBER; CROUTER; BASSETT *et al.*, 2009); algoritmos de aprendizado supervisionado como *random forest*, *k-nearest neighbor*, *support vector machine classifier* e rede neural de convolução recorrente para avaliar e monitorar a atividade física dos indivíduos através de um *smartwatch* (BURNS; LEUNG; HARDISTY; WHYNE *et al.*, 2018); *decision tree*, *random forest* e *boosted tree* para auxiliar a tomada de decisão de pacientes que sofrem com dor lombar (NIJEWEME-D'HOLLOSY; VAN VELSEN; POEL; GROOTHUIS-OUDSHOORN *et al.*, 2018); e LF para estipular os melhores parâmetros para o tratamento com ultrassom (IŞIK; ARSLAN, 2011) ou para promover a individualização de um programa de reabilitação virtual de pacientes com disfunções neuromusculares através do treino com videogame (ESFAHLANI; CIRSTEANU; SANAEI; WILSON, 2017).

Com base nos pressupostos acima e no intuito de aprimorar a relação profissional – paciente, esse trabalho visa desenvolver e comparar estratégias de IA tipo LF (Sugeno e Mamdani). O conceito de LF foi desenvolvido para lidar com variabilidade de certos fenômenos ou

características e classificá-las em graus contínuos na qualidade de membro de uma classe. Esse conceito foge do tradicional conhecimento binário e busca cobrir a lacuna de informação entre o zero e o um. Características evidentes em questões vagas, principalmente da natureza, como ser alto, baixo; forte, fraco; jovem, velho, entre outros (ZADEH, 1965).

Assim, a proposta desse trabalho serve como auxílio na tomada de decisão do fisioterapeuta para liberar o retorno do paciente para suas atividades físicas com maior segurança e municiado com dados sobre as condições do indivíduo. Esse sistema traria o benefício de apresentar um critério de retorno à prática esportiva, minimizando quadros recidivos ou novas lesões. Assim a tomada de decisão se torna mais assertiva, pois seria baseada em uma resposta quantitativa do sistema de avaliação por LF, bem como a observação qualitativa do fisioterapeuta.

1.1 Objetivos

O objetivo geral desse trabalho é desenvolver estratégias de auxílio na tomada de decisão do fisioterapeuta para o retorno às atividades físicas de indivíduos em reabilitação de joelho baseada em IA do tipo lógica *fuzzy*.

Objetivos específicos:

- Especificar as estratégias de avaliação da aptidão física específica do joelho com o auxílio da LF com inferências Mamdani (LFM) e Sugeno (LFS), incluindo a definição de requisitos funcionais quantitativos e qualitativos;
- Implementar as estratégias de LF Mamdani e Sugeno;
- Construir casos clínicos hipotéticos baseados em dados da literatura para validação e avaliação dos sistemas;
- Validar a funcionalidade das estratégias;
- Avaliar quantitativamente e qualitativamente as estratégias entre si e compará-las com o Estado-da-Arte.

1.2 Estrutura do Manuscrito

Esta dissertação está organizada da seguinte maneira. O trabalho iniciou com uma breve introdução sobre IA e sua interação com a área da saúde no Capítulo 1. Esse tema foi melhor explorado no Capítulo 2, abrangendo conhecimentos sobre a LF; a anatomia do membro inferior, em especial a do joelho; os parâmetros de retorno às atividades físicas; e o Estado-da-Arte sobre IA e reabilitação.

Vistas as novidades no campo de IA que se aproximam com a ideia do projeto. No Capítulo 3, foi apresentada a proposta. Nele há a especificação e a implementação da proposta de avaliação de aptidão do joelho para a prática de atividade física. No Capítulo 4, há a validação dos sistemas com a comparação entre os dois tipos de LF, Sugeno e Mamdani, para auxiliar os profissionais de saúde responsáveis pelo plano de tratamento do indivíduo em reabilitação.

A especificação e implementação dos sistemas de LF, bem como, suas validações foram apresentadas e comparadas com a literatura. A avaliação é feita no Capítulo 5, onde profissionais com expertise em reabilitação musculoesquelética tiveram suas opiniões confrontadas com os conceitos dos sistemas. O Capítulo 6 traz as considerações finais do trabalho com as conclusões e sintetiza os conceitos mais importantes vistos e encerra com propostas de trabalhos futuros sobre o assunto.

2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

O embasamento teórico deste trabalho foi feito através de levantamento bibliográfico de artigos científicos e livros pertinentes ao desenvolvimento da nova estratégia de avaliação da aptidão física de indivíduos em tratamento fisioterapêutico para o joelho.

2.1 Inteligência Artificial

Apresentar uma definição simples sobre o que é a IA não é fácil, uma vez que o termo inteligência abrange tantos escopos e diferentes maneiras de ser empregada. Inteligência, razão, lógica, conhecimento não são sinônimos (GARDNER, 1992). Todavia, esses termos fazem parte daquilo que é chamado de IA. As definições de IA se diferenciam de acordo com suas

características e funções realizadas. No quadro 1, podem ser vistas oito definições de IA, apoiadas em duas dimensões. As definições do topo são concentradas em processamento do pensamento e raciocínio, enquanto as de baixo endereçam o comportamento. As definições da esquerda medem o sucesso em termos de fidelidade à performance humana, enquanto as da direita medem um ideal de performance, racionalidade. Um sistema é dito racional se ele faz a coisa certa dado o que ele sabe (RUSSELL; NORVIG, 2016).

Quadro 1 - Definições de IA, organizadas em quatro categorias. Adaptado de (RUSSELL; NORVIG, 2016).

<p>Pensamento Humano</p> <p>“O excitante novo esforço de fazer computadores pensar... máquinas com mentes, no sentido literal completo.” (Haugeland apud Russel e Norvig, 2016)</p> <p>“[A automação de] atividades que associamos ao pensamento humano, atividades como tomada de decisões, resolver problemas, aprender..” (Bellman apud Russel e Norvig, 2016)</p>	<p>Pensamento Racional</p> <p>“O estudo das faculdades mentais através do uso de modelos computacionais.” (Charniak e McDermott apud Russel e Norvig, 2016)</p> <p>“O estudo das computações que fazem possível perceber, raciocinar e atuar.” (Winston apud Russel e Norvig, 2016)</p>
<p>Atuação Humana</p> <p>“A arte de criar máquinas que realizem funções que requerem inteligência quando realizadas por pessoas.” (Kurzweil apud Russel e Norvig, 2016)</p> <p>“O estudo de como fazer computadores fazer coisas nas quais, no momento, as pessoas são melhores.” (Rich e Knight apud Russel e Norvig, 2016)</p>	<p>Atuação Racional</p> <p>“Inteligência computacional é o estudo do <i>design</i> de agentes inteligentes.” (Poole apud Russel e Norvig, 2016)</p> <p>“IA ... está preocupada com o comportamento inteligente em artefatos.” (Nilsson apud Russel e Norvig, 2016)</p>

Uma abordagem centrada no humano deve ser, em parte, uma ciência empírica, envolvendo observações e hipóteses sobre o comportamento humano. Uma abordagem racionalista envolve uma combinação de matemática e engenharia. Por vezes os diferentes tipos de IAs acabam englobando e misturando um pouco de cada uma dessas características.

O pensamento humano leva a uma abordagem de modelamento cognitivo. Quando se diz que um programa pensa como humano, de alguma maneira se precisou entender o funcionamento da mente humana. Existem três maneiras de fazer isso: (i) pela introspecção - tentando perceber os próprios pensamentos; (ii) pelos experimentos psicossociais – observando uma pessoa em ação; e (iii) pela imagem do cérebro – observando o cérebro em ação. Uma vez tendo dados suficientes, pode-se expressar a teoria por um programa de computador. No campo interdisciplinar da ciência cognitiva, se constrói teorias precisas e estáveis sobre a mente humana através de modelos computacionais de IA e técnicas experimentais da psicologia (RUSSELL; NORVIG, 2016); (ERTEL, 2018).

Para a atuação humana foi proposto um teste por Alan Turing (1950) que foi feito para fornecer uma definição operacional satisfatória de inteligência. Um computador passa o teste se um humano interrogador, depois de avaliar algumas questões escritas, não for capaz de distinguir se as respostas vieram de uma pessoa ou um computador. Programar um computador para passar num teste assim requer que ele tenha capacidades como processamento de linguagem natural, representação de conhecimento, raciocínio automatizado e *machine learning* (RUSSELL; NORVIG, 2016); (ERTEL, 2018); (TAULLI, 2019).

No pensamento racional, tem-se uma abordagem de codificar o pensamento, um processo de raciocínio irrefutável. Estabelecer os padrões para as estruturas do argumento que convergem para a conclusão correta quando as premissas estão corretas. Esses padrões governam as operações da mente e o seu estudo iniciou o campo da lógica. Os problemas nesse campo são que não é fácil pegar o conhecimento informal e colocar em termos formais requeridos pela notação lógica, principalmente quando esse conhecimento não é 100% certo. Também, existe uma grande diferença entre resolver um problema na teoria e, um na prática. Mesmo um problema com algumas centenas de fatos pode esgotar os recursos computacionais, a menos que tenha alguma etapa lógica que deva ser testada primeiro (RUSSELL; NORVIG, 2016).

A atuação racional vem através de agentes computacionais que operam autonomamente, percebem seu ambiente, persistem por um tempo prolongado, se adaptam às mudanças e criam e perseguem objetivos. Um agente racional é aquele que atua para atingir a melhor resposta, ou quando tem uma incerteza, atingir a melhor resposta esperada. A atuação racional tem duas vantagens sobre as demais abordagens. É mais geral que o pensamento racional porque a inferência correta é apenas um dos vários possíveis mecanismos para atingir a racionalidade, e mais favorável ao desenvolvimento científico do que abordagens baseadas nos comportamentos e pensamento humanos. Entretanto, o comportamento humano é bem adaptado para um ambiente específico e é definido pela soma de todas as coisas que os humanos fazem (RUSSELL; NORVIG, 2016); (ERTEL, 2018).

2.2 Inteligência Artificial na Área da Saúde

Muito se especula sobre a relação da IA na área da saúde como se os profissionais estivessem em risco de serem substituídos, ou suas carreiras ameaçadas por novas tecnologias robóticas. No entanto, isso dificilmente ocorra em um horizonte próximo. A IA está evoluindo rapidamente e avançando em diversas áreas, inclusive a da saúde, mas com o intuito de ser uma adjuvante. Antes da IA ser incorporada ao sistema de saúde ela precisa ser treinada, alimentada, por dados das atividades clínicas, como avaliações, diagnósticos, tratamentos e exames complementares. Desde o ano 2013 a área de diagnóstico por imagem vem sendo alvo de pesquisas utilizando IA, principalmente no que diz respeito a câncer e a doenças dos sistemas nervoso e cardiovascular (JIANG; JIANG; ZHI; DONG *et al.*, 2017).

A enorme quantidade de dados produzida a partir de imagens médicas de alta resolução, biossensores com informação contínua das métricas fisiológicas, sequenciamento genético e anotações médicas eletrônicas, já ultrapassaram o limite de análise feita somente pelo homem, necessitando, assim, do auxílio de máquinas (TOPOL, 2019). Por sua vez, a máquina também precisa de um sistema para processar, analisar e organizar toda essa informação recebida constantemente e ininterruptamente. Desta forma, a IA ganha cada vez mais espaço e seus algoritmos se tornam cada vez mais essenciais para otimizar o sistema de saúde.

Um sistema com IA pode assistir os profissionais da saúde com informações atualizadas de revistas especializadas e práticas clínicas, bem como, ajudar a diminuir diagnósticos e

tratamentos errados (WICHMANN; OBBELODE; VOGEL; HOEPKER *et al.*, 2012); (DILSIZIAN; SIEGEL, 2014). Além dessas vantagens, um sistema com IA pode extrair dados de uma população muito grande e informar em tempo real alertas quanto a algum risco para a saúde de pacientes ou prever algum prognóstico (NEILL, 2013).

As duas categorias de IA com maior contribuição para a saúde são a *machine learning* e o processamento de linguagem natural (JIANG; JIANG; ZHI; DONG *et al.*, 2017); (TOPOL, 2019). As técnicas de *machine learning* permitem analisar dados estruturados como imagens, genética e eletrofisiológicos. A aplicação médica se dá pelo agrupamento das características dos pacientes ou inferir uma probabilidade de uma doença se manifestar (DARCY; LOUIE; ROBERTS, 2016). Os métodos de processamento de linguagem natural extraem informações de dados não estruturados como anotações clínicas e revistas médicas para enriquecer os dados estruturados. O processamento de linguagem natural foca em tornar textos em dados que possam ser lidos e analisados pelas técnicas de *machine learning* (MURFF; FITZHENRY; MATHENY; GENTRY *et al.*, 2011). Ambas categorias necessitam de uma grande quantidade de entrada de dados para que elas possam aprender e reconhecer os padrões e as relações entre os dados.

Outra categoria de IA é a LF, ela é uma alternativa à teoria probabilística, a qual o desfecho representa o grau que leva ao falso ou verdadeiro, 0 ou 1, introduz valores entre esses extremos. A LF procura mimetizar a natureza do pensamento humano para lidar com problemas específicos. Ela é baseada em regras de “se – então” para produzir a resposta daquele dado problema onde está sendo aplicada (THUKRAL; BAL, 2019). Então, diferentemente das categorias anteriores, a LF não necessita de tantos dados de entrada, pois sua resposta vai levar em consideração as regras propostas pelo especialista desenvolvedor.

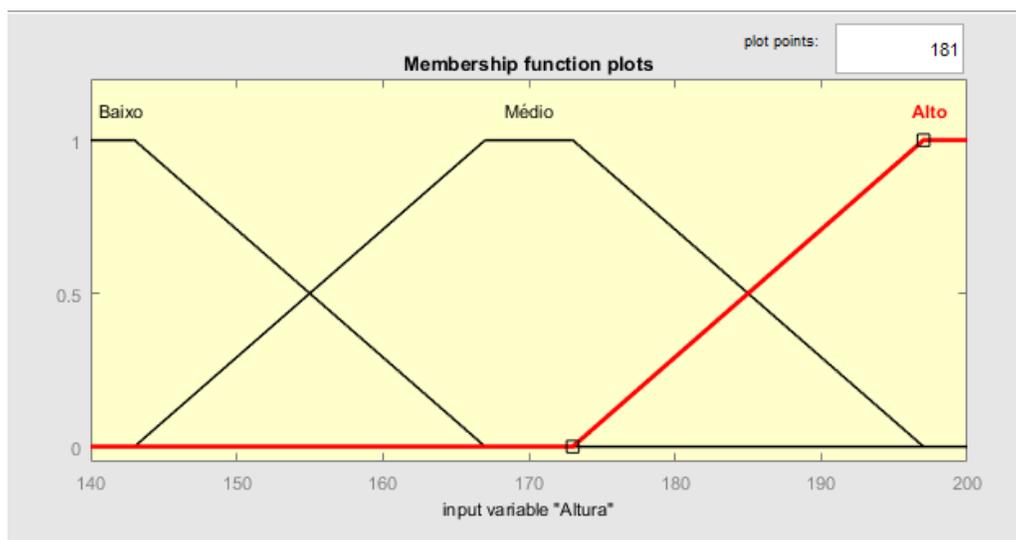
2.3 Princípios Básicos Sobre Lógica *Fuzzy*

O nome “*fuzzy*” vem do inglês que quer dizer “vago”. O controle de LF pertence à classe do “controle inteligente”, “controle baseado no conhecimento” ou “controle *expert*”. Humanos são flexíveis, se adaptam a situações estranhas, conseguem captar a informação de maneira eficiente e descartar detalhes irrelevantes. Eles podem fazer boas decisões e, além disso, dar explicações lógicas sobre sua decisão, mesmo tendo informações qualitativas. Podem tanto perceber, aprender e melhorar suas habilidades pela experiência, quanto serem criativos,

inventivos e inovadores. É muito desafiador procurar desenvolver sistemas que possuem essas habilidades humanas e esse é o trabalho encarado por aqueles que atuam no campo da IA (DE SILVA, 2018).

Diferentemente da teoria clássica binária, na qual algo pertence por completo a um conjunto, ou, então, não pertence de forma alguma. O conjunto da teoria da LF proposto pelo professor Lotfi Zadeh em 1965 lida tanto quantitativa, quanto qualitativamente com essa questão polar, gerando valores entre 0 e 1 para conseguir representar as relações não lineares entre entradas e saídas de um sistema (ZADEH, 1965). A LF é um método de raciocínio com expressões lógicas descrevendo um membro do conjunto (RUSSELL; NORVIG, 2016)

Na natureza, existem muitos exemplos de conjuntos clássicos (*crisp sets*) com conceitos vagos que podem ser facilmente descritos e entendidos pelos humanos, mas que ao serem transportados para uma linguagem matemática tradicional podem se tornar falhos. Por exemplo, um conceito como “alto”. Quem é alto e quem, não é? No sistema tradicional seria, simplesmente, sim ou não, com um número dividindo aqueles que são, daqueles que não são. De maneira genérica, pode-se dizer que alguém com mais de 1.90 metros (m) é alto; porém, também quer dizer que alguém com 1.89 m é mediano. Esse exemplo não quer tirar o crédito da teoria tradicional de *crisp sets*, mas, sim, demonstrar que o conjunto de LF (*fuzzy set*) é diferente e pode ser uma ferramenta complementar com aplicações definidas e eficazes (YING, 2000). A Figura 1 mostra a ideia da LF através de um gráfico.

Figura 1 - Gráfico de altura pela Lógica *Fuzzy*.

Fonte: O Autor (2020).

2.3.1 Fuzzificação

Um *fuzzy set* é um meio de especificar o quão bem um objeto satisfaz uma descrição vaga, não há limites bem definidos (RUSSELL; NORVIG, 2016). Consiste em um universo de discurso e uma função de membro que mapeia todos os elementos do universo de discurso e associa a um membro de valor entre 0 e 1, onde 0 significa nenhuma associação e 1, completa associação. Por exemplo, uma pessoa “jovem” com 10 anos pode ser associada a um valor de 1, com 30 anos pode ter um valor de 0.75 e alguém com 50, 0.1. Ou seja, toda pessoa com certa idade é “jovem” em um determinado grau (YING, 2000). Um *fuzzy set* A definido em um universo de discurso X , é caracterizado por uma função de membro, ou de pertinência, $\mu_A(x)$ que representa um valor em $[0,1]$ para cada elemento $x \in X$. Um *fuzzy set* pode ser representado como:

$$A = \{x | \mu_A(x)\}$$

Equação 1

Onde:

A é conjunto *fuzzy*;

μ_A é a função de pertinência do conjunto *fuzzy*;

x é o elemento genérico do universo de valores.

Deste modo, as funções de membro que determinam a pertinência de um indivíduo ao *fuzzy set* e o processo de atribuir um grau de pertinência a um valor numérico é chamado de *fuzzificação* (do inglês, *fuzzification*) (JANG; SUN; MIZUTANI, 1997).

Um dos pontos essenciais para desenvolver um *fuzzy set* é através de uma boa definição da função de membro do *fuzzy set*. Existem três abordagens primárias para esse desenvolvimento, (1) o controlador/ modelador especialista define ela, (2) utilizar os dados do sistema para ser o controlador/ modelador e gerar a definição, (3) desenvolver através de tentativa e erro (YING, 2000).

Três tipos de funções de membro são as mais presentes na literatura (YING, 2000); (NGUYEN; WALKER; WALKER, 2018):

Trapezoidal

$$A(x) = \begin{cases} 0 & \text{se } x < a \text{ ou } x > d \\ \frac{x-a}{b-a} & \text{se } a \leq x < b \\ 1 & \text{se } b \leq x < c \\ \frac{x-d}{c-d} & \text{se } c \leq x \leq d \end{cases}$$

Equação 2

Onde:

Trapezoidal é a função de pertinência trapezoidal;

x é a variável independente;

$a < b < c < d$.

Triangular

$$A(x) = \begin{cases} 0 & \text{se } x < a - b \text{ ou } x > a + b \\ 1 + \frac{x-a}{b} & \text{se } a - b < x \leq a \\ 1 - \frac{x-a}{b} & \text{se } a < x \leq a + b \end{cases}$$

Equação 3

Onde:

Triangular é a função de pertinência triangular;

a e b são números reais;
 x é a variável independente.

Gaussiana

$$A(x) = \exp\left(-\frac{(x - \mu)^2}{\sigma^2}\right)$$

Equação 4

Onde:

Gaussiana é a função de pertinência gaussiana;
 x é a variável independente;
 μ e σ são parâmetros da função de pertinência.

Dentre esses três tipos os dois primeiros são mais amplamente utilizados, podendo ser simétricos, ou não.

Controle *fuzzy* é uma metodologia para construir sistemas de controle nos quais o mapeamento entre um *input* de valor-real e um parâmetro de *output* é representado por regras *fuzzy*. O fato deles serem implementados com operadores *fuzzy* pode ser acidental para o seu sucesso, a chave é simplesmente criar um caminho conciso e intuitivo para especificar uma função de valor-real, suavemente interpolada.

2.3.2 Operadores *Fuzzy*

Bem como na teoria clássica, as operações da LF também utilizam os operadores intersecção (AND), complemento (NOT), união (OR) e implicação (IF – THEN). Porém, não de maneira binária, com operações unicamente definidas, e, sim, de maneira não-única (DE SILVA, 2018).

Intersecção (AND)

É a área em comum entre os conjuntos A e B . Pode ser representado por:

$$\mu_C(x) = \min(\mu_A(x), \mu_B(x)) = \mu_A(x) \wedge \mu_B(x) \quad \text{Equação 5}$$

Complemento (NOT)

Considere um *fuzzy set* A em um universo X . Seu complemento A' é um *fuzzy set* que sua função de membro é dada por:

$$\mu_{A'}(x) = 1 - \mu_A(x) \text{ para todo } x \in X \quad \text{Equação 6}$$

União (OR)

Considere dois *fuzzy sets* A e B no mesmo universo X . Sua união é um *fuzzy set* $A \vee B$. Sua função de membro é dada por:

$$\mu_{A \vee B}(x) = \max [\mu_A(x), \mu_B(x)] \quad \forall x \in X \quad \text{Equação 7}$$

Implicação (IF - THEN)

Considere um *fuzzy set* A em um universo X e um segundo *fuzzy set* B em um outro universo Y . A implicação *fuzzy* $A \rightarrow B$ seria um *fuzzy set* no espaço de produto cartesiano $X \times Y$. um método para obter a função de membro da implicação *fuzzy* seria dada por:

$$\mu_{A \rightarrow B}(x, y) = \min [\mu_A(x), \mu_B(y)] \quad \forall x \in X, \forall y \in Y \quad \text{Equação 8}$$

Onde:

μ_A, μ_B, μ_C são funções de pertinência dos conjuntos *fuzzy*;

A, B e C são conjuntos *fuzzy*;

x é a variável independente.

2.3.3 Sistema de Inferência *Fuzzy*

O sistema de inferência *fuzzy* aplica a lógica de multivalores para classificar premissas vagamente precisas. Variados termos podem ser caracterizados com alto ou baixo graus de verdade, de modo que algo parcialmente verdadeiro, também terá seu próprio grau parcial de

falsidade. A LF tem como objetivo se aproximar desse raciocínio usando a teoria de conjuntos *fuzzy* (CHEN; PHAM, 2000).

Como postulado por Zadeh, as técnicas convencionais para analisar os sistemas humanos não são as mais apropriadas, uma vez que os humanos têm seu comportamento fortemente influenciado pelo julgamento, percepção e emoções. Por causa desse pensamento Zadeh propôs o conceito de variáveis linguísticas como uma abordagem alternativa para o modelamento do pensamento humano. Essas variáveis linguísticas assumem valores como “alto”, “baixo”, “muito”, etc. Elementos comuns no raciocínio humano e imprescindíveis para a comunicação.

A variável linguística é caracterizada por $(x, T(x), X, G, M)$ na qual x é o nome da variável; $T(x)$ é o termo de x – que é, o *set* do próprio valor linguístico ou termo linguístico; X é o universo de discurso; G é uma regra sintática que gera os termos em $T(x)$; e M é uma regra semântica que associada ao valor A significando $M(A)$, onde $M(A)$ denota um *fuzzy set* em X . Portanto, a LF usa os sistemas de inferência *fuzzy* para determinar as relações de *input* e *output* e são compostas pelas regras, implicação e agregação (JANG; SUN; MIZUTANI, 1997); (SEISING, 2007).

2.3.3.1 Sistemas de Inferência *Fuzzy*: Regras *Fuzzy* Mamdani e Sugeno

As regras *fuzzy* se – então (*fuzzy if – then rules*) ditam a relação dos níveis de pertinência dos valores das variáveis linguísticas do sistema. A regra R_I pode ser representada como:

$$\text{Se } x \text{ é } A_I \text{ então } u \text{ é } B_I \quad \text{Equação 9}$$

Onde:

x e u são variáveis numéricas

A_I representa um “pequeno positivo”;

B_I representa um “pequeno negativo”.

Para representar A_I e B_I matematicamente, pode-se usar *fuzzy sets*. Deixe X e U serem, por exemplo, graus de temperatura e a frequência de mudança da temperatura, respectivamente. Então A_I e B_I podem ser modeladas como *fuzzy sets*.

$$A_I : X \rightarrow [0,1]$$

$$B_1 : U \rightarrow [0,1]$$

Em uma regra mais complicada, como:

$$\text{Se } x_1 \text{ é } A_1 \text{ e } \dots \text{ } x_n \text{ é } A_n \text{ então } u \text{ é } B_1 \quad \text{Equação 10}$$

Pode ser representada como um vetor

$$x = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_n \end{bmatrix} \quad \text{Equação 11}$$

No exemplo, “Se x é pequeno positivo, então u é pequeno negativo” não representa uma relação causal entre x e u , nem uma implicação no senso comum. Isso converge para a ideia de que para cada x , se x é positivo e pequeno, então tem um valor u de controle que é negativo e pequeno, e isso é um valor razoável para usar (NGUYEN; WALKER; WALKER, 2018).

As variáveis, assim como linguísticas, podem ser representadas por símbolos matemáticos. Deste modo, uma regra *fuzzy* Mamdani para um controlador *fuzzy* envolvendo três variáveis de *inputs* e duas de *output* podem ser descritas assim (YING, 2000):

$$\text{Se } x_1 \text{ é } A \text{ e } x_2 \text{ é } B \text{ e } x_3 \text{ é } C \text{ então } u_1 \text{ é } D, u_2 \text{ é } E \quad \text{Equação 12}$$

Onde x_1, x_2 e x_3 são variáveis de *input* e u_1 e u_2 são variáveis de *output*.

Então, a regra *fuzzy* geral de Mamdani pode ser dada por:

$$\text{Se } v_1 \text{ é } S_1 \text{ e } \dots \text{ } v_M \text{ é } S_M \text{ então } z_1 \text{ é } \beta_1, \dots, z_P \text{ é } \beta_P \quad \text{Equação 13}$$

Onde β_j representa um *singleton output fuzzy set* que é não-zero somente em $z_j = \beta_j$.

As regras *fuzzy* Sugeno usam funções de variáveis de *input* como a regra consequente. Para um controle *fuzzy*, uma regra Sugeno correspondente à equação 10 Mamdani seria (YING, 2000):

$$\text{Se } x_1 \text{ é } A \text{ e } x_2 \text{ é } B \text{ e } x_3 \text{ é } C \text{ então } u_1 = f(x_1, x_2, x_3), u_2 = g(x_1, x_2, x_3) \quad \text{Equação 14}$$

Onde $f()$ e $g()$ são duas funções reais de qualquer tipo.

Em paralelo com a regra *fuzzy* geral de Mamdani, uma regra geral de Sugeno, tanto para controle, quanto para modelamento é:

Se v_1 é S_1 e ... v_M é S_M então $z_1 = f(v_1, \dots, v_M), \dots, z_P = f_P(v_1, \dots, v_M)$ Equação 15

Na teoria, $f()$ pode ser qualquer função real, linear ou não-linear. Parece ser apelativo usar funções não-lineares para todas as regras ou usar uma combinação de funções linear e não-linear como regra consequente (ou seja, funções lineares para algumas regras e não-lineares para as restantes). Dessa maneira, regras são mais globais e acabam sendo potencialmente mais poderosas. Infelizmente, essa ideia não é praticável, por ser extremamente difícil, se não impossível, escolher ou determinar a formalização matemática de funções não-lineares para cada regra *fuzzy* (YING, 2000).

2.3.3.2 Sistema de Inferência *Fuzzy*: Implicação

A implicação (*implication*) de um sistema de inferência *fuzzy* pode ser vista como um mapa. Diversas condições podem compor uma regra e para interliga-las são usados os conectores lógicos “E” ou “OU”, resultando em um ou mais *outputs*. O exemplo abaixo mostra essa relação entre três condições de entrada e o conjunto resultante de saída.

Se w é A e se x é B e se y é C , então z é D Equação 16

Onde:

w, x, y, z são variáveis numéricas;

A, B, C e D são variáveis linguísticas.

A função de implicação *fuzzy* transforma o grau de pertinência de x em A e y em B no que podemos designar (x,y) em $A \rightarrow B$. Os métodos de implicação são o mínimo (min), determinado pelo valor mínimo entre os conjuntos, ou seja, apenas o menor nível de pertinência determina a saída. O segundo é o produto (prod), dada pela multiplicação dos valores (JANG; SUN; MIZUTANI, 1997).

2.3.3.3 Sistema de Inferência *Fuzzy*: Composição

As regras “se – então” determinam o *output* e depois de determinado há etapa de composição (*aggregation*) para determinar o *output* resultante da aplicação dos operadores e da relevância das regras. Os principais tipos de composição são o máximo (*max*), a soma (*sum*) e o *probor*. O máximo apresenta o valor máximo dos conjuntos. A soma apresenta o valor da soma dos conjuntos resultantes. Já, o *probor* apresenta o maior conjunto resultante (DUBOIS; PRADE, 2012).

2.3.3.4 Sistema de Inferência *Fuzzy*: Diferença Entre Mamdani e Sugeno

Mamdani e Sugeno são os formatos de sistema de inferência *fuzzy* mais utilizados e há certas diferenças entre seus métodos de produção de resposta. O primeiro utiliza para a composição os operadores mínimo e máximo como mostra a Figura 2. O segundo obtém a composição de saída através da média ponderada (Figura 3), otimizando o tempo de processamento e obtém as saídas individuais através dos operadores mínimo ou produto (JANG; SUN; MIZUTANI, 1997).

Figura 2 - O sistema de inferência Mamdani usando mínimo e máximo. Adaptado de (JANG; SUN; MIZUTANI, 1997).

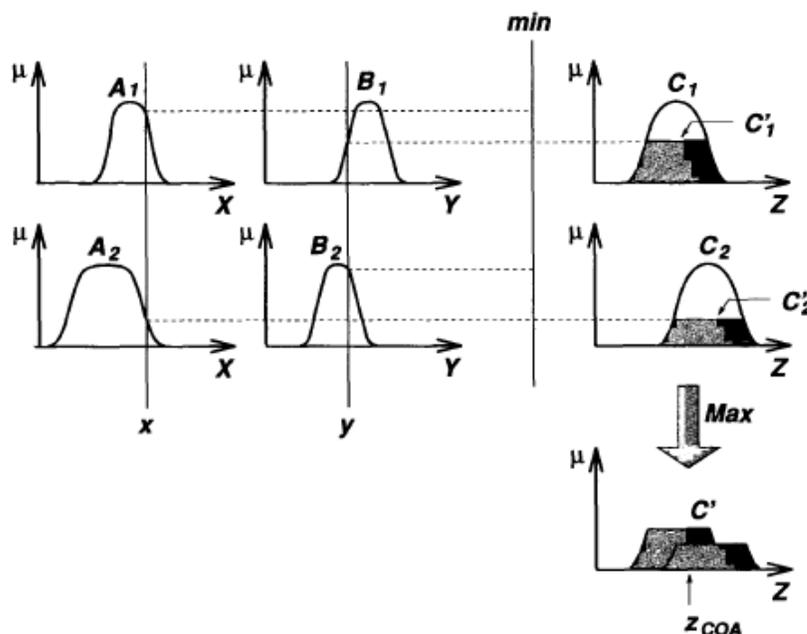
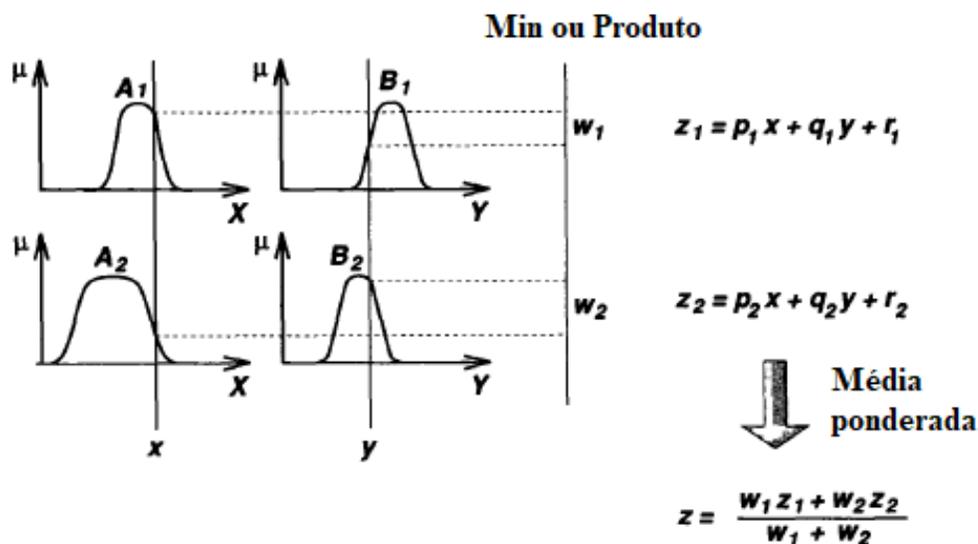


Figura 3 - O sistema de inferência Sugeno usando média ponderada. Adaptado de (JANG; SUN; MIZUTANI, 1997)

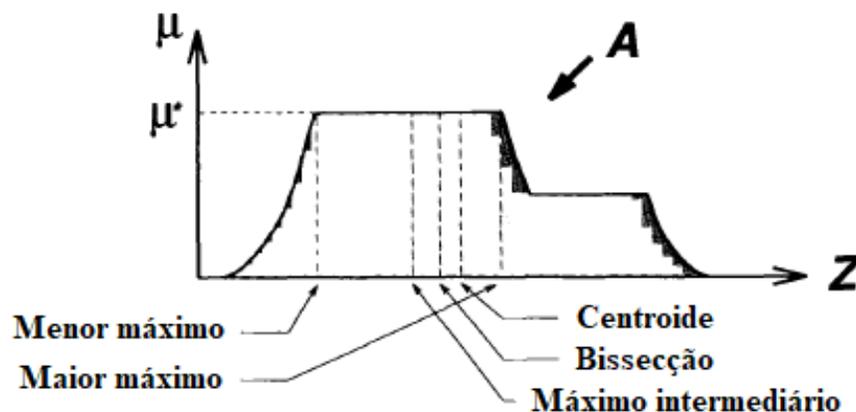


As primeiras partes dos sistemas de inferência, a *fuzzificação* dos *inputs* e os operadores *fuzzy*, são iguais. A principal diferença é que as funções de pertinência do *output* do Sugeno são tanto lineares, quanto constantes.

2.3.4 Defuzzificação

Defuzzificação (do inglês, *defuzzification*) se refere ao modo como um número é extraído de um *fuzzy set* com um valor representativo. Funciona como o inverso da *fuzzificação*, ela converte os termos *fuzzy* criados pela base de regras do controlador em valores numéricos. No tipo Mamdani, comumente, existem cinco métodos de *defuzzificar* um *fuzzy set* A de um universo Z, centroide (*centroid*), bissecção (bisector), máximo intermediário (*mom*), maior máximo (*lom*) e menor máximo (*som*), como mostra a Figura 4 (JANG; SUN; MIZUTANI, 1997); (DE SILVA, 2018); (CHEN; PHAM, 2000).

Figura 4 - Métodos de *defuzzificação*. Adaptado de (JANG; SUN; MIZUTANI, 1997).



Centroide da área (${}^z\text{COA}$):

$$z^{\text{COA}} = \frac{\int_Z \mu_A(z) z \, dz}{\int_Z \mu_A(z) \, dz}$$

Equação 17

Onde:

μ_A é o agregado de funções de pertinência do conjunto *fuzzy*.

Esse é o método mais utilizado, o qual é remanescente dos cálculos dos valores de distribuições de probabilidade.

Bissecção da área (${}^z\text{BOA}$):

$$\int_{\alpha}^{z^{\text{BOA}}} \mu_A(z) \, dz = \int_{z^{\text{BOA}}}^{\beta} \mu_A(z) \, dz$$

Equação 18

Onde:

$$\alpha = \min\{z | z \in Z\}$$

$$\beta = \max\{z | z \in Z\}$$

A linha vertical $z = {}^z\text{BOA}$ marca a divisória das regiões entre $z = \alpha$, $z = \beta$, $z = 0$ e $y = \mu_A(z)$ em duas regiões com a mesma área.

Máximo intermediário (${}^z\text{MOM}$):

$${}^z\text{MOM} = \frac{\int_{Z'} z \, dz}{\int_{Z'} dz}$$

Equação 19

Onde:

$$Z' = \{z | \mu_A(z) = \mu^*\}$$

${}^z\text{MOM}$ é a média do máximo z no qual a pertinência alcança um máximo μ^* . Particularmente, se $\mu_A(z)$ tem um único máximo em $z = z^*$, então ${}^z\text{MOM} = z^*$. Além do mais, se $\mu_A(z)$ alcança seu máximo quando $z \in [z_{\text{esquerda}}, z_{\text{direita}}]$ (esse é o caso da figura 2), então ${}^z\text{MOM} = (z_{\text{esquerda}} + z_{\text{direita}}) / 2$.

Menor máximo (${}^z\text{SOM}$): É o mínimo, em termos de magnitude, do máximo z .

Maior máximo (${}^z\text{LOM}$): É o máximo, em termos de magnitude, do máximo z . Por causa dos vieses óbvios, ${}^z\text{SOM}$ e ${}^z\text{LOM}$ não são tão usados, quanto os outros três métodos.

Os cálculos requeridos para essas cinco operações de *defuzzificação* consome tempo e não se consegue ter uma análise matemática rigorosa, então a maioria dos estudos são baseados em resultados de estudos experimentais (JANG; SUN; MIZUTANI, 1997). Isso leva a proposição de outros tipos de sistemas de inferência *fuzzy*, como a do Sugeno, por exemplo. No sistema de inferência tipo Sugeno a *defuzzificação* segue duas estratégias, o valor da média ponderada (*wtaver*), ou o valor da soma ponderada (*wtsum*), as quais não requerem menor esforço computacional.

Em suma, os principais passos para um controle de LF são, primeiro, desenvolver um algoritmo de controle *fuzzy* seguindo as quatro etapas abaixo:

1. Para isso deve-se estabelecer um controle de regras linguísticas (protocolo) que possam conter variáveis *fuzzy* como condições (processo de *output*) e ações (controle de *inputs* para o processo).
2. Obter um conjunto discreto de funções de membro para processar as variáveis de *outputs* e controlar as variáveis de *inputs*.

3. Usar implicações *fuzzy* em cada regra da primeira etapa e usando a etapa 2, obter uma matriz multidimensional R_i de valores de membro para aquela regra.
4. Combinar as relações de R_i , usando conectores *fuzzy* (E, OU, NÃO) para obter a regra *fuzzy* base sobre todas.

Assim, ações de controle podem ser determinadas em tempo real:

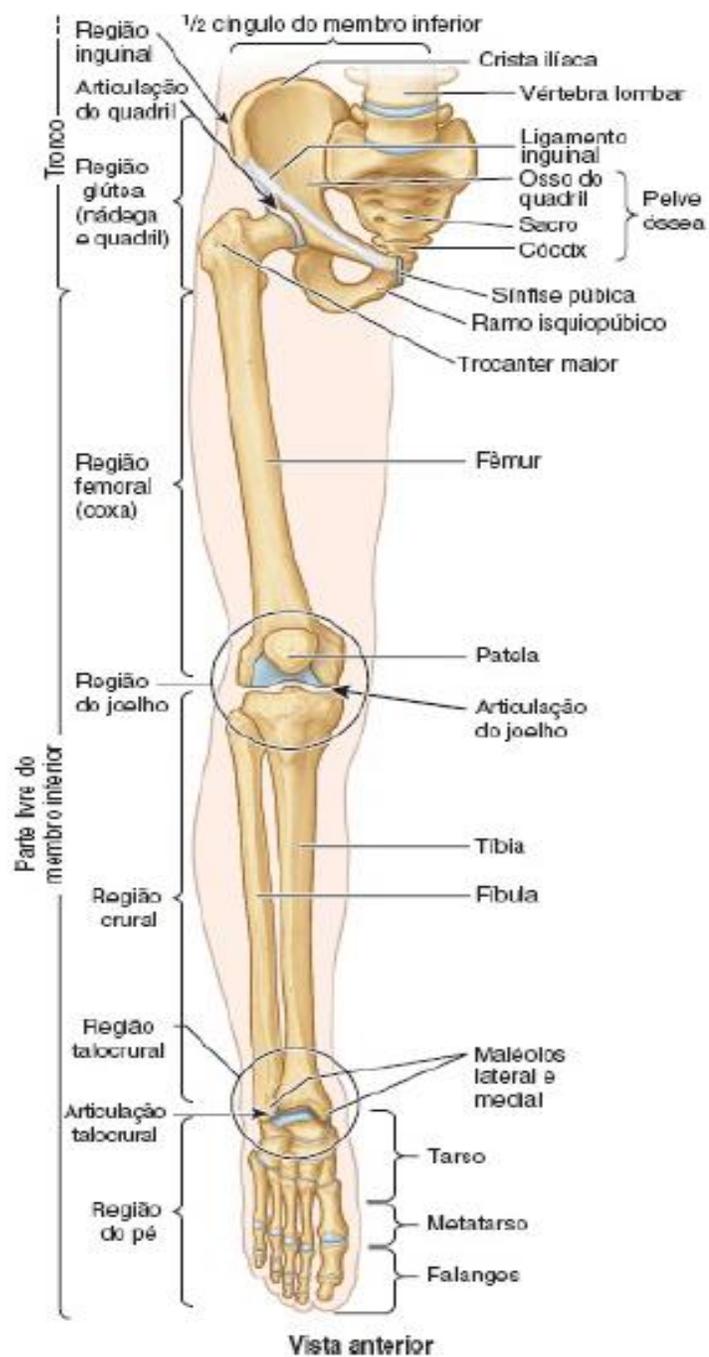
1. *Fuzzificar* o processo mensurado das variáveis como *fuzzy singleton* (grau de valores de membro que são lidos fora da função de membro dessas variáveis).
2. Casar as medições *fuzzy* obtidas na etapa 1 com a matriz de membros da base de regras *fuzzy* (obtida na etapa 4), usando a regra composicional da inferência.
3. *Defuzzificar* a inferência de controle obtida na etapa 2.

Essas etapas refletem o procedimento formal no controle *fuzzy*. Entretanto, há diversas variações para essa abordagem (DE SILVA, 2018).

2.4 Anatomia e Lesões de Joelho

Os membros inferiores (MIs) são responsáveis pela sustentação, locomoção e equilíbrio do corpo humano (MOORE; DALLEY; AGUR, 2013). Os MIs podem ser divididos em seis partes, como mostra a Figura 5: 1) região glútea, que compreende nádega e quadril, faz a conexão da parte livre do membro inferior ao tronco através do osso ilíaco. 2) região femoral, contendo a maior parte do fêmur (osso da coxa), que conecta o quadril e o joelho. 3) região do joelho, articulação entre a parte distal do fêmur e a parte proximal dos ossos da tíbia e fíbula, na perna, e contém a patela (osso que cobre a face anterior do joelho e se articula com o fêmur). 4) região crural ou perna, parte entre o joelho e o tornozelo contendo a maior parte dos ossos tíbia e fíbula. 5) região talocrural ou tornozelo, que faz a articulação entre a perna e o pé. 6) pé, a parte distal da extremidade inferior que contém o tarso, metatarso e as falanges, responsável pelo apoio contra o solo.

Figura 5 - Imagem com vista anterior do membro inferior direito.



Fonte: (MOORE; DALLEY; AGUR, 2013).

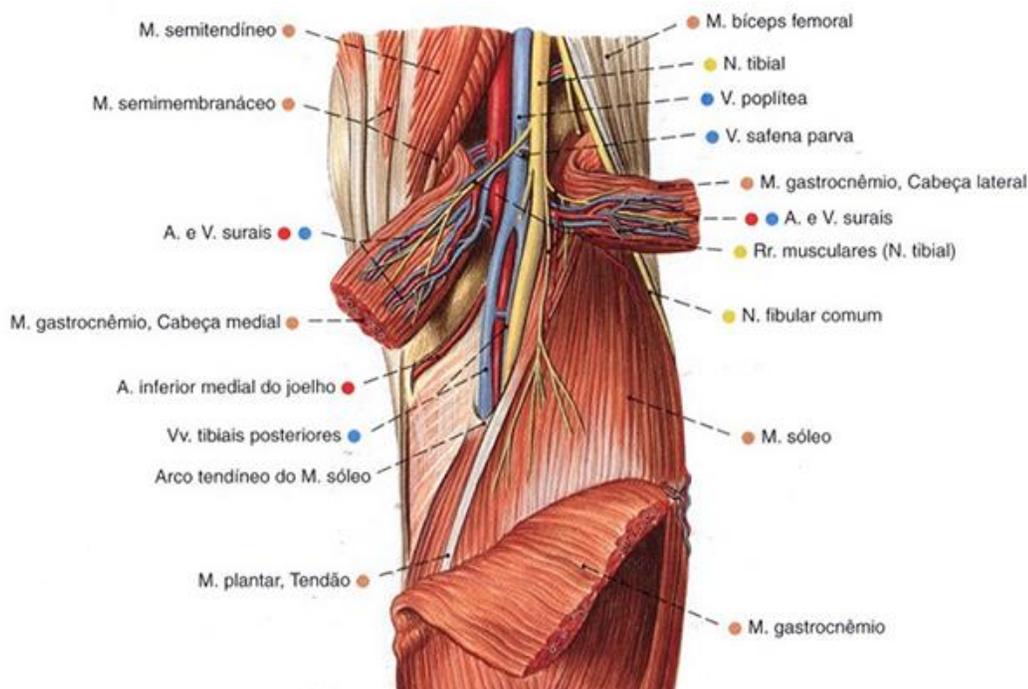
Como o foco maior deste trabalho será a região anatômica do joelho, uma explicação maior sobre suas particularidades anatômicas será apresentada e relacionada com algumas lesões recorrentes no âmbito da prática clínica (NOYES, 2016). Basicamente, fazem parte desta articulação; além dos ossos fêmur, tíbia, fíbula e patela; os meniscos medial e lateral; e os ligamentos cruzados anterior e posterior, colaterais medial e lateral. Na região anterior do joelho, os músculos do quadríceps (reto femoral, vasto medial, vasto intermédio e vasto lateral) se inserem na tuberosidade anterior da tíbia através do tendão patelar, insere-se também nessa região, mas mais medialmente, uma estrutura conhecida como pata de ganso, que compreende os tendões dos músculos sartório, grácil e semitendinoso. Já, na região posterior do joelho, os músculos gastrocnêmios, sóleo, poplíteo, bíceps femoral e semimembranoso são algumas das estruturas musculares que recobrem a fossa poplíteia, por onde passam outras estruturas anatômicas nobres como artérias, veias e nervos, mas que não serão o foco da atenção nesse trabalho. A Figura 6 mostra a visão anterior do joelho e a Figura 7, a posterior.

Figura 6 - Vista anterior do joelho direito.



Fonte: fotosearch.hu/STT001/stk700550h/

Figura 7 - Vista posterior do joelho direito.



Fonte: anatomiaonline.com/artérias-membro-inferior/

O joelho e suas estruturas adjacentes são amplamente requisitados durante a prática esportiva, portanto acabam sendo expostos à uma grande propensão à lesão. O esporte mais popular no mundo é o futebol com um público estimado de 3.5 a 4 bilhões de fãs (SAWE, 2018); (DAS, 2019). Durante a Copa do Mundo de futebol masculino em 2014, os estiramentos musculares de coxa foram a principal causa de afastamento do jogo (JUNGE; DVOŘÁK, 2015). Um estudo feito com 217 atletas de oito times de futebol da primeira divisão holandesa, mostra o joelho como sendo o local com maior índice de lesão (21,3%) e com maior tempo de afastamento das partidas com um tempo médio de recuperação de 45 dias (STUBBE; VAN BEIJSTERVELDT; VAN DER KNAAP; STEGE *et al.*, 2015). No futebol brasileiro isso também pode ser observado, em um estudo feito para traçar o perfil das lesões dos atletas de um clube de futebol da primeira divisão brasileira pode-se observar que além dos estiramentos musculares, as torções de joelho também foram um fator importante de afastamento, principalmente dos jogadores de meio-campo (REIS; SANTOS; LASMAR; OLIVEIRA JÚNIOR *et al.*, 2015).

O grande problema de uma torção de joelho é chance de haver uma ruptura ligamentar, pois o tempo de recuperação, após cirurgia e reabilitação, fica em torno de 6 meses (NOYES,

2016), um período muito longo de afastamento e que, conseqüentemente, interrompe a participação do atleta naquela temporada, e/ou pode comprometer a próxima. Uma revisão sistemática com meta-análise estimou a taxa e a proporção de incidência de ruptura do ligamento cruzado anterior (LCA) do joelho de atletas, tanto masculinos, quanto femininas, de vários esportes e diferentes níveis de participação (amador, intermediário e elite). Os resultados mostraram que 1 em 29 atletas mulheres e 1 em 50 homens romperam o LCA pelo menos uma vez, elas têm uma taxa de incidência de lesão do LCA 1.7 vezes maior que os homens e uma proporção de incidência 1.5 vezes maior também (MONTALVO; SCHNEIDER; YUT; WEBSTER *et al.*, 2018). Por ser uma lesão grave e de longo período de reabilitação, a ruptura de LCA servirá como base dos parâmetros de aptidão para o retorno às atividades físicas, visto que as outras lesões que envolvem os joelhos dos atletas provocam um menor nível de incapacidade, pois não requerem procedimento cirúrgico, preservando assim a anatomia e função da articulação.

2.5 Parâmetros Para o Retorno à Atividade Física

Quando um atleta se lesiona, tanto amador, quanto profissional, na maioria das vezes a pergunta primordial é: quando posso voltar a jogar? Em instâncias e com implicações econômicas e competitivas diferentes, mas ambos querem o mesmo resultado, bem como treinadores e a equipe médica que enfrentam uma pressão considerável para tornar o atleta apto para os treinos e jogos o quanto antes (EKSTRAND; KRUTSCH; SPRECO; VAN ZOEST *et al.*, 2019). Tem-se recomendado que decisões sobre o Retorno ao Esporte (RE) sejam baseadas em critérios específicos e testes validados; porém, ainda não foi possível definir um método único para liberar o atleta com segurança e predição de sucesso (BURGI; PETERS; ARDERN; MAGILL *et al.*, 2019).

Na revisão feita por Burgi *et al.*, foram estudados quais critérios são utilizados para o RE após a primeira reconstrução do LCA. Dentro desses parâmetros pode-se citar o tempo de tratamento como principal critério, visto que foi relatado em 85% dos estudos incluídos na revisão. A força do membro acometido, presente em 41% dos estudos, comparando resultados entre o início e o final do tratamento do próprio membro e com o contralateral. Os exames clínicos (26%), como testes ligamentares, amplitude de movimento, edema e circunferência da coxa. A performance física (20%), com testes de agilidade, propriocepção, capacidade aeróbica e qualidade do

movimento. Os testes de saltos (14%), com a perna acometida e com a não-acometida. O relato do paciente também foi levado em consideração em 12% dos estudos revisados. Em uma revisão sistemática prévia, o nível de dor também é citado como um fator a ser levado em consideração para o RE e nela já havia sido mostrado a falta de consenso acerca dos critérios apropriados para liberação do paciente para suas atividades esportivas e de dados funcionais objetivos (BARBER-WESTIN; NOYES, 2011).

O tempo é fisiologicamente muito importante para o RE, pois é através dele podemos inferir em qual estágio de reparo e de cicatrização tecidual o corpo se encontra. Dependendo da técnica de reconstrução do LCA empregada, as características de cicatrização dos enxertos podem variar. O remodelamento do enxerto continua mesmo após dois anos da cirurgia, mas em um tipo de cirurgia isso pode acontecer, predominantemente, no primeiro ano, indicando uma maturidade tecidual mais apurada. Exames de imagem mostraram uma baixa qualidade tecidual do enxerto entre os terceiro e sexto meses, sendo o sexto mês o de pior qualidade, após a cirurgia quando comparado com o LCA contralateral intacto. Somente após dois anos essa qualidade tecidual fica equiparada ao membro não operado (KIAPOUR; ECKLUND; MURRAY; FLEMING, 2019).

A maneira mais adequada de medir a força do indivíduo é através de testes isotônicos, onde o indivíduo é solicitado a levantar o máximo de peso que ele consegue na máquina extensora, percorrendo 90° em 3 segundos (s) e permanecer com extensão total do joelho (0°) por 2 s. Isométricos com o joelho a 69° para testar quadríceps e a 18° para testar isquiotibiais e os pacientes são encorajados a fazer o quanto de força for possível para manter essa angulação por 5 s contra a resistência exercida pelo dinamômetro isocinético. Ou isocinéticos, onde a velocidade do teste é estipulada para ser 60, 180 e 300°/s e três testes de flexão-extensão máximas seguidas são solicitadas e o torque de maior valor é registrado (NUNN; MAYHEW, 1988). Tendo os dados de força é levado em consideração o Índice de Simetria de Membros (ISM) com valores de, no mínimo, 90% de força para a perna dominante, ou 80%, para a não dominante; entretanto esses valores não são unânimes na literatura. O ISM é o resultado da divisão do maior valor do membro acometido pelo maior valor do membro não acometido e multiplicado por 100 (BARBER-WESTIN; NOYES, 2011); (HILDEBRANDT; MÜLLER; ZISCH; HUBER *et al.*, 2015); (HERBST; HOSER; HILDEBRANDT; RASCHNER *et al.*, 2015); (EBERT; EDWARDS; CURRIE; SMITH *et al.*, 2018); (WELLSANDT; FAILLA; SNYDER-MACKLER, 2017); (HARTIGAN; AXE; SNYDER-MACKLER, 2010).

Os exames clínicos incluem testes de estabilidade ligamentar como o KT-2000 que mede a lassidão ligamentar através do deslocamento anterior da tibia, sendo classificado como anormal ≥ 3 milímetros (mm) (NOYES; BARBER-WESTIN, 2000); (AMANO; TORITSUKA; UCHIDA; MAE *et al.*, 2015). Bem como, os testes de Lachman onde o sinal negativo é um deslocamento ≤ 2 mm (AMANO; TORITSUKA; UCHIDA; MAE *et al.*, 2015); do desvio lateral do joelho (*Pivot shift*) que é classificado de 0 a 3, sendo 0 ao não apresentar deslocamento, e 3 quando existe uma subluxação grosseira com impactação dos componentes póstero-laterais do joelho (NOYES; BARBER-WESTIN; ROBERTS, 1994); e de gaveta anterior que é graduado em uma escala de 1 (5 mm), 2 (5 a 10 mm), ou 3 (maior que 10 mm) dependendo do deslocamento anterior da tibia (KATZ; FINGEROTH, 1986).

Também fazem parte do exame clínico a amplitude de movimento (ADM), que deve ser completa (0° de extensão e 135° de flexão) (NOYES, 2016). O nível de edema presente, o ideal é não ter edema e ele pode ser graduado em até cinco níveis, com zero representando sem edema (STURGILL; SNYDER-MACKLER; MANAL; AXE, 2009). A circunferência da coxa é um fator avaliado, mas os valores aceitáveis variam de acordo com os estudos entre 0,5 mm a 2 mm de diferença entre membros (BARBER-WESTIN; NOYES, 2011); (BURGI; PETERS; ARDERN; MAGILL *et al.*, 2019).

A performance física pode ser avaliada de diversas formas. Algumas delas são pela agilidade, para isso o teste T pode avaliar o desempenho dos atletas durante a corrida e mudanças de direção. Nele os atletas tem que correr para frente 10 m, na sequência, 5 m para a direita com passos laterais, 10 m para a esquerda com passos laterais, seguidos de 5 m para a direita mantendo a lateralidade e finalizando correndo de costas os 10 m iniciais. A média de três tentativas é feita e o tempo para o RE deve ser menor que 11 s (KYRITSIS; BAHR; LANDREAU; MILADI *et al.*, 2016). Pela propriocepção através do teste em estrela ou Y[®] (instrumentalizado) que pede que o paciente fique em apoio unipodal e com o outro pé alcance a maior distância em três direções, para frente e para as diagonais posteromedial e posterolateral. Aqueles que tiverem uma diferença ≥ 4 centímetros (cm) de uma perna para outra têm maior risco de sofrerem uma lesão de membros inferiores (PLISKY; RAUH; KAMINSKI; UNDERWOOD, 2006); (PLISKY; GORMAN; BUTLER; KIESEL *et al.*, 2009); (GARRISON; BOTHWELL; WOLF; ARYAL *et al.*, 2015). Também, pela capacidade aeróbica de correr a 8 km/hora na esteira durante 10 minutos (BURGI; PETERS; ARDERN; MAGILL *et al.*, 2019). Ou, pela qualidade de movimento analisada pelo

Landing Error Scoring System (LESS) que consiste em uma avaliação tridimensional do indivíduo através de câmeras e sensores eletromagnéticos. O protocolo de teste era dado por um salto horizontal bipodal, saindo de cima de uma caixa de 30 cm, aterrizando com as duas pernas em uma plataforma de força e imediatamente saltar o mais alto possível verticalmente. Quanto maior o valor recebido, pior era a qualidade do movimento, sendo ruim (> 6), moderado ($> 5 \geq 6$), bom ($> 4 \geq 5$) e excelente (≤ 4) (PADUA; MARSHALL; BOLING; THIGPEN *et al.*, 2009); (PADUA; BOLING; DISTEFANO; ONATE *et al.*, 2011); (SMITH; JOHNSON; SHULTZ; TOURVILLE *et al.*, 2012); (PADUA; DISTEFANO; BEUTLER; DE LA MOTTE *et al.*, 2015).

2.6 Estado – da – Arte

A ideia de orientar exercícios e promover hábitos saudáveis de maneira remota existe há muitos anos, desde popularização dos aparelhos de televisão e de videocassete na década de 80. A partir dos anos 2000, com o crescente acesso à internet, a prática da telemedicina se torna mais eficiente e hoje é possível pensar em *m – Health*. Esse termo pode ser definido como comunicações móveis emergentes e tecnologias em rede para o cuidado à saúde. Esse conceito emergente representa a evolução dos sistemas *e - Health* das plataformas tradicionais de computadores de mesa da telemedicina para configurações móveis sem fios (ISTEPANIAN; LAXMINARAYAN; PATTICHIS, 2006).

Doyle *et al.* 2010 publicaram um estudo no qual seu objetivo era desenvolver uma solução tecnológica para proporcionar um programa de treino de força e de equilíbrio para idosos praticarem em casa. Esse sistema necessitava de um *laptop* e sensores de movimento entre outras coisas (DOYLE; BAILEY; DROMEY; SCANAILL, 2010). Postolache *et al.* 2014 objetivaram descrever um registro eletrônico de saúde para fisioterapeutas e aplicativos de celular úteis, tanto para as necessidades dos pacientes, quanto para as dos fisioterapeutas. Nesse registro seriam armazenadas e organizadas as informações referentes à terapia, atividade e cinemática do paciente (POSTOLACHE; GIRAO; POSTOLACHE, 2014). Também presente, a gamificação dos exercícios de fisioterapia vem com intuito de utilizar de redes neurais ligadas a sensores de movimento para avaliar e corrigir o movimento dos pacientes e, assim, melhorando a eficiência do atendimento (POSTOLACHE; CARY; GIRÃO; DUARTE, 2015). O mesmo pesquisador implementou um aplicativo para fornecer informações aos fisioterapeutas sobre o registro pessoal

de saúde e a métrica associada com a interação entre o paciente e os equipamentos (andadores e muletas) embutidos com sensores (POSTOLACHE, 2015).

Em uma revisão de 2016 sobre o uso de celulares para a avaliação funcional baseada no ângulo da articulação e reabilitação da propriocepção foi concluído que existe confiabilidade e validade dos aplicativos para uso clínico (MOURCOU; FLEURY; DIOT; FRANCO *et al.*, 2015). Weber *et al.* 2016 realizaram um estudo para desenvolver um aplicativo de celular para ajudar os fisioterapeutas na avaliação, no exame físico e no tratamento dos pacientes (WEBER; RIECKMANN; GRUENEBERG, 2016). Já, Richardson *et al.* 2017 conseguiram estabelecer a confiabilidade e a validade entre e inter-examinadores para o trabalho de tele – reabilitação da avaliação musculoesquelética do joelho comparada com a tradicional avaliação presencial (cara – a – cara) (RICHARDSON; TRUTER; BLUMKE; RUSSELL, 2017). Mais recentemente, a proposta feita por pesquisadores do Reino Unido tem a iniciativa de utilizar um aplicativo para celular e a internet para fornecer aos pacientes informações confiáveis, baseadas em evidências, para educar e aconselhar sobre bem estar e problemas de saúde musculoesqueléticos e mentais. Esse serviço teria três pilares, o aplicativo permitindo o fisioterapeuta entrar em contato por vídeo com o paciente, *webinars* com os problemas musculoesqueléticos mais prevalentes para instruir os pacientes e um *site* com *blogs* e *podcasts* mensais e verificar as áreas mais procuradas pelos pacientes (HEAD; ARMES; JAMES, 2019).

Existem diversos aplicativos que visam orientar a avaliação musculoesquelética, mensurar as ADMs das articulações, propor planos de exercícios e ensinar a anatomia. Em sua grande maioria, os aplicativos desempenham essas funções de maneira singular, ou seja, para cada um desses quesitos, se tem um aplicativo diferente.

O aplicativo que mais se aproxima da prática clínica e da proposta futura desse trabalho é o *Phast – Physiotherapy Assessment Tool* (<https://phast.com.br/>). Ele é uma ferramenta de auxílio para o fisioterapeuta avaliar, gerenciar os dados, acompanhar a evolução e prevenir lesões dos pacientes. Ele é disponibilizado na versão gratuita com três créditos para avaliações de três pacientes, ou na versão paga, *premium*, para avaliações ilimitadas, acesso a artigos científicos, *webinars* e fóruns.

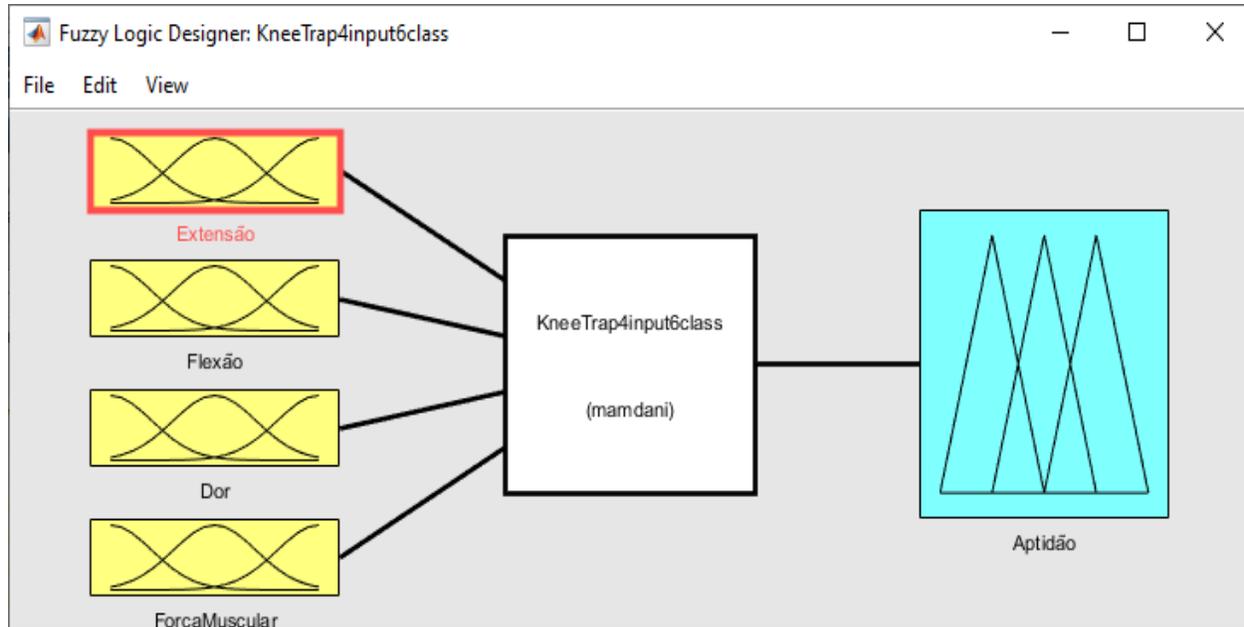
3. SISTEMA DE AVALIAÇÃO DA APTIDÃO DO JOELHO

Nesta seção será apresentado a ideia de uma avaliação de aptidão do joelho para realização de atividade física tendo a comparação entre dois tipos de LF, Sugeno e Mamdani. Assim, serão apresentadas as propostas de especificação, implementação e validação da estratégia para posterior apreciação de sua funcionalidade.

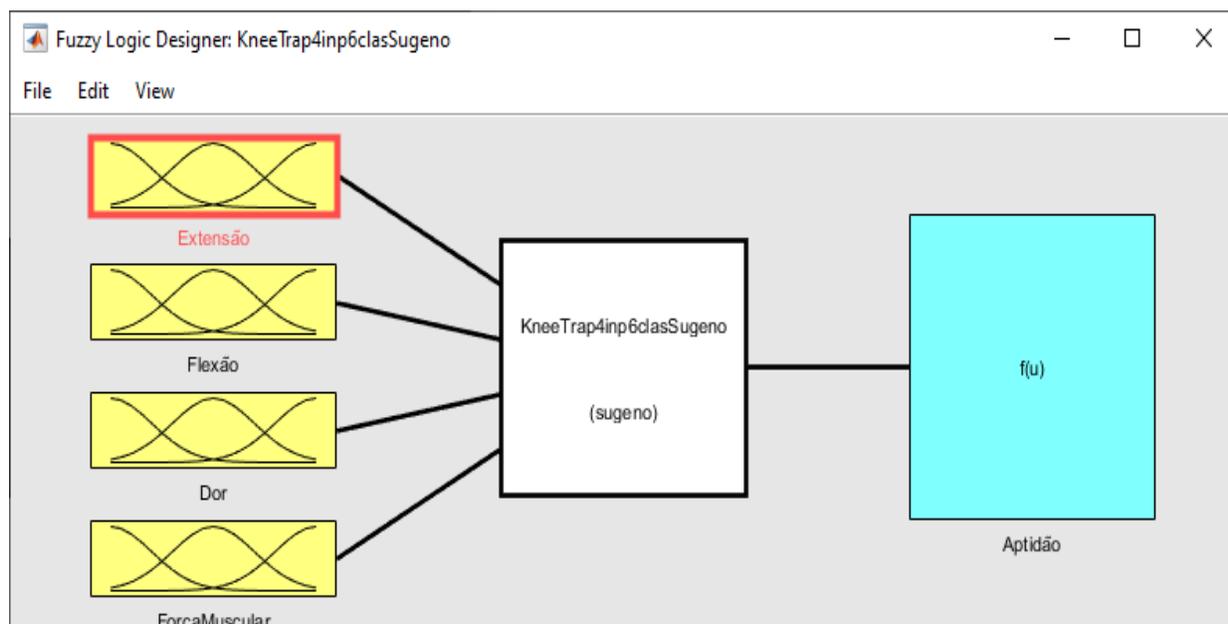
3.1 Especificação

Para realizar a avaliação da aptidão física do joelho, este trabalho propõe o desenvolvimento de uma nova estratégia baseada em IA. Em mais detalhes, o sistema proposto é composto por *inputs* com a entrada de informações sobre extensão, flexão, dor Força Muscular (FM); com a finalidade de gerar um *output* com a informação sobre a aptidão geral do joelho. As Figuras 8 e 9 mostram os diagramas de blocos da LFM e LFS, respectivamente.

Figura 8 - Diagrama de blocos da Lógica *Fuzzy* Mamdani.



Fonte: O Autor (2020).

Figura 9 - Diagrama de blocos da Lógica *Fuzzy* Sugeno.

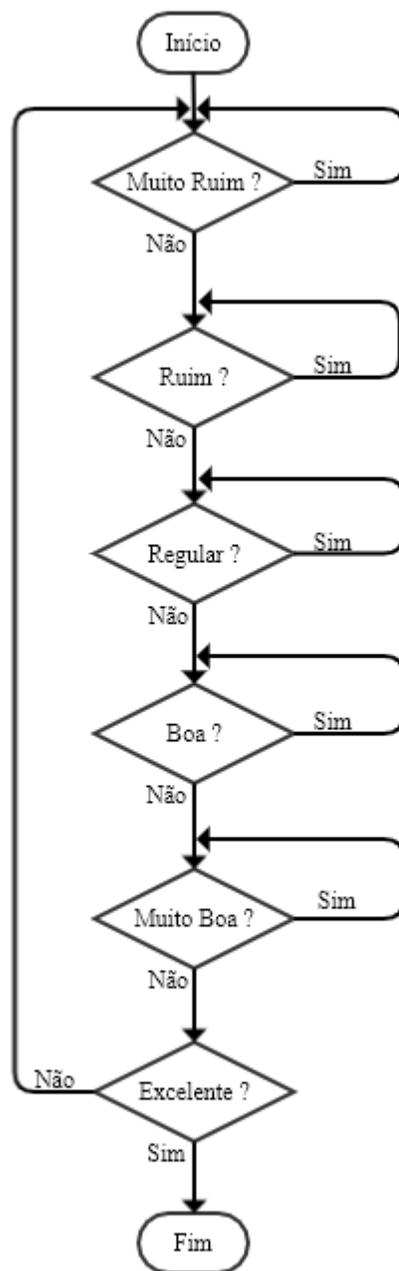
Fonte: O Autor (2020).

Cada *input* leva em consideração uma escala numérica, na qual, dependendo do valor, ela recebe um nome para caracterizar o nível de aptidão daquele quesito. Os valores numéricos colhidos pelo profissional avaliador das respostas fornecidas pelo paciente servem para alimentar esse sistema e se relacionam umas com as outras. Essa relação é dada de acordo com um sistema de regras criado pelo fisioterapeuta com expertise sobre o assunto e embasado na literatura, possibilitando um conceito final acerca da aptidão geral do joelho em questão.

Como discutido no capítulo 2.4, diversos parâmetros podem ser utilizados para justificar o retorno ao esporte ou não. Nesse trabalho, foram levados em consideração flexão, extensão, dor e FM, pois a relação de quatro *inputs* com seis classificações em cada um gerou um quadro de 1296 regras. Essas classificações vão de “muito pequena” a “completa” no caso das ADMs (Figura 11 e Figura 12), de “sem” a “muito alta” para a dor (Figura 13) e de “muito fraca” a plena” para classificar a FM (Figura 14). Visto que, na revisão literária não foi encontrado nenhum estudo parecido com esse e nem outro na área da saúde com essa quantidade de regras estipuladas, acredita-se que por ser uma nova abordagem e tratar-se de um primeiro estudo no sentido de reabilitação de joelho utilizando LF, as 1296 regras cumprem com sua função de guiar o

profissional para a melhor decisão clínica. A Figura 10 mostra o fluxograma de aptidão para o retorno ao esporte, tanto para LFM, quanto para a LFS.

Figura 10 - Fluxograma de Retorno ao Esporte.



Fonte: O Autor (2020).

Os dados do paciente são coletados através de ferramentas analógicas ou digitais (aplicativos). Nesse trabalho pensou-se na avaliação dos requisitos funcionais feita com goniômetros para medir os ângulos de extensão e flexão, escala numérica de dor e cadeira extensora para FM. O goniômetro é posicionado na lateral do joelho, solicita-se a extensão máxima ativa do joelho sem carga, anota-se o valor e, em seguida, o mesmo procedimento pode ser feito para a flexão máxima ativa. A resposta à escala de dor pode ser feita escrita ou verbalmente. Para FM pode-se solicitar a extensão ativa máxima contra a carga da cadeira extensora. Essas variáveis logo que inseridas no sistema geram um *output* de resposta.

Os requisitos qualitativos dos sistemas de LFM e LFS levados em consideração foram o tempo de processamento, a exatidão e confiabilidade das respostas. O tempo para processamento da LFM foi de 8 min e 27 s e o da LFS foi de 9 min e 43 s. Nesse processo foi utilizado um Samsung Ultrabook Core i3 A repetitividade levou mais tempo, sendo 14 min e 52 s para a LFM e 10 min e 57 s para a LFS. A precisão da LFM não apresenta exatidão no *output*, visto que sua amplitude programada é de 0 a 100, no entanto seu valor mínimo é de 5,76 e máximo de 94,2. Desta forma, não representar o exato valor, acarretou em um prejuízo significativo para o desempenho do sistema uma vez que o nível conceitual da aptidão poderia ser modificado, não sendo capaz de atingir o nível “excelente”, por exemplo. No sistema de LFS, a exatidão apresentou concordância com os valores programados de 0 a 100 de aptidão.

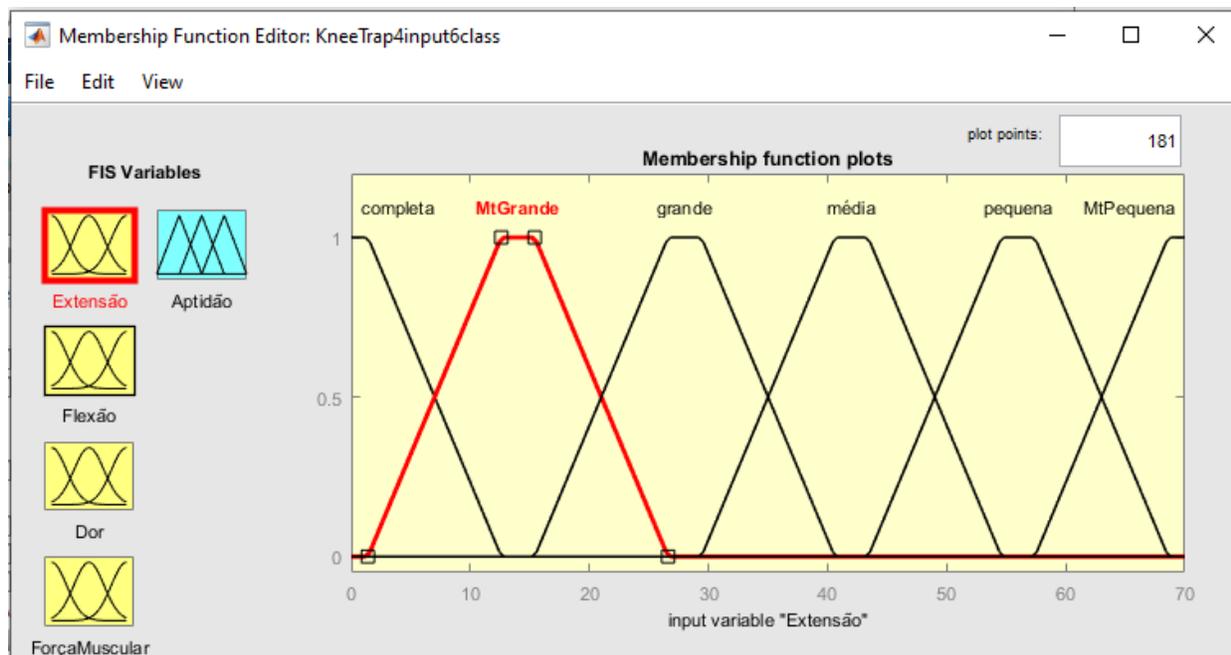
3.2 Implementação

As implementações dos sistemas de avaliação de aptidão física para o joelho foram feitas através da criação de sequência de regras (se – então), um utilizando o tipo Mamdani de LF, e outro, Sugeno (APÊNDICES A e B). Para isso foi utilizado o aplicativo *Fuzzy Logic Designer* do *software* MATLAB R2016a MathWorks que permite visualizar e editar Sistemas *Fuzzy*.

Foram feitos testes pilotos com os diferentes tipos de curvas oferecidos pelo aplicativo. Curvas triangulares, gaussianas e de Bell se aproximavam da resposta esperada, mas o tipo de curva utilizada, tanto nas funções de membro dos *inputs*, quanto do *output* foi a trapezoidal por conseguir alcançar um valor mais próximo das extremidades percentuais de 0 e 100. Nas escalas de ADM para extensão (0° a 70°) (NOYES, 2016), que é o quanto o joelho consegue ficar reto, e para a flexão (0° a 135°) (NOYES, 2016), que é o quanto ele consegue dobrar; foram utilizados os

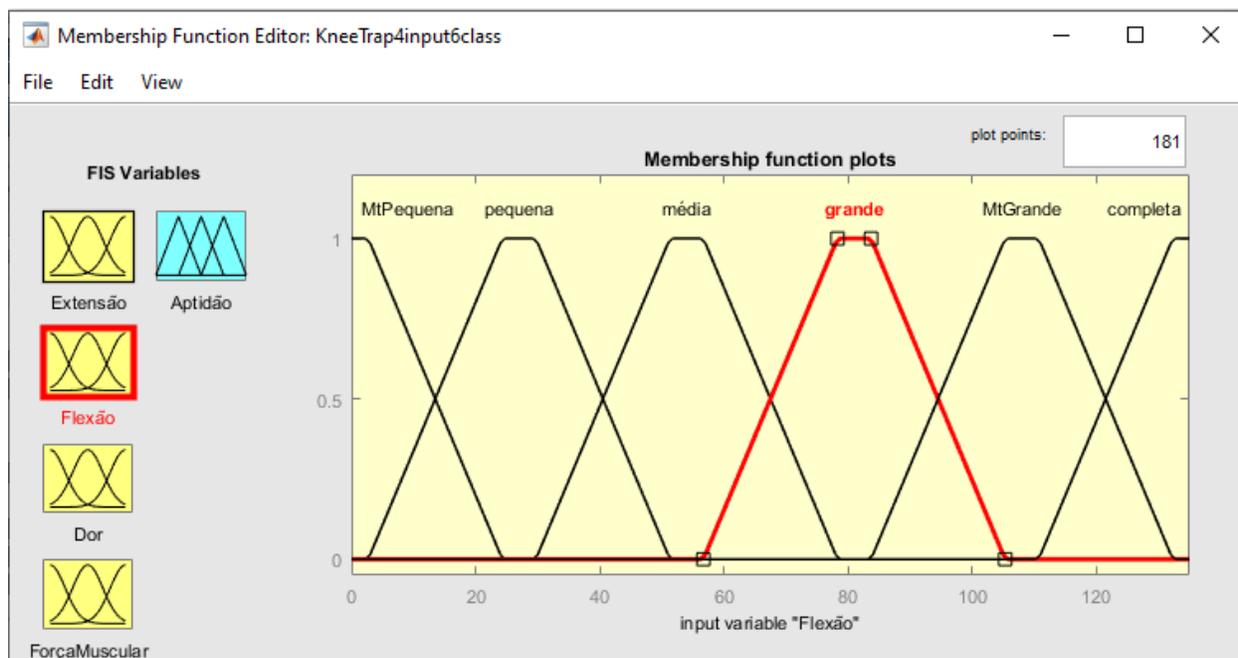
descritores “completa”, “muito grande”, “grande”, “média”, “pequena”, “muito pequena”. A extensão completa compreende um platô de 0° a 1.4° ; muito grande de 12.6° a 15.4° ; grande de 26.6° a 29.4° ; média de 40.6° a 43.4° ; pequena de 54.6° a 57.4° ; muito pequena de 68.6° a 70° . Os valores entre esses platôs são as rampas de transição da curva trapezoidal como mostra a Figura 11.

Figura 11 - Função de membro *input* Extensão.



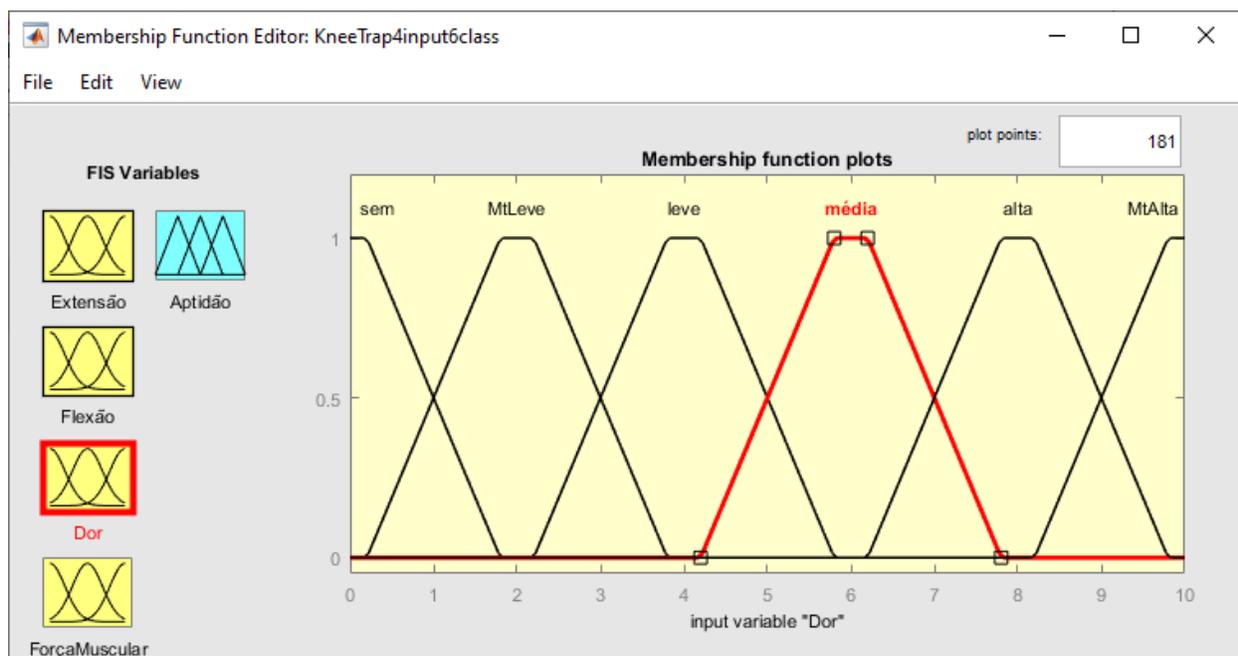
Fonte: O Autor (2020)

Essa mesma metodologia foi aplicada para a flexão de joelho, onde a ADM completa compreende um platô de 132.3° a 135° ; muito grande de 105.3° a 110.7° ; grande de 78.3° a 83.7° ; média de 51.3° a 56.7° ; pequena de 24.3° a 29.7° ; muito pequena de 0 a 2.7° . Também com os valores entre esses platôs sendo as rampas de transição da curva trapezoidal, Figura 12.

Figura 12 - Função de membro *input* Flexão

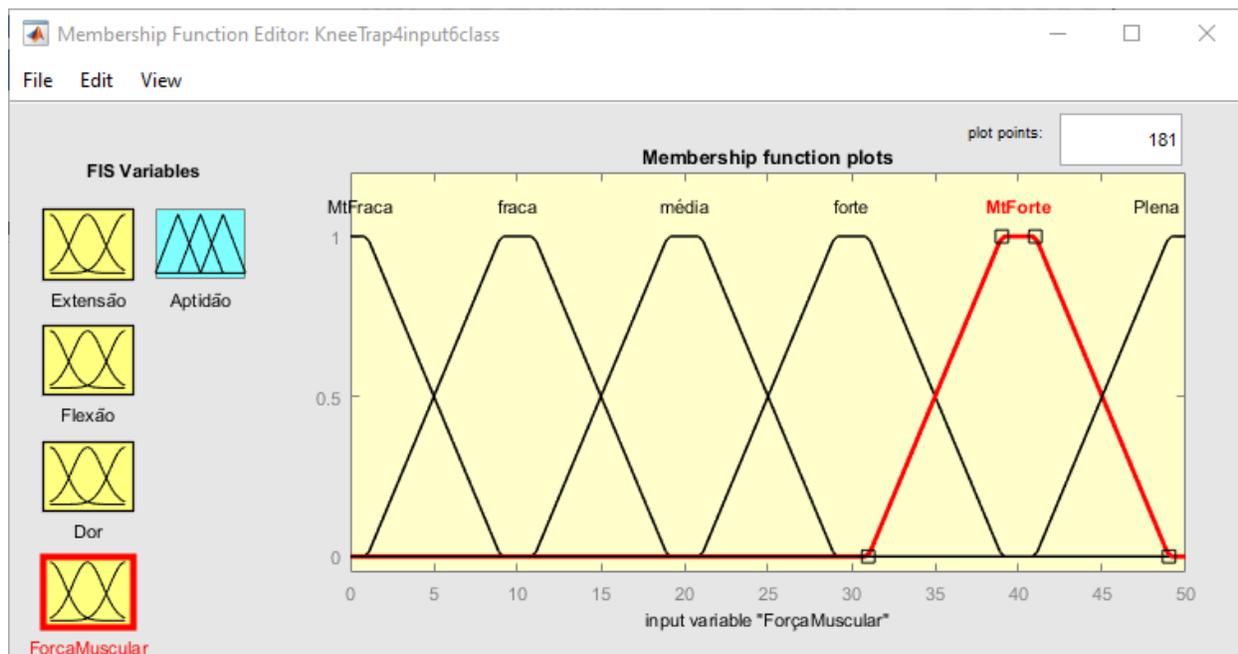
Fonte: O Autor (2020).

A escala de dor foi numerada de 0 a 10, sendo 0 nenhuma dor e 10, nível máximo de dor (HAWKER; MIAN; KENDZERSKA; FRENCH, 2011). Os descritores para os diferentes níveis de dor foram “sem” equivalendo ao platô 0 a 0.2; “muito leve” de 1.8 a 2.2; “leve” de 3.8 a 4.2; “média” de 5.8 a 6.2; “alta” de 7.8 a 8.2; e “muito alta” de 9.8 a 10. A Figura 13 mostra esse *input*.

Figura 13 - Função de membro *input* Dor.

Fonte: O Autor (2020).

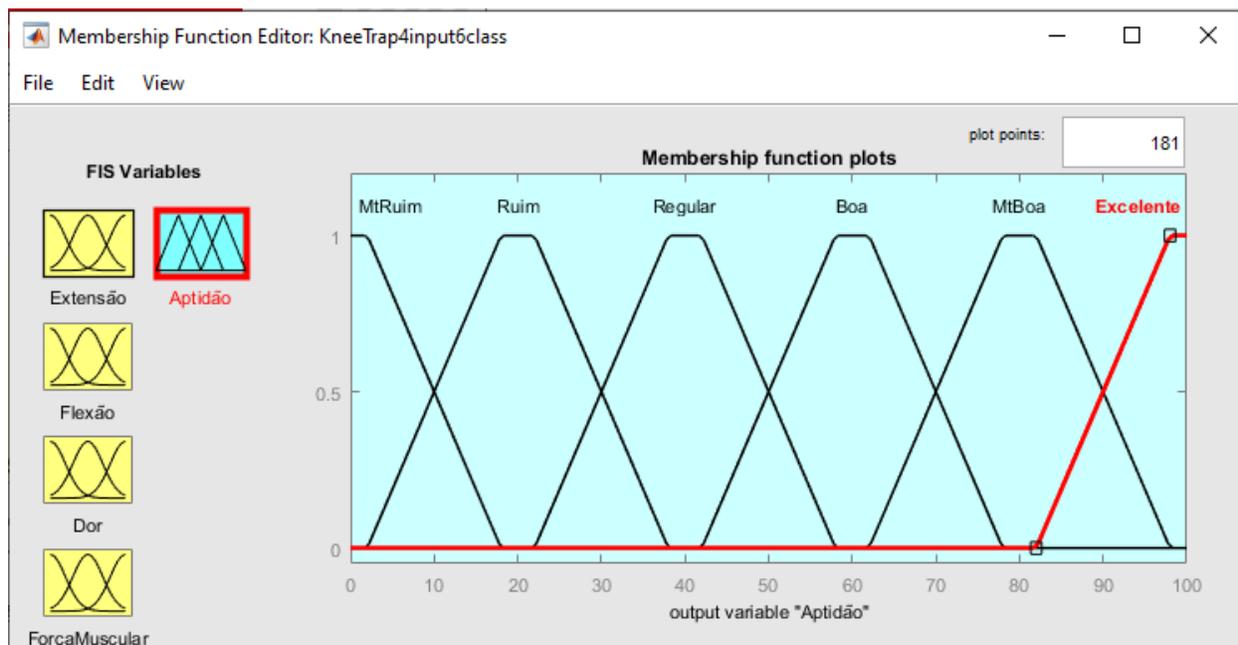
Para o *input* da variável FM foi levado em consideração a carga em kg da cadeira extensora Force Fitness[®]. Foi caracterizada como “muito fraca” a FM com platô de 0 a 1 kg; “fraca” de 9 a 11 kg; “média” de 19 a 21 kg; “forte” de 29 a 31kg; “muito forte” de 39 a 41 kg; e “plena” de 49 a 50kg. A Figura 14 mostra as rampas da curva trapezoidal para a variável FM.

Figura 14 - Função de membro *input* Força Muscular.

Fonte o Autor (2020).

A aptidão leva em consideração os dados dos *inputs* e as regras estabelecidas para fornecer o *output* do sistema. A classificação da aptidão se dá por conceitos em uma escala de 0 a 100, quando está “muito ruim” indica um platô 0 a 2 na escala. No platô de 18 a 22 a aptidão é considerada “ruim”; de 48 a 32 indica “regular”; “boa” de 58 a 62; “muito boa” de 78 a 82 e classificada como “excelente” de 98 a 100. Os valores entre esses platôs são referentes às rampas de transição entre um conceito e outro como visto na Figura 15.

Figura 15 - Variável Aptidão de saída do sistema.



Fonte: O Autor (2020).

4. VALIDAÇÃO

As informações incluídas nas regras da LF já são validadas pelas referências bibliográficas. Nessa etapa foram descritos seis casos clínicos hipotéticos criados pelo autor baseados na prática clínica e que expõem valores esperados pela literatura para demonstrar o *output* dos sistemas de LFM (APÊNDICE A) e LFS (APÊNDICE B).

Caso 1

Homem, 52 anos, está na 2ª semana de pós-operatório de videoartroscopia para sutura de menisco medial do joelho direito. Apresenta leve edema articular; extensão tanto ativa, quanto passiva totais (0°); e flexão ativa de 110° e passiva de 115° . A força muscular é considerada média, conseguindo levantar 20 kg na cadeira extensora e não tem dor.

Baseado nessas características marque a alternativa que melhor classifica a aptidão da pessoa.

Muito Ruim Ruim Regular Boa Muito Boa Excelente

Caso 2

Mulher, 44 anos, fumante, está na 4ª semana de pós-operatório de osteossíntese de tíbia esquerda devido à fratura por impactação. Na avaliação fisioterapêutica, refere dor grau 8 com presença de edema em perna esquerda e muita fraqueza muscular. As amplitudes de movimento do joelho para extensão ativa é de 65° e passiva de 62°; para flexão ativa é 70° e passiva 77°.

Baseado nessas características marque a alternativa que melhor classifica a aptidão da pessoa.

Muito Ruim Ruim Regular Boa Muito Boa Excelente

Caso 3

Homem, 65 anos, inicia tratamento fisioterapêutico tardio após cirurgia para ruptura de tendão Aquiles esquerdo. Diz ter medo de apoiar o pé mesmo com liberação médica. Apresenta joelho com extensão ativa de 51°, passiva de 43°; flexão completa de 135° passiva e 120° ativamente; sem dor e com fraqueza muscular.

Baseado nessas características marque a alternativa que melhor classifica a aptidão da pessoa.

Muito Ruim Ruim Regular Boa Muito Boa Excelente

Caso 4

Homem, 40 anos, durante a prática de futebol refere ter sentido dor em região posterior da coxa direito. Os exames complementares mostraram uma lesão de ruptura muscular grau II. Atualmente, ele está em tratamento fisioterapêutico com amplitudes articulares completas, sem dor e vencendo uma carga de 30 kg na cadeira extensora.

Baseado nessas características marque a alternativa que melhor classifica a aptidão da pessoa.

Muito Ruim Ruim Regular Boa Muito Boa Excelente

Caso 5

Mulher, 65 anos, realizou cirurgia de artroplastia total de joelho esquerdo. Hoje se encontra com extensão ativa de joelho de 15°, passiva de 10°; flexão ativa de 70° e passiva de 90°. Apresenta dor grau 5 e força muscular em nível fraco.

Baseado nessas características marque a alternativa que melhor classifica a aptidão da pessoa.

Muito Ruim Ruim Regular Boa Muito Boa Excelente

Caso 6

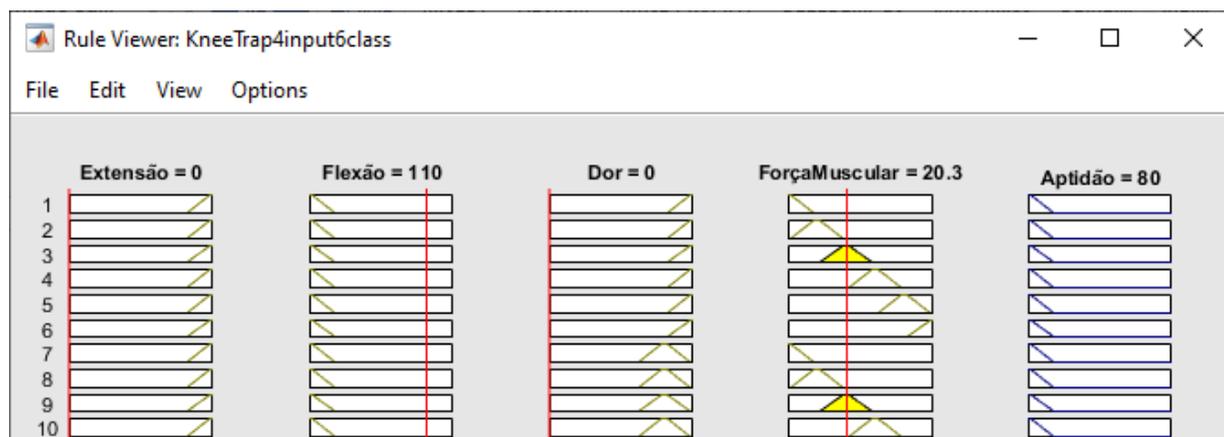
Homem, 28 anos, passou por reconstrução do ligamento cruzado anterior de joelho direito. Na fisioterapia, apresenta extensão ativa de 10° e passiva de 5°; flexão de joelho de 105° ativa e 110° passivamente. Dor grau 2 no final das amplitudes articulares e força muscular média com bom recrutamento muscular.

Baseado nessas características marque a alternativa que melhor classifica a aptidão da pessoa.

Muito Ruim Ruim Regular Boa Muito Boa Excelente

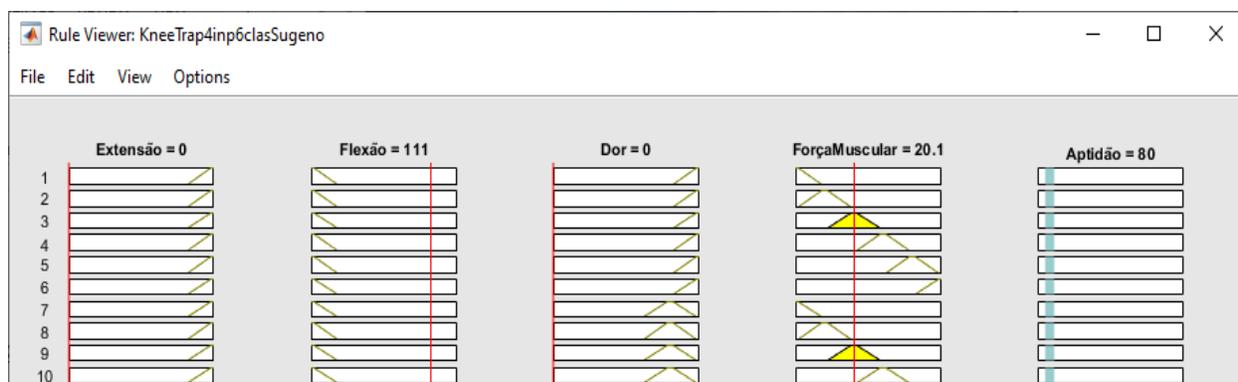
No primeiro caso, tanto para a LFM, quanto para LFS a resposta de saída resultou no valor de 80, indicando uma Aptidão “Muito Boa” o que condiz com o conjunto de regras proposto. As Figuras 16 e 17, assim como as seguintes nesse capítulo, são a visualização das dez primeiras regras com os valores de seus *inputs* e *output* do próprio aplicativo “*Fuzzy Logic Designer*” do MATLAB. Foi feito o corte das dez primeiras, pois era onde apareciam os títulos das classificações, a numeração continuaria até atingir 1296, o número total de regras. Nas imagens, também aparecem linhas vermelhas, as quais indicam os valores selecionado de cada *input* e conforme esses valores são modificados, o *output* também sofrerá mudanças.

Figura 16 - Regras com os valores de seus *inputs* e *output* do Caso 1 Mamdani.



Fonte: O Autor (2020).

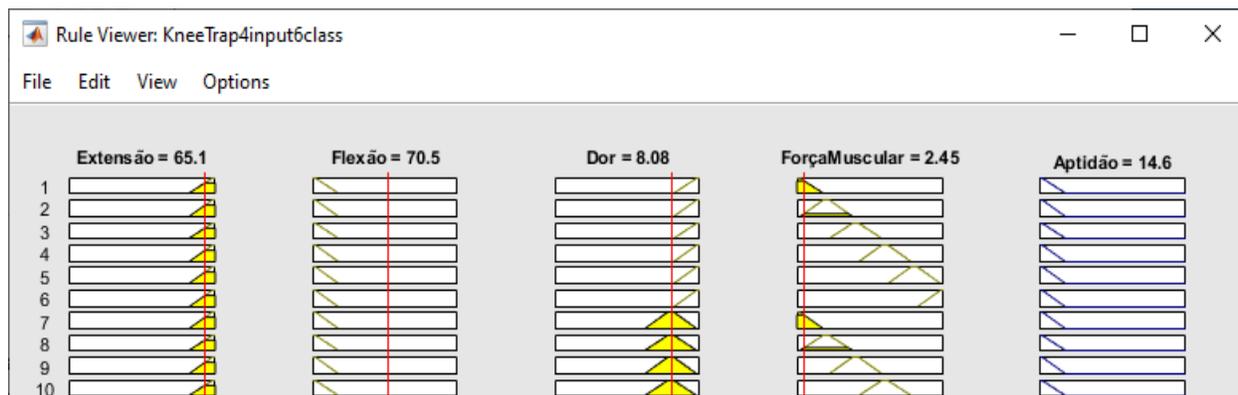
Figura 17 - Regras com os valores de seus *inputs* e *output* do Caso 1 Sugeno.



Fonte: O Autor (2020).

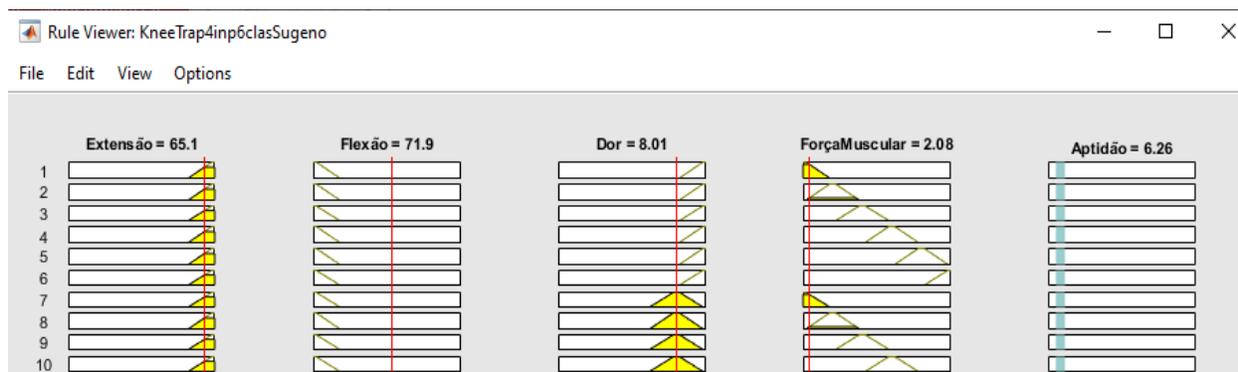
Em contrapartida, no segundo caso, não houve essa igualdade. Na LFM, o valor do *output* foi de 14.6, enquanto que na LFS foi de 6.26. Ambos ficaram entre os conceitos “Muito Ruim” e “Ruim”; porém o nível de pertinência da LFM se aproximou do “Ruim” e o da LFS, do “Muito Ruim” como pode ser visto nas Figuras 18 e 19.

Figura 18 - Regras com os valores de seus *inputs* e *output* do Caso 2 Mamdani.



Fonte: O Autor (2020).

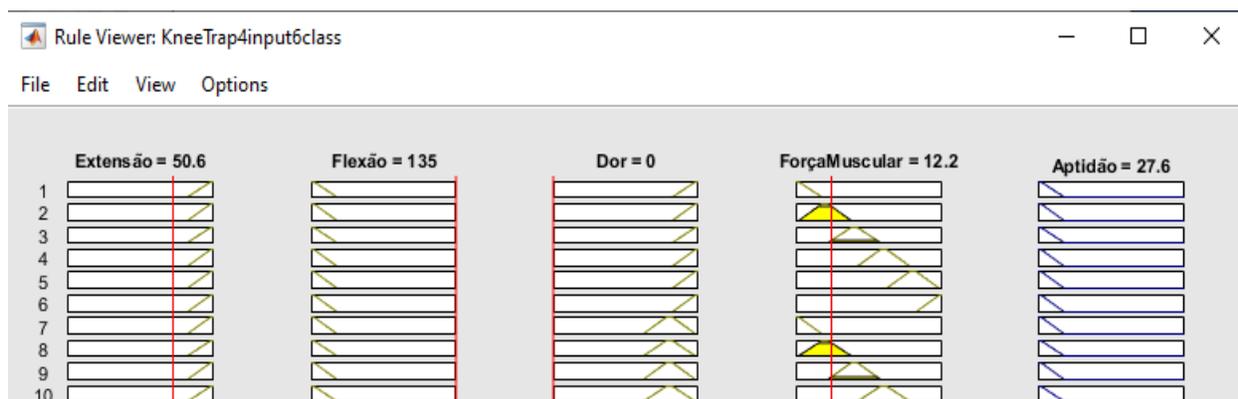
Figura 19 - Regras com os valores de seus *inputs* e *output* do Caso 2 Sugeno.



Fonte: O Autor (2020).

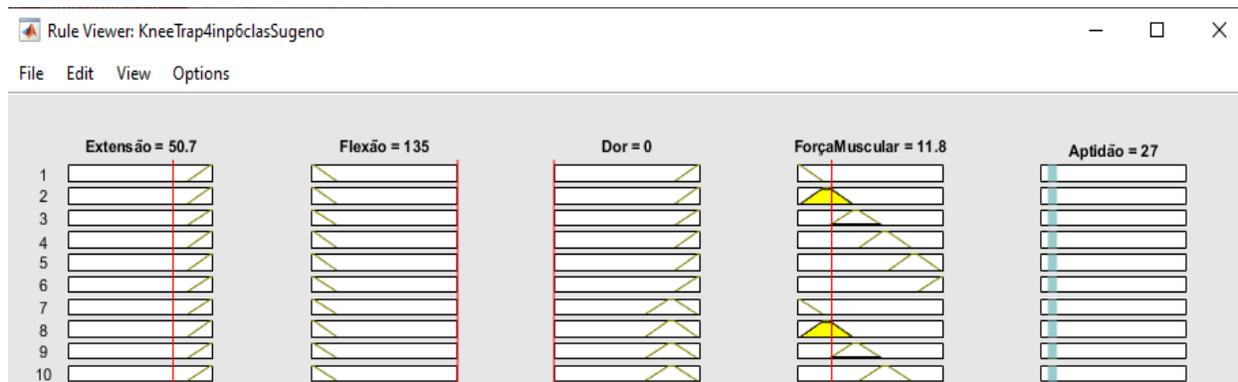
No terceiro caso, os valores se aproximam novamente, com *outputs* dos sistemas de LFM e LFS sendo, respectivamente, 27.6 e 27 como mostram as Figuras 20 e 21. O nível de pertinência condiz com as regras, pois aproxima eles do conceito “Ruim”.

Figura 20 - Regras com os valores de seus *inputs* e *output* do Caso 3 Mamdani.



Fonte: O Autor (2020).

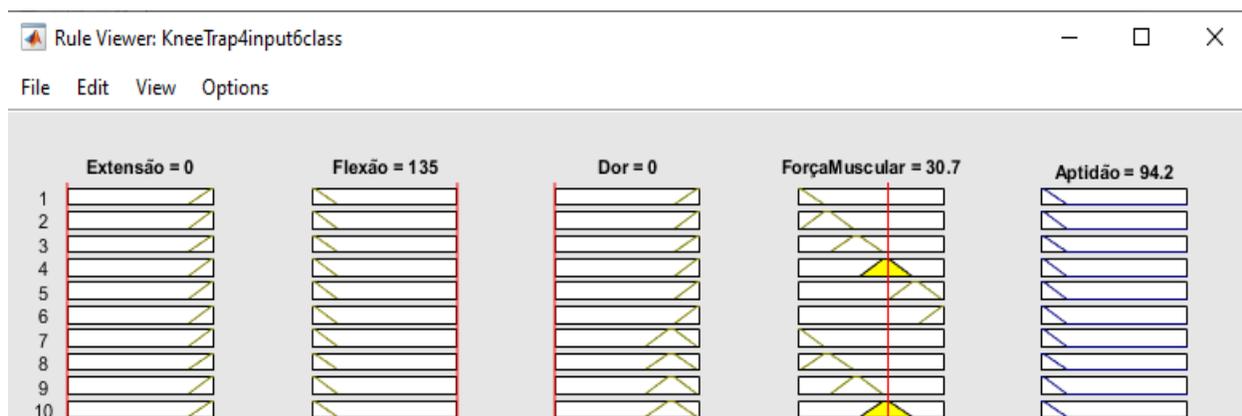
Figura 21 - Regras com os valores de seus *inputs* e *output* do Caso 3 Sugeno.



Fonte: O Autor (2020).

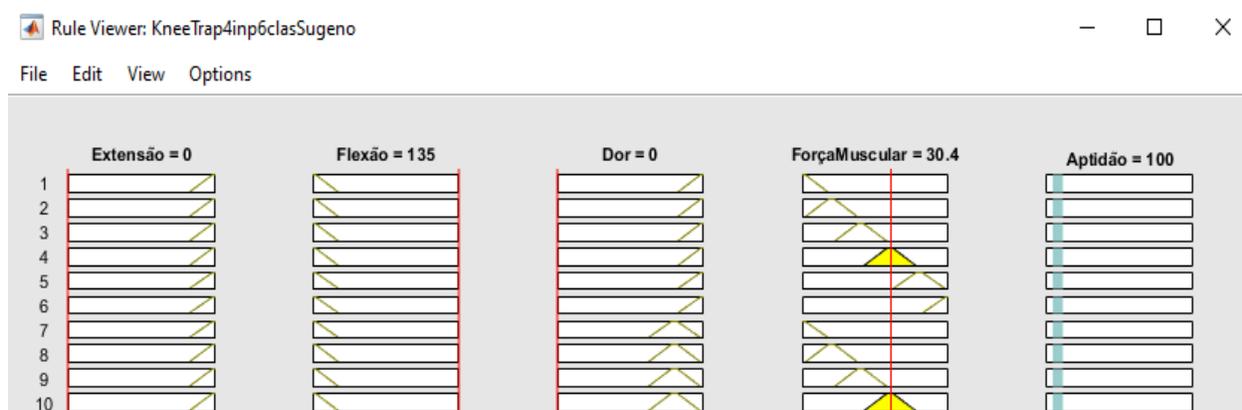
No caso 4, os valores são diferentes, mas mantêm o nível de pertinência próximo do “Excelente”. Na LFM o valor foi de 94.2 e na LFS foi de 100, como pode ser observado nas Figuras 22 e 23.

Figura 22 - Regras com os valores de seus *inputs* e *output* do Caso 4 Mamdani.



Fonte: O Autor (2020).

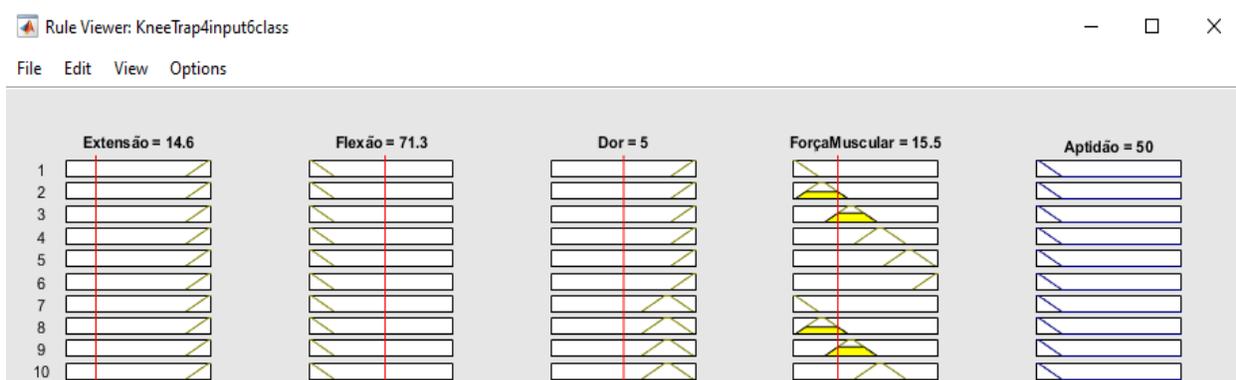
Figura 23 - Regras com os valores de seus *inputs* e *output* do Caso 4 Sugeno.



Fonte: O Autor (2020).

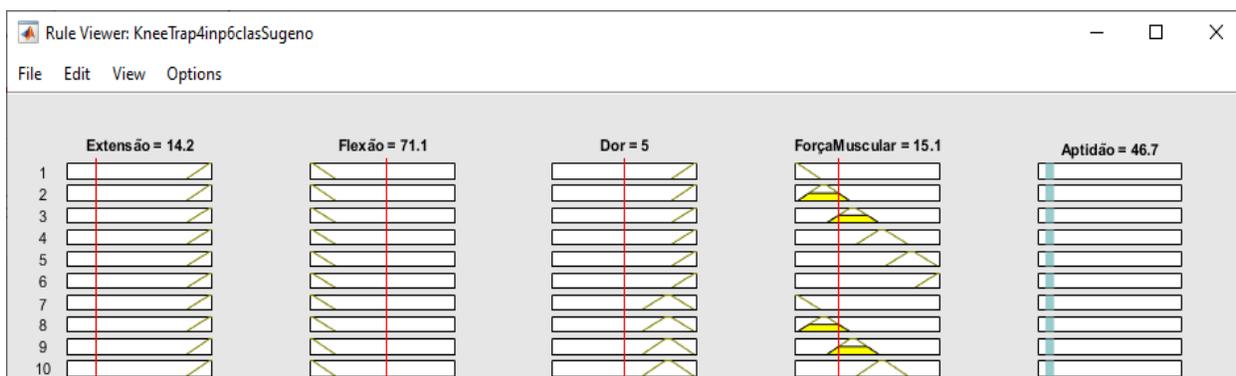
No caso 5, os valores de *output* se mostraram próximos, sendo 50 na LFM e 46.7 na LFS. Isso indica um nível de Aptidão pertinente ao conceito “Regular” para ambos, mesmo a LFM sendo limítrofe. Nas Figuras 24 e 25 esse nível pode ser melhor observado.

Figura 24 - Regras com os valores de seus *inputs* e *output* do Caso 5 Mamdani.



Fonte: O Autor (2020).

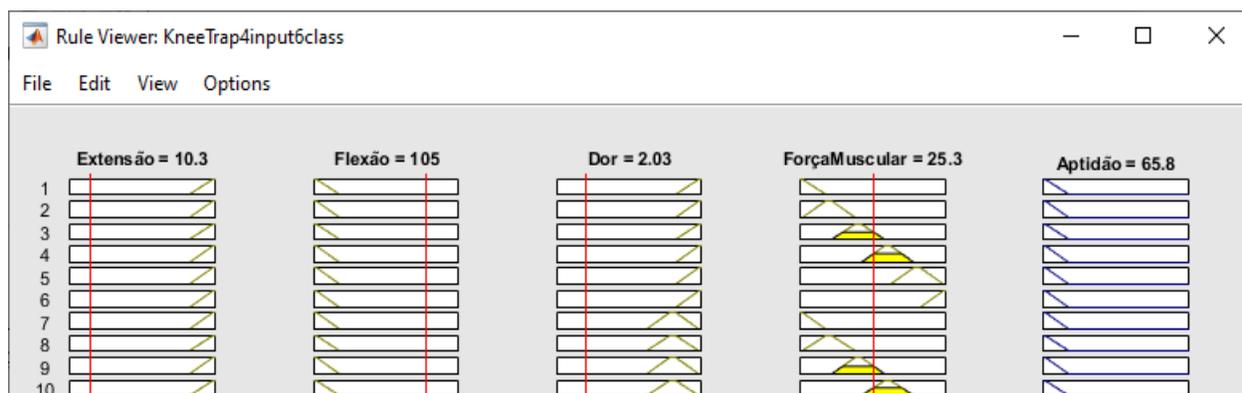
Figura 25 - Regras com os valores de seus *inputs* e *output* do Caso 5 Sugeno.



Fonte: O Autor (2020).

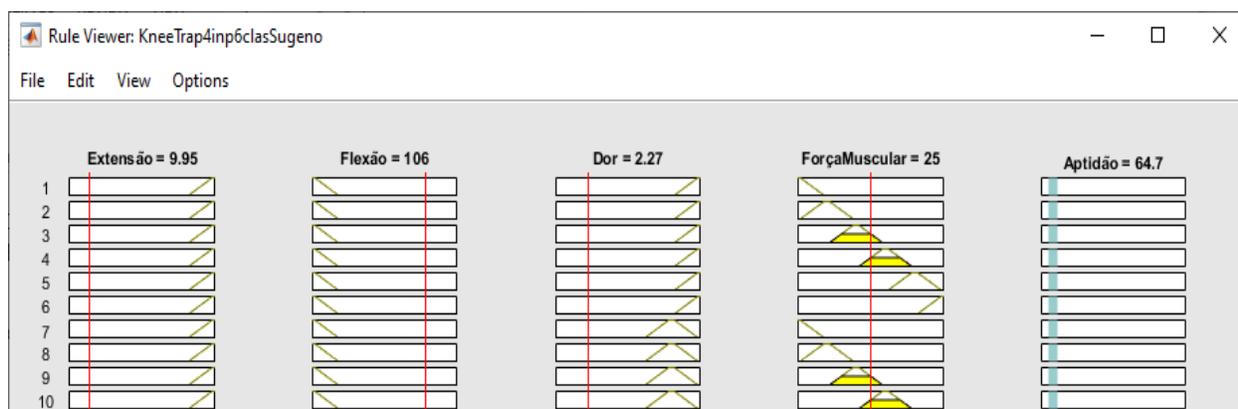
No sexto caso clínico, os valores de resposta da Aptidão foram 65.8 para a LFM e 64.7 para LFS. As Figuras 26 e 27 mostram que isso está de acordo com as regras propostas mantendo o nível de pertinência em “Boa”.

Figura 26 - Regras com os valores de seus *inputs* e *output* do Caso 6 Mamdani.



Fonte: o Autor (2020).

Figura 27 - Regras com os valores de seus *inputs* e *output* do Caso 6 Sugeno.



Fonte: O Autor (2020).

Analisando a série de casos clínicos, comparando LFM e LFS para a aptidão da reabilitação de joelho, pode-se observar uma boa correlação entre as regras geradas e os valores de *output*, sendo fieis aos conceitos finais em sua maioria. Isso quer dizer que a proposta de usar LF para auxiliar no processo de reabilitação é viável. O nível de pertinência de cada valor remete a um conceito condizente com o nível de Aptidão esperado para a grande maioria das respostas.

Na comparação entre LFM e LFS, neste trabalho, o método Sugeno obteve respostas mais fidedignas com o nível de pertinência, provavelmente por usar funções de variáveis de *input* como a regra consequente para gerar o *output*.

5. AVALIAÇÃO

Três fisioterapeutas com média e desvio padrão de 13 ± 1 anos de formados, um deles com título de Mestre em Ciências do Movimento Humano (UFRGS), e todos possuidores de diploma de pós-graduação *Latu Sensu* com experiência em reabilitação musculoesquelética responderam os seis casos clínicos hipotéticos com suas respectivas impressões e opiniões sobre os quadros descritos. Foi solicitado aos fisioterapeutas que assinalassem apenas uma resposta por caso clínico e que, uma vez escolhido o conceito que melhor designasse o caso, ele não se repetiria nas próximas questões. Não foram fornecidas informações adicionais sobre os casos, além daquelas expostas nos enunciados, no intuito de deixar o raciocínio clínico deles trabalhar com os recursos próximos aos dos sistemas. Ou seja, informações mais quantitativas com as quais os sistemas foram alimentados. A correlação κ inter-examinadores resultou em uma concordância moderada (46%) (LANDIS; KOCH, 1977). Isso significa que os fisioterapeutas avaliaram o mesmo nível de aptidão em 46% dos casos.

Suas respostas foram comparadas com os *outputs* conceituais dos sistemas da LFM e LFS, considerados aqui como um gabarito, não por estarem livres de falhas, mas sim para testá-las. Por se tratar de um número de baixo avaliadores, como medidor de concordância foi utilizado a quantidade de acertos em cada caso. Quando os três fisioterapeutas concordassem com os sistemas denotaria “grande” concordância; dois fisioterapeutas, “média”; somente um, “pequena”; e nenhum, “nenhuma” concordância.

No primeiro caso, um fisioterapeuta e os sistemas informaram o mesmo conceito, classificando a aptidão como “Muito Boa”. Já, os outros dois fisioterapeutas responderam como “Excelente”, divergindo dos sistemas. Essas respostas geraram uma pequena concordância.

Tanto no segundo, quanto no terceiro casos, os três fisioterapeutas concordaram com os conceitos “Muito Ruim” e “Ruim” gerados pelos sistemas, respectivamente. Isso equivale a uma grande concordância nesses casos.

No caso quatro, um fisioterapeuta concordou com os sistemas conceituando a aptidão como “Excelente” e os outros dois discordaram. Ambos classificaram como “Muito Boa” ficando mais distante dos *outputs* gerados pelas LFM e LFS e indicando uma pequena concordância.

No quinto caso clínico, os sistemas geraram um *output* de “Regular”. Entretanto, dois fisioterapeutas classificaram como “Boa” e apenas um assinalou o mesmo nível de aptidão informado pelos sistemas, demonstrando uma pequena concordância.

A resposta gerada pelas LFM e LFS, no sexto e último caso do teste, foi “Boa” e, novamente, um fisioterapeuta compartilhou dessa opinião. Os outros dois conceituaram como “Regular”, repetindo uma baixa concordância.

Mesmo com dois casos de grande concordância, a maioria acabou sendo pequena. Todavia, não foram muito discrepantes as respostas dos fisioterapeutas com relação às dos sistemas, uma vez que os conceitos variaram um nível para mais ou para menos. Por exemplo, ao invés de “Boa” aptidão, foi marcado “Regular”, ou no lugar de “Muito Boa” foi dado “Excelente”.

Os profissionais, em comunicação pessoal, referiram algumas dificuldades em responder os casos, pois faltaram informações a respeito da classificação da fratura, das ADMs de tornozelo e quadril, do tipo de osteossíntese, do nível de atividade geral dos pacientes (ativa ou não, sobrepeso, etc.). Todos esses dados são importantes e fazem parte da avaliação de um fisioterapeuta para elaborar um plano de tratamento e prognóstico do paciente. No entanto, como mencionado, as informações são restringidas para não haver muita discrepância entre as informações presentes nos sistemas e as fornecidas para os profissionais. Com isso, tenta-se desenvolver critérios mais quantitativos para qualificar ainda mais o trabalho dos profissionais de saúde.

No intuito de facilitar a leitura das respostas, foi feita a porcentagem de concordância entre os sistemas. Se as respostas dos três fisioterapeutas estão de acordo com o sistema, sendo uma grande concordância, denota 100%; dois, média concordância, 66%; um, pequena, 33%; e se nenhum fisioterapeuta concordar com o conceito dado pelos sistemas tem o valor de 0%. Os resultados acima podem ser sintetizados na tabela abaixo.

Tabela 1 - Porcentagem e conceito da concordância entre os fisioterapeutas e os sistemas.

Casos	Percentual de concordância (%)	Conceito da correlação
1	33	Pequena
2	100	Grande
3	100	Grande
4	33	Pequena
5	33	Pequena
6	33	Pequena

A pequena correlação em alguns casos não inutiliza os sistemas, mas mostra que o mesmo precisa de mais informações para poder aumentar a correlação entre as respostas e obter uma melhor avaliação. Esse trabalho, por ter caráter inovador, foi feito com três profissionais, representando um teste piloto para que, talvez, com uma participação mais elevada e diversas opiniões as regras possam ser mais fidedignas.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esse capítulo encerra o trabalho com as impressões e críticas sobre o desenvolvimento e a comparação entre tipos de LF. Como essa interação entre a IA e a reabilitação pode ser benéfica e finaliza com uma série de propostas de novas pesquisas.

6.1 Conclusão

O presente trabalho teve o objetivo de desenvolver estratégias de auxílio na tomada de decisão do fisioterapeuta para o retorno às atividades físicas de indivíduos em reabilitação de joelho baseada em IA do tipo LF. O desenvolvimento e a comparação entre os tipos de LFM e LFS para a aptidão física do joelho mostra que a área de reabilitação pode e deve acompanhar a tendência mundial de incluir a IA na saúde.

Este trabalho deu um primeiro passo para uma abordagem que pode ser útil num futuro próximo. Ainda que embrionária, a ideia de desenvolver uma ferramenta de auxílio aos profissionais que trabalham com a reabilitação física e retorno às atividades físicas é válida e

pertinente, uma vez que facilitaria o acesso desses profissionais a dados mais quantitativos para somar às suas experiências profissionais na decisão de evoluir o tratamento do paciente. Bem como, mesmo para o próprio indivíduo que gosta de saber como está sua aptidão e pode ter esse autocontrole com as informações geradas pelos sistemas. A LF pode ser uma boa opção para lidar rápida e eficientemente com a imprecisão e a não-linearidade dos processos fisiológicos da recuperação de um indivíduo.

O uso da LF se justifica por ser de fácil entendimento, flexível, tolera dados imprecisos, pode ser construída a partir do conhecimento do profissional de referência e se baseia em uma linguagem de mais fácil compreensão. Assim como os outros tipos de IA, as LFM e LFS têm suas vantagens e desvantagens. Algumas vantagens da LFM são: 1) ser intuitiva. 2) ter uma aceitação grande. 3) mimetizar o raciocínio humano. E, da LFS são: 1) ser computacionalmente eficiente. 2) trabalhar com otimização e técnicas adaptativas. 3) ter garantia de continuidade da superfície de saída. 4) responder bem à análise matemática. A desvantagem da LF é não ser treinável.

Os sistemas de inferência *fuzzy* foram projetados com 4 *inputs* e um *output* com tipo de curva trapezoidal. O *output*, bem como as regras foram comuns, tanto para a LFM, quanto para a LFS. Neste trabalho, a LFS obteve uma pequena vantagem sobre a LFM, pois gerou respostas mais aproximadas com os valores esperados, mostrou uma abrangência maior no que tange os valores mais extremos e menor tempo de processamento dos dados.

Na avaliação entre os sistemas e a opinião de outros profissionais com experiência na área de reabilitação musculoesquelética, o nível de concordância foi pequeno (33%) em quatro dos seis casos e grande (100%) nos outros dois. Devido ao seu papel inovador na área de reabilitação, acredita-se que com mais informação fazendo parte dos sistemas, e, conseqüentemente, com os profissionais tendo acesso a ela, a concordância possa ser maior. Vários testes clínicos, como os apresentados no Capítulo 2.5, podem ser acrescidos aos dados de entrada para auxiliar no processo de tomada de decisão dos profissionais e com novos estudos certificar, agilizar e evoluir o tratamento fornecido, não só às pessoas com problemas nos joelhos, mas também àqueles com acometimentos em outras estruturas anatômicas, como tornozelo, cotovelo, ombro, etc. Em suma, há um longo caminho a ser trilhado na relação IA e reabilitação e a pesquisa com equipes interdisciplinares é o melhor meio de produzir mais pesquisas e evidências para a prática clínica ser cada vez mais assertiva e eficaz.

As limitações desse trabalho são o número baixo de *inputs* do sistema em comparação com a prática clínica na vida real, onde há a influência de diversos fatores na tomada de decisão na hora do tratamento e liberação para retorno às atividades físicas. Somente três fisioterapeutas participaram da avaliação dos sistemas. O ideal seria obter dados sobre a evolução e opiniões de diversos profissionais com experiência na área para desenvolver um sistema mais robusto e fiel à prática clínica.

6.2 Propostas de trabalhos futuros

Como sugestão para futuros trabalhos pode-se:

- Acrescentar mais testes clínicos como *inputs* do sistema.
- Utilizar *machine learning* para agregar informações sobre um banco de dados sobre os pacientes tratados, ou em tratamento.
- Aperfeiçoar o sistema de inferência *fuzzy* colocando mais funções.
- Elaborar um aplicativo de interação com o indivíduo através do *smartphone*.
- Produzir um ensaio clínico controlado randomizado para validação do sistema.

REFERÊNCIAS

- AMANO, H.; TORITSUKA, Y.; UCHIDA, R.; MAE, T. *et al.* Outcome of anatomical double-bundle ACL reconstruction using hamstring tendons via an outside-in approach. **Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy**, 23, n. 4, p. 1222-1230, 2015.
- BARBER-WESTIN, S. D.; NOYES, F. R. Factors used to determine return to unrestricted sports activities after anterior cruciate ligament reconstruction. **Arthroscopy: the journal of arthroscopic & related surgery**, 27, n. 12, p. 1697-1705, 2011.
- BURGI, C. R.; PETERS, S.; ARDERN, C. L.; MAGILL, J. R. *et al.* Which criteria are used to clear patients to return to sport after primary ACL reconstruction? a scoping review. **Br J Sports Med**, p. bjsports-2018-099982, 2019.
- BURNS, D. M.; LEUNG, N.; HARDISTY, M.; WHYNE, C. M. *et al.* Shoulder physiotherapy exercise recognition: machine learning the inertial signals from a smartwatch. **Physiological measurement**, 39, n. 7, p. 075007, 2018.
- CHEN, G.; PHAM, T. T. **Introduction to fuzzy sets, fuzzy logic, and fuzzy control systems**. CRC press, 2000. 1420039814.
- DARCY, A. M.; LOUIE, A. K.; ROBERTS, L. W. Machine learning and the profession of medicine. **Jama**, 315, n. 6, p. 551-552, 2016.
- DAS, S. Top 10 Most Popular Sports in The World. 2019.
- DE SILVA, C. W. **Intelligent control: fuzzy logic applications**. CRC press, 2018. 0203750519.
- DILSIZIAN, S. E.; SIEGEL, E. L. Artificial intelligence in medicine and cardiac imaging: harnessing big data and advanced computing to provide personalized medical diagnosis and treatment. **Current cardiology reports**, 16, n. 1, p. 441, 2014.
- DOYLE, J.; BAILEY, C.; DROMEY, B.; SCANAILL, C. N., 2010, **BASE-An interactive technology solution to deliver balance and strength exercises to older adults**. IEEE. 1-5.
- DUBOIS, D.; PRADE, H. **Fundamentals of fuzzy sets**. Springer Science & Business Media, 2012. 1461544297.

EBERT, J. R.; EDWARDS, P.; CURRIE, J.; SMITH, A. *et al.* COMPARISON OF THE 'BACK IN ACTION' TEST BATTERY TO STANDARD HOP TESTS AND ISOKINETIC KNEE DYNAMOMETRY IN PATIENTS FOLLOWING ANTERIOR CRUCIATE LIGAMENT RECONSTRUCTION. **International journal of sports physical therapy**, 13, n. 3, p. 389, 2018.

EKSTRAND, J.; KRUTSCH, W.; SPRECO, A.; VAN ZOEST, W. *et al.* Time before return to play for the most common injuries in professional football: a 16-year follow-up of the UEFA Elite Club Injury Study. **British journal of sports medicine**, p. bjsports-2019-100666, 2019.

ERTEL, W. **Introduction to artificial intelligence**. Springer, 2018. 3319584871.

ESFAHLANI, S. S.; CIRSTEAN, S.; SANAEI, A.; WILSON, G., 2017, **An adaptive self-organizing fuzzy logic controller in a serious game for motor impairment rehabilitation**. IEEE. 1311-1318.

FAGAN, L. M.; SHORTLIFFE, E. H.; BUCHANAN, B. G. Computer-based medical decision making: from MYCIN to VM. **Automedica**, 3, n. 2, p. 97-108, 1980.

GARDNER, H. **Multiple intelligences**. Minnesota Center for Arts Education, 1992. 0465047688.

GARRISON, J. C.; BOTHWELL, J. M.; WOLF, G.; ARYAL, S. *et al.* Y balance test™ anterior reach symmetry at three months is related to single leg functional performance at time of return to sports following anterior cruciate ligament reconstruction. **International journal of sports physical therapy**, 10, n. 5, p. 602, 2015.

HAMET, P.; TREMBLAY, J. Artificial intelligence in medicine. **Metabolism**, 69, p. S36-S40, 2017.

HARTIGAN, E. H.; AXE, M. J.; SNYDER-MACKLER, L. Time line for noncopers to pass return-to-sports criteria after anterior cruciate ligament reconstruction. **journal of orthopaedic & sports physical therapy**, 40, n. 3, p. 141-154, 2010.

HAWKER, G. A.; MIAN, S.; KENDZERSKA, T.; FRENCH, M. Measures of adult pain: Visual analog scale for pain (vas pain), numeric rating scale for pain (nrs pain), mcgill pain questionnaire (mpq), short-form mcgill pain questionnaire (sf-mpq), chronic pain grade scale (cpgs), short form-36 bodily pain scale (sf-36 bps), and measure of intermittent and constant osteoarthritis pain (icoap). **Arthritis care & research**, 63, n. S11, p. S240-S252, 2011.

HEAD, J.; ARMES, H.; JAMES, A. Giving a face to remote management-the digital future of physiotherapy. **Physiotherapy**, 105, p. e139-e140, 2019.

HERBST, E.; HOSER, C.; HILDEBRANDT, C.; RASCHNER, C. *et al.* Functional assessments for decision-making regarding return to sports following ACL reconstruction. Part II: clinical application of a new test battery. **Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy**, 23, n. 5, p. 1283-1291, 2015.

HILDEBRANDT, C.; MÜLLER, L.; ZISCH, B.; HUBER, R. *et al.* Functional assessments for decision-making regarding return to sports following ACL reconstruction. Part I: development of a new test battery. **Knee surgery, sports traumatology, arthroscopy**, 23, n. 5, p. 1273-1281, 2015.

ISTEPANIAN, R.; LAXMINARAYAN, S.; PATTICHIS, C. S. **M-health**. Springer, 2006. 0387265597.

IŞIK, H.; ARSLAN, S. The design of ultrasonic therapy device via fuzzy logic. **Expert systems with applications**, 38, n. 6, p. 7342-7348, 2011.

JANG, J.-S. R.; SUN, C.-T.; MIZUTANI, E. Neuro-fuzzy and soft computing-a computational approach to learning and machine intelligence [Book Review]. **IEEE Transactions on automatic control**, 42, n. 10, p. 1482-1484, 1997.

JIANG, F.; JIANG, Y.; ZHI, H.; DONG, Y. *et al.* Artificial intelligence in healthcare: past, present and future. **Stroke and vascular neurology**, 2, n. 4, p. 230-243, 2017.

JUNGE, A.; DVORŔÁK, J. Football injuries during the 2014 FIFA World Cup. **Br J Sports Med**, 49, n. 9, p. 599-602, 2015.

KATZ, J. W.; FINGEROTH, R. J. The diagnostic accuracy of ruptures of the anterior cruciate ligament comparing the Lachman test, the anterior drawer sign, and the pivot shift test in acute and chronic knee injuries. **The American journal of sports medicine**, 14, n. 1, p. 88-91, 1986.

KHAN, A. M.; LEE, Y.-K.; LEE, S. Y.; KIM, T.-S. A triaxial accelerometer-based physical-activity recognition via augmented-signal features and a hierarchical recognizer. **IEEE transactions on information technology in biomedicine**, 14, n. 5, p. 1166-1172, 2010.

KIAPOUR, A. M.; ECKLUND, K.; MURRAY, M. M.; FLEMING, B. C. Changes in Cross-Sectional Area and Signal Intensity of Healing ACLs and ACL Grafts in the First Two Years After Surgery. **Orthopaedic Journal of Sports Medicine**, 7, n. 7_suppl5, p. 2325967119S2325900350, 2019.

KRITTANAWONG, C.; ZHANG, H.; WANG, Z.; AYDAR, M. *et al.* Artificial intelligence in precision cardiovascular medicine. **Journal of the American College of Cardiology**, 69, n. 21, p. 2657-2664, 2017.

KYRITSIS, P.; BAHR, R.; LANDREAU, P.; MILADI, R. *et al.* Likelihood of ACL graft rupture: not meeting six clinical discharge criteria before return to sport is associated with a four times greater risk of rupture. **Br J Sports Med**, 50, n. 15, p. 946-951, 2016.

LANDIS, J. R.; KOCH, G. G. The measurement of observer agreement for categorical data. **biometrics**, p. 159-174, 1977.

MCCULLOCH, W. S.; PITTS, W. A logical calculus of the ideas immanent in nervous activity. **The bulletin of mathematical biophysics**, 5, n. 4, p. 115-133, 1943.

MONTALVO, A. M.; SCHNEIDER, D. K.; YUT, L.; WEBSTER, K. E. *et al.* "What's my risk of sustaining an ACL injury while playing sports?" A systematic review with meta-analysis. **Br J Sports Med**, p. bjsports-2016-096274, 2018.

MOORE, K. L.; DALLEY, A. F.; AGUR, A. M. **Clinically oriented anatomy**. Lippincott Williams & Wilkins, 2013. 1451119453.

MOURCOU, Q.; FLEURY, A.; DIOT, B.; FRANCO, C. *et al.* Mobile phone-based joint angle measurement for functional assessment and rehabilitation of proprioception. **BioMed research international**, 2015, 2015.

MURFF, H. J.; FITZHENRY, F.; MATHENY, M. E.; GENTRY, N. *et al.* Automated identification of postoperative complications within an electronic medical record using natural language processing. **Jama**, 306, n. 8, p. 848-855, 2011.

NEILL, D. B. Using artificial intelligence to improve hospital inpatient care. **IEEE Intelligent Systems**, 28, n. 2, p. 92-95, 2013.

NGUYEN, H. T.; WALKER, C. L.; WALKER, E. A. **A first course in fuzzy logic**. CRC press, 2018. 0429012616.

NIJEWEME-D'HOLLOSY, W. O.; VAN VELSEN, L.; POEL, M.; GROOTHUIS-OUDSHOORN, C. G. *et al.* Evaluation of three machine learning models for self-referral decision support on low back pain in primary care. **International journal of medical informatics**, 110, p. 31-41, 2018.

NOYES, F.; BARBER-WESTIN, S.; ROBERTS, C. Use of allografts after failed treatment of rupture of the anterior cruciate. **J. Bone Joint Surg. Am**, 76, p. 1019-1031, 1994.

NOYES, F. R. **Noyes' Knee Disorders: Surgery, Rehabilitation, Clinical Outcomes E-Book**. Elsevier Health Sciences, 2016. 032342855X.

NOYES, F. R.; BARBER-WESTIN, S. D. Arthroscopic repair of meniscus tears extending into the avascular zone with or without anterior cruciate ligament reconstruction in patients 40 years of age and older. **Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery**, 16, n. 8, p. 822-829, 2000.

NUNN, K. D.; MAYHEW, J. Comparison of three methods of assessing strength imbalances at the knee. **Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy**, 10, n. 4, p. 134-137, 1988.

PADUA, D. A.; BOLING, M. C.; DISTEFANO, L. J.; ONATE, J. A. *et al.* Reliability of the landing error scoring system-real time, a clinical assessment tool of jump-landing biomechanics. **Journal of sport rehabilitation**, 20, n. 2, p. 145-156, 2011.

PADUA, D. A.; DISTEFANO, L. J.; BEUTLER, A. I.; DE LA MOTTE, S. J. *et al.* The landing error scoring system as a screening tool for an anterior cruciate ligament injury-prevention program in elite-youth soccer athletes. **Journal of athletic training**, 50, n. 6, p. 589-595, 2015.

PADUA, D. A.; MARSHALL, S. W.; BOLING, M. C.; THIGPEN, C. A. *et al.* The Landing Error Scoring System (LESS) is a valid and reliable clinical assessment tool of jump-landing biomechanics: the JUMP-ACL study. **The American journal of sports medicine**, 37, n. 10, p. 1996-2002, 2009.

PLISKY, P. J.; GORMAN, P. P.; BUTLER, R. J.; KIESEL, K. B. *et al.* The reliability of an instrumented device for measuring components of the star excursion balance test. **North American journal of sports physical therapy: NAJSPT**, 4, n. 2, p. 92, 2009.

PLISKY, P. J.; RAUH, M. J.; KAMINSKI, T. W.; UNDERWOOD, F. B. Star Excursion Balance Test as a predictor of lower extremity injury in high school basketball players. **Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy**, 36, n. 12, p. 911-919, 2006.

POSTOLACHE, G.; GIRAO, P. S.; POSTOLACHE, O., 2014, **Applying smartphone apps to drive greater patient engagement in personalized physiotherapy**. IEEE. 1-6.

POSTOLACHE, O., 2015, **Physical rehabilitation assessment based on smart training equipment and mobile APPs**. IEEE. 1-6.

POSTOLACHE, O.; CARY, F.; GIRÃO, P. S.; DUARTE, N., 2015, **Physiotherapy assessment based on Kinect and mobile APPs**. IEEE. 1-6.

QI, J.; YANG, P.; FAN, D.; DENG, Z., 2015, **A survey of physical activity monitoring and assessment using internet of things technology**. IEEE. 2353-2358.

REIS, G. F.; SANTOS, T. R.; LASMAR, R. C.; OLIVEIRA JÚNIOR, O. *et al.* Sports injuries profile of a first division Brazilian soccer team: a descriptive cohort study. **Brazilian journal of physical therapy**, n. AHEAD, p. 0-0, 2015.

RICHARDSON, B. R.; TRUTER, P.; BLUMKE, R.; RUSSELL, T. G. Physiotherapy assessment and diagnosis of musculoskeletal disorders of the knee via telerehabilitation. **Journal of telemedicine and telecare**, 23, n. 1, p. 88-95, 2017.

RUSSELL, S. J.; NORVIG, P. **Artificial intelligence: a modern approach**. Malaysia; Pearson Education Limited, 2016.

SAWE, B. E. *The Most Popular Sports In The World*. 2018.

SCHWARTZ, W. B.; PATIL, R. S.; SZOLOVITS, P. *Artificial intelligence in medicine*. Mass Medical Soc 1987.

SEISING, R. **The Fuzzification of Systems: The Genesis of Fuzzy Set Theory and its Initial Applications-Developments up to the 1970s**. Springer, 2007. 3540717951.

SMITH, H. C.; JOHNSON, R. J.; SHULTZ, S. J.; TOURVILLE, T. *et al.* A prospective evaluation of the Landing Error Scoring System (LESS) as a screening tool for anterior cruciate ligament injury risk. **The American journal of sports medicine**, 40, n. 3, p. 521-526, 2012.

STAUDENMAYER, J.; POBER, D.; CROUTER, S.; BASSETT, D. *et al.* An artificial neural network to estimate physical activity energy expenditure and identify physical activity type from an accelerometer. **Journal of applied physiology**, 107, n. 4, p. 1300-1307, 2009.

STUBBE, J. H.; VAN BEIJSTERVELDT, A.-M. M.; VAN DER KNAAP, S.; STEGE, J. *et al.* Injuries in professional male soccer players in the Netherlands: a prospective cohort study. **Journal of athletic training**, 50, n. 2, p. 211-216, 2015.

STURGILL, L. P.; SNYDER-MACKLER, L.; MANAL, T. J.; AXE, M. J. Interrater reliability of a clinical scale to assess knee joint effusion. **journal of orthopaedic & sports physical therapy**, 39, n. 12, p. 845-849, 2009.

TAULLI, T. AI Foundations. *In: Artificial Intelligence Basics*: Springer, 2019. p. 1-17.

THUKRAL, S.; BAL, J. S. Medical Applications on Fuzzy Logic Inference System: A Review. **International Journal of Advanced Networking and Applications**, 10, n. 4, p. 3944-3950, 2019.

TOPOL, E. J. High-performance medicine: the convergence of human and artificial intelligence. **Nature medicine**, 25, n. 1, p. 44, 2019.

WEBER, F.; RIECKMANN, A.; GRUENEBERG, C. Feasibility report of the usage of the mobile-app TheraAssist to improve documentation and usage of assessments in physiotherapy practice. **Physiotherapy**, 102, p. e274, 2016.

WELLSANDT, E.; FAILLA, M. J.; SNYDER-MACKLER, L. Limb symmetry indexes can overestimate knee function after anterior cruciate ligament injury. **Journal of orthopaedic & sports physical therapy**, 47, n. 5, p. 334-338, 2017.

WICHMANN, D.; OBBELODE, F.; VOGEL, H.; HOEPKER, W. W. *et al.* Virtual autopsy as an alternative to traditional medical autopsy in the intensive care unit: a prospective cohort study. **Annals of internal medicine**, 156, n. 2, p. 123-130, 2012.

YING, H. **Fuzzy control and modeling: analytical foundations and applications**. Wiley-IEEE Press, 2000. 0780334973.

ZADEH, L. A. Fuzzy sets. **Information and control**, 8, n. 3, p. 338-353, 1965.

APÊNDICE

APÊNDICE A – MATLAB *SCRIPT* MAMDANI

```
[System]
Name='KneeTrap4input6class'
Type='mamdani'
Version=2.0
NumInputs=4
NumOutputs=1
NumRules=1296
AndMethod='min'
OrMethod='max'
ImpMethod='min'
AggMethod='max'
DefuzzMethod='centroid'
```

```
[Input1]
Name='ExtensÃ£o'
Range=[0 70]
NumMFs=6
```

```
MF1='completa': 'trapmf', [-12.6 -1.4 1.4 12.6]
MF2='MtGrande': 'trapmf', [1.4 12.6 15.4 26.6]
MF3='grande': 'trapmf', [15.4 26.6 29.4 40.6]
MF4='mÃ©dia': 'trapmf', [29.4 40.6 43.4 54.6]
MF5='pequena': 'trapmf', [43.4 54.6 57.4 68.6]
MF6='MtPequena': 'trapmf', [57.4 68.6 71.4 82.6]
```

[Input2]

```
Name='FlexÃ£o'
Range=[0 135]
NumMFs=6
MF1='MtPequena': 'trapmf', [-24.3 -2.7 2.7 24.3]
MF2='pequena': 'trapmf', [2.7 24.3 29.7 51.3]
MF3='mÃ©dia': 'trapmf', [29.7 51.3 56.7 78.3]
MF4='grande': 'trapmf', [56.7 78.3 83.7 105.3]
MF5='MtGrande': 'trapmf', [83.7 105.3 110.7 132.3]
MF6='completa': 'trapmf', [110.7 132.3 137.7 159.3]
```

[Input3]

```
Name='Dor'
Range=[0 10]
NumMFs=6
MF1='sem': 'trapmf', [-1.8 -0.2 0.2 1.8]
MF2='MtLeve': 'trapmf', [0.2 1.8 2.2 3.8]
MF3='leve': 'trapmf', [2.2 3.8 4.2 5.8]
MF4='mÃ©dia': 'trapmf', [4.2 5.8 6.2 7.8]
MF5='alta': 'trapmf', [6.2 7.8 8.2 9.8]
MF6='MtAlta': 'trapmf', [8.2 9.8 10.2 11.8]
```

[Input4]

```
Name='ForÃ§aMuscular'
Range=[0 50]
NumMFs=6
MF1='MtFraca': 'trapmf', [-9 -1 1 9]
MF2='fraca': 'trapmf', [1 9 11 19]
MF3='mÃ©dia': 'trapmf', [11 19 21 29]
MF4='forte': 'trapmf', [21 29 31 39]
MF5='MtForte': 'trapmf', [31 39 41 49]
MF6='Plena': 'trapmf', [41 49 51 59]
```

[Output1]

```
Name='AptidÃ£o'
Range=[0 100]
NumMFs=6
MF1='MtRuim': 'trapmf', [-18 -2 2 18]
MF2='Ruim': 'trapmf', [2 18 22 38]
MF3='Regular': 'trapmf', [22 38 42 58]
MF4='Boa': 'trapmf', [42 58 62 78]
MF5='MtBoa': 'trapmf', [62 78 82 98]
MF6='Excelente': 'trapmf', [82 98 102 118]
```

[Rules]

```
6 1 6 1, 1 (1) : 1
6 1 6 2, 1 (1) : 1
6 1 6 3, 1 (1) : 1
```

6 1 6 4, 1 (1) : 1
6 1 6 5, 1 (1) : 1
6 1 6 6, 1 (1) : 1
6 1 5 1, 1 (1) : 1
6 1 5 2, 1 (1) : 1
6 1 5 3, 1 (1) : 1
6 1 5 4, 1 (1) : 1
6 1 5 5, 1 (1) : 1
6 1 5 6, 1 (1) : 1
6 1 4 1, 1 (1) : 1
6 1 4 2, 1 (1) : 1
6 1 4 3, 1 (1) : 1
6 1 4 4, 1 (1) : 1
6 1 4 5, 1 (1) : 1
6 1 4 6, 1 (1) : 1
6 1 3 1, 1 (1) : 1
6 1 3 2, 1 (1) : 1
6 1 3 3, 1 (1) : 1
6 1 3 4, 1 (1) : 1
6 1 3 5, 1 (1) : 1
6 1 3 6, 1 (1) : 1
6 1 2 1, 1 (1) : 1
6 1 2 2, 1 (1) : 1
6 1 2 3, 1 (1) : 1
6 1 2 4, 1 (1) : 1
6 1 2 5, 1 (1) : 1
6 1 2 6, 1 (1) : 1
6 1 1 1, 1 (1) : 1
6 1 1 2, 1 (1) : 1
6 1 1 3, 1 (1) : 1
6 1 1 4, 1 (1) : 1
6 1 1 5, 1 (1) : 1
6 1 1 6, 1 (1) : 1
6 2 6 1, 1 (1) : 1
6 2 6 2, 1 (1) : 1
6 2 6 3, 1 (1) : 1
6 2 6 4, 1 (1) : 1
6 2 6 5, 1 (1) : 1
6 2 6 6, 1 (1) : 1
6 2 5 1, 1 (1) : 1
6 2 5 2, 1 (1) : 1
6 2 5 3, 1 (1) : 1
6 2 5 4, 1 (1) : 1
6 2 5 5, 1 (1) : 1
6 2 5 6, 1 (1) : 1
6 2 4 1, 1 (1) : 1
6 2 4 2, 1 (1) : 1
6 2 4 3, 1 (1) : 1
6 2 4 4, 1 (1) : 1
6 2 4 5, 1 (1) : 1
6 2 4 6, 1 (1) : 1
6 2 3 1, 1 (1) : 1
6 2 3 2, 1 (1) : 1
6 2 3 3, 1 (1) : 1
6 2 3 4, 1 (1) : 1
6 2 3 5, 1 (1) : 1

6 2 3 6, 1 (1) : 1
6 2 2 1, 1 (1) : 1
6 2 2 2, 1 (1) : 1
6 2 2 3, 1 (1) : 1
6 2 2 4, 1 (1) : 1
6 2 2 5, 1 (1) : 1
6 2 2 6, 1 (1) : 1
6 2 1 1, 1 (1) : 1
6 2 1 2, 1 (1) : 1
6 2 1 3, 1 (1) : 1
6 2 1 4, 1 (1) : 1
6 2 1 5, 1 (1) : 1
6 2 1 6, 1 (1) : 1
6 3 6 1, 1 (1) : 1
6 3 6 2, 1 (1) : 1
6 3 6 3, 1 (1) : 1
6 3 6 4, 1 (1) : 1
6 3 6 5, 1 (1) : 1
6 3 6 6, 1 (1) : 1
6 3 5 1, 1 (1) : 1
6 3 5 2, 1 (1) : 1
6 3 5 3, 1 (1) : 1
6 3 5 4, 1 (1) : 1
6 3 5 5, 1 (1) : 1
6 3 5 6, 1 (1) : 1
6 3 4 1, 1 (1) : 1
6 3 4 2, 1 (1) : 1
6 3 4 3, 2 (1) : 1
6 3 4 4, 2 (1) : 1
6 3 4 5, 2 (1) : 1
6 3 4 6, 2 (1) : 1
6 3 3 1, 2 (1) : 1
6 3 3 2, 2 (1) : 1
6 3 3 3, 2 (1) : 1
6 3 3 4, 2 (1) : 1
6 3 3 5, 2 (1) : 1
6 3 3 6, 2 (1) : 1
6 3 2 1, 2 (1) : 1
6 3 2 2, 2 (1) : 1
6 3 2 3, 2 (1) : 1
6 3 2 4, 2 (1) : 1
6 3 2 5, 2 (1) : 1
6 3 2 6, 2 (1) : 1
6 3 1 1, 2 (1) : 1
6 3 1 2, 2 (1) : 1
6 3 1 3, 2 (1) : 1
6 3 1 4, 2 (1) : 1
6 3 1 5, 2 (1) : 1
6 3 1 6, 2 (1) : 1
6 4 6 1, 1 (1) : 1
6 4 6 2, 1 (1) : 1
6 4 6 3, 1 (1) : 1
6 4 6 4, 1 (1) : 1
6 4 6 5, 1 (1) : 1
6 4 6 6, 1 (1) : 1
6 4 5 1, 1 (1) : 1

6 4 5 2, 1 (1) : 1
6 4 5 3, 1 (1) : 1
6 4 5 4, 1 (1) : 1
6 4 5 5, 1 (1) : 1
6 4 5 6, 1 (1) : 1
6 4 4 1, 1 (1) : 1
6 4 4 2, 1 (1) : 1
6 4 4 3, 1 (1) : 1
6 4 4 4, 1 (1) : 1
6 4 4 5, 1 (1) : 1
6 4 4 6, 1 (1) : 1
6 4 3 1, 2 (1) : 1
6 4 3 2, 2 (1) : 1
6 4 3 3, 2 (1) : 1
6 4 3 4, 2 (1) : 1
6 4 3 5, 2 (1) : 1
6 4 3 6, 2 (1) : 1
6 4 2 1, 2 (1) : 1
6 4 2 2, 2 (1) : 1
6 4 2 3, 2 (1) : 1
6 4 2 4, 2 (1) : 1
6 4 2 5, 2 (1) : 1
6 4 2 6, 2 (1) : 1
6 4 1 1, 2 (1) : 1
6 4 1 2, 2 (1) : 1
6 4 1 3, 2 (1) : 1
6 4 1 4, 2 (1) : 1
6 4 1 5, 2 (1) : 1
6 4 1 6, 2 (1) : 1
6 5 6 1, 2 (1) : 1
6 5 6 2, 2 (1) : 1
6 5 6 3, 2 (1) : 1
6 5 6 4, 2 (1) : 1
6 5 6 5, 2 (1) : 1
6 5 6 6, 2 (1) : 1
6 5 5 1, 2 (1) : 1
6 5 5 2, 2 (1) : 1
6 5 5 3, 2 (1) : 1
6 5 5 4, 2 (1) : 1
6 5 5 5, 2 (1) : 1
6 5 5 6, 2 (1) : 1
6 5 4 1, 2 (1) : 1
6 5 4 2, 2 (1) : 1
6 5 4 3, 2 (1) : 1
6 5 4 4, 2 (1) : 1
6 5 4 5, 2 (1) : 1
6 5 4 6, 2 (1) : 1
6 5 3 1, 2 (1) : 1
6 5 3 2, 2 (1) : 1
6 5 3 3, 2 (1) : 1
6 5 3 4, 2 (1) : 1
6 5 3 5, 2 (1) : 1
6 5 3 6, 2 (1) : 1
6 5 2 1, 2 (1) : 1
6 5 2 2, 2 (1) : 1
6 5 2 3, 2 (1) : 1

6 5 2 4, 2 (1) : 1
6 5 2 5, 2 (1) : 1
6 5 2 6, 2 (1) : 1
6 5 1 1, 2 (1) : 1
6 5 1 2, 2 (1) : 1
6 5 1 3, 2 (1) : 1
6 5 1 4, 2 (1) : 1
6 5 1 5, 2 (1) : 1
6 5 1 6, 2 (1) : 1
6 6 6 1, 2 (1) : 1
6 6 6 2, 2 (1) : 1
6 6 6 3, 2 (1) : 1
6 6 6 4, 2 (1) : 1
6 6 6 5, 2 (1) : 1
6 6 6 6, 2 (1) : 1
6 6 5 1, 2 (1) : 1
6 6 5 2, 2 (1) : 1
6 6 5 3, 2 (1) : 1
6 6 5 4, 2 (1) : 1
6 6 5 5, 2 (1) : 1
6 6 5 6, 2 (1) : 1
6 6 4 1, 2 (1) : 1
6 6 4 2, 2 (1) : 1
6 6 4 3, 2 (1) : 1
6 6 4 4, 2 (1) : 1
6 6 4 5, 2 (1) : 1
6 6 4 6, 2 (1) : 1
6 6 3 1, 2 (1) : 1
6 6 3 2, 2 (1) : 1
6 6 3 3, 2 (1) : 1
6 6 3 4, 2 (1) : 1
6 6 3 5, 2 (1) : 1
6 6 3 6, 2 (1) : 1
6 6 2 1, 2 (1) : 1
6 6 2 2, 2 (1) : 1
6 6 2 3, 2 (1) : 1
6 6 2 4, 2 (1) : 1
6 6 2 5, 2 (1) : 1
6 6 2 6, 2 (1) : 1
6 6 1 1, 2 (1) : 1
6 6 1 2, 2 (1) : 1
6 6 1 3, 2 (1) : 1
6 6 1 4, 2 (1) : 1
6 6 1 5, 2 (1) : 1
6 6 1 6, 2 (1) : 1
5 1 6 1, 2 (1) : 1
5 1 6 2, 2 (1) : 1
5 1 6 3, 2 (1) : 1
5 1 6 4, 2 (1) : 1
5 1 6 5, 2 (1) : 1
5 1 6 6, 2 (1) : 1
5 1 5 1, 2 (1) : 1
5 1 5 2, 2 (1) : 1
5 1 5 3, 2 (1) : 1
5 1 5 4, 2 (1) : 1
5 1 5 5, 2 (1) : 1

5 1 5 6, 2 (1) : 1
5 1 4 1, 2 (1) : 1
5 1 4 2, 2 (1) : 1
5 1 4 3, 2 (1) : 1
5 1 4 4, 2 (1) : 1
5 1 4 5, 2 (1) : 1
5 1 4 6, 2 (1) : 1
5 1 3 1, 2 (1) : 1
5 1 3 2, 2 (1) : 1
5 1 3 3, 2 (1) : 1
5 1 3 4, 2 (1) : 1
5 1 3 5, 2 (1) : 1
5 1 3 6, 2 (1) : 1
5 1 2 1, 2 (1) : 1
5 1 2 2, 2 (1) : 1
5 1 2 3, 2 (1) : 1
5 1 2 4, 2 (1) : 1
5 1 2 5, 2 (1) : 1
5 1 2 6, 2 (1) : 1
5 1 1 1, 2 (1) : 1
5 1 1 2, 2 (1) : 1
5 1 1 3, 2 (1) : 1
5 1 1 4, 2 (1) : 1
5 1 1 5, 2 (1) : 1
5 1 1 6, 2 (1) : 1
5 2 6 1, 2 (1) : 1
5 2 6 2, 2 (1) : 1
5 2 6 3, 2 (1) : 1
5 2 6 4, 2 (1) : 1
5 2 6 5, 2 (1) : 1
5 2 6 6, 2 (1) : 1
5 2 5 1, 2 (1) : 1
5 2 5 2, 2 (1) : 1
5 2 5 3, 2 (1) : 1
5 2 5 4, 2 (1) : 1
5 2 5 5, 2 (1) : 1
5 2 5 6, 2 (1) : 1
5 2 4 1, 2 (1) : 1
5 2 4 2, 2 (1) : 1
5 2 4 3, 2 (1) : 1
5 2 4 4, 2 (1) : 1
5 2 4 5, 2 (1) : 1
5 2 4 6, 2 (1) : 1
5 2 3 1, 2 (1) : 1
5 2 3 2, 2 (1) : 1
5 2 3 3, 2 (1) : 1
5 2 3 4, 2 (1) : 1
5 2 3 5, 2 (1) : 1
5 2 3 6, 2 (1) : 1
5 2 2 1, 2 (1) : 1
5 2 2 2, 2 (1) : 1
5 2 2 3, 2 (1) : 1
5 2 2 4, 2 (1) : 1
5 2 2 5, 2 (1) : 1
5 2 2 6, 2 (1) : 1
5 2 1 1, 2 (1) : 1

5 2 1 2, 2 (1) : 1
5 2 1 3, 2 (1) : 1
5 2 1 4, 2 (1) : 1
5 2 1 5, 2 (1) : 1
5 2 1 6, 2 (1) : 1
5 3 6 1, 2 (1) : 1
5 3 6 2, 2 (1) : 1
5 3 6 3, 2 (1) : 1
5 3 6 4, 2 (1) : 1
5 3 6 5, 2 (1) : 1
5 3 6 6, 2 (1) : 1
5 3 5 1, 2 (1) : 1
5 3 5 2, 2 (1) : 1
5 3 5 3, 2 (1) : 1
5 3 5 4, 2 (1) : 1
5 3 5 5, 2 (1) : 1
5 3 5 6, 2 (1) : 1
5 3 4 1, 2 (1) : 1
5 3 4 2, 2 (1) : 1
5 3 4 3, 2 (1) : 1
5 3 4 4, 2 (1) : 1
5 3 4 5, 2 (1) : 1
5 3 4 6, 2 (1) : 1
5 3 3 1, 2 (1) : 1
5 3 3 2, 2 (1) : 1
5 3 3 3, 2 (1) : 1
5 3 3 4, 2 (1) : 1
5 3 3 5, 2 (1) : 1
5 3 3 6, 2 (1) : 1
5 3 2 1, 2 (1) : 1
5 3 2 2, 2 (1) : 1
5 3 2 3, 2 (1) : 1
5 3 2 4, 2 (1) : 1
5 3 2 5, 2 (1) : 1
5 3 2 6, 2 (1) : 1
5 3 1 1, 2 (1) : 1
5 3 1 2, 2 (1) : 1
5 3 1 3, 2 (1) : 1
5 3 1 4, 2 (1) : 1
5 3 1 5, 2 (1) : 1
5 3 1 6, 2 (1) : 1
5 4 6 1, 2 (1) : 1
5 4 6 2, 2 (1) : 1
5 4 6 3, 2 (1) : 1
5 4 6 4, 2 (1) : 1
5 4 6 5, 2 (1) : 1
5 4 6 6, 2 (1) : 1
5 4 5 1, 2 (1) : 1
5 4 5 2, 2 (1) : 1
5 4 5 3, 2 (1) : 1
5 4 5 4, 2 (1) : 1
5 4 5 5, 2 (1) : 1
5 4 5 6, 2 (1) : 1
5 4 4 1, 2 (1) : 1
5 4 4 2, 2 (1) : 1
5 4 4 3, 2 (1) : 1

5 4 4 4, 2 (1) : 1
5 4 4 5, 2 (1) : 1
5 4 4 6, 2 (1) : 1
5 4 3 1, 2 (1) : 1
5 4 3 2, 2 (1) : 1
5 4 3 3, 2 (1) : 1
5 4 3 4, 2 (1) : 1
5 4 3 5, 2 (1) : 1
5 4 3 6, 2 (1) : 1
5 4 2 1, 2 (1) : 1
5 4 2 2, 2 (1) : 1
5 4 2 3, 2 (1) : 1
5 4 2 4, 2 (1) : 1
5 4 2 5, 2 (1) : 1
5 4 2 6, 2 (1) : 1
5 4 1 1, 2 (1) : 1
5 4 1 2, 2 (1) : 1
5 4 1 3, 2 (1) : 1
5 4 1 4, 2 (1) : 1
5 4 1 5, 2 (1) : 1
5 4 1 6, 2 (1) : 1
5 5 6 1, 2 (1) : 1
5 5 6 2, 2 (1) : 1
5 5 6 3, 2 (1) : 1
5 5 6 4, 2 (1) : 1
5 5 6 5, 2 (1) : 1
5 5 6 6, 2 (1) : 1
5 5 5 1, 2 (1) : 1
5 5 5 2, 2 (1) : 1
5 5 5 3, 2 (1) : 1
5 5 5 4, 2 (1) : 1
5 5 5 5, 2 (1) : 1
5 5 5 6, 2 (1) : 1
5 5 4 1, 2 (1) : 1
5 5 4 2, 2 (1) : 1
5 5 4 3, 2 (1) : 1
5 5 4 4, 2 (1) : 1
5 5 4 5, 2 (1) : 1
5 5 4 6, 2 (1) : 1
5 5 3 1, 2 (1) : 1
5 5 3 2, 2 (1) : 1
5 5 3 3, 2 (1) : 1
5 5 3 4, 2 (1) : 1
5 5 3 5, 2 (1) : 1
5 5 3 6, 2 (1) : 1
5 5 2 1, 2 (1) : 1
5 5 2 2, 2 (1) : 1
5 5 2 3, 2 (1) : 1
5 5 2 4, 2 (1) : 1
5 5 2 5, 2 (1) : 1
5 5 2 6, 2 (1) : 1
5 5 1 1, 2 (1) : 1
5 5 1 2, 2 (1) : 1
5 5 1 3, 2 (1) : 1
5 5 1 4, 2 (1) : 1
5 5 1 5, 2 (1) : 1

5 5 1 6, 2 (1) : 1
5 6 6 1, 2 (1) : 1
5 6 6 2, 2 (1) : 1
5 6 6 3, 2 (1) : 1
5 6 6 4, 2 (1) : 1
5 6 6 5, 2 (1) : 1
5 6 6 6, 2 (1) : 1
5 6 5 1, 2 (1) : 1
5 6 5 2, 2 (1) : 1
5 6 5 3, 2 (1) : 1
5 6 5 4, 2 (1) : 1
5 6 5 5, 2 (1) : 1
5 6 5 6, 2 (1) : 1
5 6 4 1, 2 (1) : 1
5 6 4 2, 2 (1) : 1
5 6 4 3, 2 (1) : 1
5 6 4 4, 2 (1) : 1
5 6 4 5, 2 (1) : 1
5 6 4 6, 2 (1) : 1
5 6 3 1, 2 (1) : 1
5 6 3 2, 2 (1) : 1
5 6 3 3, 2 (1) : 1
5 6 3 4, 2 (1) : 1
5 6 3 5, 2 (1) : 1
5 6 3 6, 2 (1) : 1
5 6 2 1, 2 (1) : 1
5 6 2 2, 2 (1) : 1
5 6 2 3, 2 (1) : 1
5 6 2 4, 2 (1) : 1
5 6 2 5, 2 (1) : 1
5 6 2 6, 2 (1) : 1
5 6 1 1, 2 (1) : 1
5 6 1 2, 2 (1) : 1
5 6 1 3, 2 (1) : 1
5 6 1 4, 2 (1) : 1
5 6 1 5, 2 (1) : 1
5 6 1 6, 2 (1) : 1
4 1 6 1, 2 (1) : 1
4 1 6 2, 2 (1) : 1
4 1 6 3, 2 (1) : 1
4 1 6 4, 2 (1) : 1
4 1 6 5, 2 (1) : 1
4 1 6 6, 2 (1) : 1
4 1 5 1, 2 (1) : 1
4 1 5 2, 2 (1) : 1
4 1 5 3, 2 (1) : 1
4 1 5 4, 2 (1) : 1
4 1 5 5, 2 (1) : 1
4 1 5 6, 2 (1) : 1
4 1 4 1, 2 (1) : 1
4 1 4 2, 2 (1) : 1
4 1 4 3, 2 (1) : 1
4 1 4 4, 2 (1) : 1
4 1 4 5, 2 (1) : 1
4 1 4 6, 2 (1) : 1
4 1 3 1, 2 (1) : 1

4 1 3 2, 2 (1) : 1
4 1 3 3, 2 (1) : 1
4 1 3 4, 2 (1) : 1
4 1 3 5, 2 (1) : 1
4 1 3 6, 2 (1) : 1
4 1 2 1, 2 (1) : 1
4 1 2 2, 2 (1) : 1
4 1 2 3, 2 (1) : 1
4 1 2 4, 2 (1) : 1
4 1 2 5, 2 (1) : 1
4 1 2 6, 2 (1) : 1
4 1 1 1, 2 (1) : 1
4 1 1 2, 2 (1) : 1
4 1 1 3, 2 (1) : 1
4 1 1 4, 2 (1) : 1
4 1 1 5, 2 (1) : 1
4 1 1 6, 2 (1) : 1
4 2 6 1, 2 (1) : 1
4 2 6 2, 2 (1) : 1
4 2 6 3, 2 (1) : 1
4 2 6 4, 2 (1) : 1
4 2 6 5, 2 (1) : 1
4 2 6 6, 2 (1) : 1
4 2 5 1, 2 (1) : 1
4 2 5 2, 2 (1) : 1
4 2 5 3, 2 (1) : 1
4 2 5 4, 2 (1) : 1
4 2 5 5, 2 (1) : 1
4 2 5 6, 2 (1) : 1
4 2 4 1, 2 (1) : 1
4 2 4 2, 2 (1) : 1
4 2 4 3, 2 (1) : 1
4 2 4 4, 2 (1) : 1
4 2 4 5, 2 (1) : 1
4 2 4 6, 2 (1) : 1
4 2 3 1, 2 (1) : 1
4 2 3 2, 2 (1) : 1
4 2 3 3, 2 (1) : 1
4 2 3 4, 2 (1) : 1
4 2 3 5, 2 (1) : 1
4 2 3 6, 2 (1) : 1
4 2 2 1, 2 (1) : 1
4 2 2 2, 2 (1) : 1
4 2 2 3, 2 (1) : 1
4 2 2 4, 2 (1) : 1
4 2 2 5, 2 (1) : 1
4 2 2 6, 2 (1) : 1
4 2 1 1, 2 (1) : 1
4 2 1 2, 2 (1) : 1
4 2 1 3, 2 (1) : 1
4 2 1 4, 2 (1) : 1
4 2 1 5, 2 (1) : 1
4 2 1 6, 2 (1) : 1
4 3 6 1, 2 (1) : 1
4 3 6 2, 2 (1) : 1
4 3 6 3, 2 (1) : 1

4 3 6 4, 2 (1) : 1
4 3 6 5, 2 (1) : 1
4 3 6 6, 2 (1) : 1
4 3 5 1, 2 (1) : 1
4 3 5 2, 2 (1) : 1
4 3 5 3, 2 (1) : 1
4 3 5 4, 2 (1) : 1
4 3 5 5, 2 (1) : 1
4 3 5 6, 2 (1) : 1
4 3 4 1, 2 (1) : 1
4 3 4 2, 2 (1) : 1
4 3 4 3, 3 (1) : 1
4 3 4 4, 3 (1) : 1
4 3 4 5, 3 (1) : 1
4 3 4 6, 3 (1) : 1
4 3 3 1, 3 (1) : 1
4 3 3 2, 3 (1) : 1
4 3 3 3, 3 (1) : 1
4 3 3 4, 3 (1) : 1
4 3 3 5, 3 (1) : 1
4 3 3 6, 3 (1) : 1
4 3 2 1, 3 (1) : 1
4 3 2 2, 3 (1) : 1
4 3 2 3, 3 (1) : 1
4 3 2 4, 3 (1) : 1
4 3 2 5, 3 (1) : 1
4 3 2 6, 3 (1) : 1
4 3 1 1, 3 (1) : 1
4 3 1 2, 3 (1) : 1
4 3 1 3, 3 (1) : 1
4 3 1 4, 3 (1) : 1
4 3 1 5, 3 (1) : 1
4 3 1 6, 3 (1) : 1
4 4 6 1, 3 (1) : 1
4 4 6 2, 3 (1) : 1
4 4 6 3, 3 (1) : 1
4 4 6 4, 3 (1) : 1
4 4 6 5, 3 (1) : 1
4 4 6 6, 3 (1) : 1
4 4 5 1, 3 (1) : 1
4 4 5 2, 3 (1) : 1
4 4 5 3, 3 (1) : 1
4 4 5 4, 3 (1) : 1
4 4 5 5, 3 (1) : 1
4 4 5 6, 3 (1) : 1
4 4 4 1, 3 (1) : 1
4 4 4 2, 3 (1) : 1
4 4 4 3, 3 (1) : 1
4 4 4 4, 3 (1) : 1
4 4 4 5, 3 (1) : 1
4 4 4 6, 3 (1) : 1
4 4 3 1, 3 (1) : 1
4 4 3 2, 3 (1) : 1
4 4 3 3, 3 (1) : 1
4 4 3 4, 3 (1) : 1
4 4 3 5, 3 (1) : 1

4 4 3 6, 3 (1) : 1
4 4 2 1, 3 (1) : 1
4 4 2 2, 3 (1) : 1
4 4 2 3, 3 (1) : 1
4 4 2 4, 3 (1) : 1
4 4 2 5, 3 (1) : 1
4 4 2 6, 3 (1) : 1
4 4 1 1, 3 (1) : 1
4 4 1 2, 3 (1) : 1
4 4 1 3, 3 (1) : 1
4 4 1 4, 3 (1) : 1
4 4 1 5, 3 (1) : 1
4 4 1 6, 3 (1) : 1
4 5 6 1, 3 (1) : 1
4 5 6 2, 3 (1) : 1
4 5 6 3, 3 (1) : 1
4 5 6 4, 3 (1) : 1
4 5 6 5, 3 (1) : 1
4 5 6 6, 3 (1) : 1
4 5 5 1, 3 (1) : 1
4 5 5 2, 3 (1) : 1
4 5 5 3, 3 (1) : 1
4 5 5 4, 3 (1) : 1
4 5 5 5, 3 (1) : 1
4 5 5 6, 3 (1) : 1
4 5 4 1, 3 (1) : 1
4 5 4 2, 3 (1) : 1
4 5 4 3, 3 (1) : 1
4 5 4 4, 3 (1) : 1
4 5 4 5, 3 (1) : 1
4 5 4 6, 3 (1) : 1
4 5 3 1, 3 (1) : 1
4 5 3 2, 3 (1) : 1
4 5 3 3, 3 (1) : 1
4 5 3 4, 3 (1) : 1
4 5 3 5, 3 (1) : 1
4 5 3 6, 3 (1) : 1
4 5 2 1, 3 (1) : 1
4 5 2 2, 3 (1) : 1
4 5 2 3, 3 (1) : 1
4 5 2 4, 3 (1) : 1
4 5 2 5, 3 (1) : 1
4 5 2 6, 3 (1) : 1
4 5 1 1, 3 (1) : 1
4 5 1 2, 3 (1) : 1
4 5 1 3, 3 (1) : 1
4 5 1 4, 3 (1) : 1
4 5 1 5, 3 (1) : 1
4 5 1 6, 3 (1) : 1
4 6 6 1, 3 (1) : 1
4 6 6 2, 3 (1) : 1
4 6 6 3, 3 (1) : 1
4 6 6 4, 3 (1) : 1
4 6 6 5, 3 (1) : 1
4 6 6 6, 3 (1) : 1
4 6 5 1, 3 (1) : 1

4 6 5 2, 3 (1) : 1
4 6 5 3, 3 (1) : 1
4 6 5 4, 3 (1) : 1
4 6 5 5, 3 (1) : 1
4 6 5 6, 3 (1) : 1
4 6 4 1, 3 (1) : 1
4 6 4 2, 3 (1) : 1
4 6 4 3, 3 (1) : 1
4 6 4 4, 3 (1) : 1
4 6 4 5, 3 (1) : 1
4 6 4 6, 3 (1) : 1
4 6 3 1, 3 (1) : 1
4 6 3 2, 3 (1) : 1
4 6 3 3, 3 (1) : 1
4 6 3 4, 3 (1) : 1
4 6 3 5, 3 (1) : 1
4 6 3 6, 3 (1) : 1
4 6 2 1, 3 (1) : 1
4 6 2 2, 3 (1) : 1
4 6 2 3, 3 (1) : 1
4 6 2 4, 3 (1) : 1
4 6 2 5, 3 (1) : 1
4 6 2 6, 3 (1) : 1
4 6 1 1, 3 (1) : 1
4 6 1 2, 3 (1) : 1
4 6 1 3, 3 (1) : 1
4 6 1 4, 3 (1) : 1
4 6 1 5, 3 (1) : 1
4 6 1 6, 3 (1) : 1
3 1 6 1, 3 (1) : 1
3 1 6 2, 3 (1) : 1
3 1 6 3, 3 (1) : 1
3 1 6 4, 3 (1) : 1
3 1 6 5, 3 (1) : 1
3 1 6 6, 3 (1) : 1
3 1 5 1, 3 (1) : 1
3 1 5 2, 3 (1) : 1
3 1 5 3, 3 (1) : 1
3 1 5 4, 3 (1) : 1
3 1 5 5, 3 (1) : 1
3 1 5 6, 3 (1) : 1
3 1 4 1, 3 (1) : 1
3 1 4 2, 3 (1) : 1
3 1 4 3, 3 (1) : 1
3 1 4 4, 3 (1) : 1
3 1 4 5, 3 (1) : 1
3 1 4 6, 3 (1) : 1
3 1 3 1, 3 (1) : 1
3 1 3 2, 3 (1) : 1
3 1 3 3, 3 (1) : 1
3 1 3 4, 3 (1) : 1
3 1 3 5, 3 (1) : 1
3 1 3 6, 3 (1) : 1
3 1 2 1, 3 (1) : 1
3 1 2 2, 3 (1) : 1
3 1 2 3, 3 (1) : 1

3 1 2 4, 3 (1) : 1
3 1 2 5, 3 (1) : 1
3 1 2 6, 3 (1) : 1
3 1 1 1, 3 (1) : 1
3 1 1 2, 3 (1) : 1
3 1 1 3, 3 (1) : 1
3 1 1 4, 3 (1) : 1
3 1 1 5, 3 (1) : 1
3 1 1 6, 3 (1) : 1
3 2 6 1, 3 (1) : 1
3 2 6 2, 3 (1) : 1
3 2 6 3, 3 (1) : 1
3 2 6 4, 3 (1) : 1
3 2 6 5, 3 (1) : 1
3 2 6 6, 3 (1) : 1
3 2 5 1, 3 (1) : 1
3 2 5 2, 3 (1) : 1
3 2 5 3, 3 (1) : 1
3 2 5 4, 3 (1) : 1
3 2 5 5, 3 (1) : 1
3 2 5 6, 3 (1) : 1
3 2 4 1, 3 (1) : 1
3 2 4 2, 3 (1) : 1
3 2 4 3, 3 (1) : 1
3 2 4 4, 3 (1) : 1
3 2 4 5, 3 (1) : 1
3 2 4 6, 3 (1) : 1
3 2 3 1, 3 (1) : 1
3 2 3 2, 3 (1) : 1
3 2 3 3, 3 (1) : 1
3 2 3 4, 3 (1) : 1
3 2 3 5, 3 (1) : 1
3 2 3 6, 3 (1) : 1
3 2 2 1, 3 (1) : 1
3 2 2 2, 3 (1) : 1
3 2 2 3, 3 (1) : 1
3 2 2 4, 3 (1) : 1
3 2 2 5, 3 (1) : 1
3 2 2 6, 3 (1) : 1
3 2 1 1, 3 (1) : 1
3 2 1 2, 3 (1) : 1
3 2 1 3, 3 (1) : 1
3 2 1 4, 3 (1) : 1
3 2 1 5, 3 (1) : 1
3 2 1 6, 3 (1) : 1
3 3 6 1, 3 (1) : 1
3 3 6 2, 3 (1) : 1
3 3 6 3, 3 (1) : 1
3 3 6 4, 3 (1) : 1
3 3 6 5, 3 (1) : 1
3 3 6 6, 3 (1) : 1
3 3 5 1, 3 (1) : 1
3 3 5 2, 3 (1) : 1
3 3 5 3, 3 (1) : 1
3 3 5 4, 3 (1) : 1
3 3 5 5, 3 (1) : 1

3 3 5 6, 3 (1) : 1
3 3 4 1, 3 (1) : 1
3 3 4 2, 3 (1) : 1
3 3 4 3, 3 (1) : 1
3 3 4 4, 3 (1) : 1
3 3 4 5, 3 (1) : 1
3 3 4 6, 3 (1) : 1
3 3 3 1, 3 (1) : 1
3 3 3 2, 3 (1) : 1
3 3 3 3, 3 (1) : 1
3 3 3 4, 3 (1) : 1
3 3 3 5, 3 (1) : 1
3 3 3 6, 3 (1) : 1
3 3 2 1, 3 (1) : 1
3 3 2 2, 3 (1) : 1
3 3 2 3, 3 (1) : 1
3 3 2 4, 3 (1) : 1
3 3 2 5, 3 (1) : 1
3 3 2 6, 3 (1) : 1
3 3 1 1, 3 (1) : 1
3 3 1 2, 3 (1) : 1
3 3 1 3, 3 (1) : 1
3 3 1 4, 3 (1) : 1
3 3 1 5, 3 (1) : 1
3 3 1 6, 3 (1) : 1
3 4 6 1, 3 (1) : 1
3 4 6 2, 3 (1) : 1
3 4 6 3, 3 (1) : 1
3 4 6 4, 3 (1) : 1
3 4 6 5, 3 (1) : 1
3 4 6 6, 3 (1) : 1
3 4 5 1, 3 (1) : 1
3 4 5 2, 3 (1) : 1
3 4 5 3, 3 (1) : 1
3 4 5 4, 3 (1) : 1
3 4 5 5, 3 (1) : 1
3 4 5 6, 3 (1) : 1
3 4 4 1, 3 (1) : 1
3 4 4 2, 3 (1) : 1
3 4 4 3, 3 (1) : 1
3 4 4 4, 3 (1) : 1
3 4 4 5, 3 (1) : 1
3 4 4 6, 3 (1) : 1
3 4 3 1, 3 (1) : 1
3 4 3 2, 3 (1) : 1
3 4 3 3, 3 (1) : 1
3 4 3 4, 4 (1) : 1
3 4 3 5, 4 (1) : 1
3 4 3 6, 4 (1) : 1
3 4 2 1, 4 (1) : 1
3 4 2 2, 4 (1) : 1
3 4 2 3, 4 (1) : 1
3 4 2 4, 4 (1) : 1
3 4 2 5, 4 (1) : 1
3 4 2 6, 4 (1) : 1
3 4 1 1, 4 (1) : 1

3 4 1 2, 4 (1) : 1
3 4 1 3, 4 (1) : 1
3 4 1 4, 4 (1) : 1
3 4 1 5, 4 (1) : 1
3 4 1 6, 4 (1) : 1
3 5 6 1, 3 (1) : 1
3 5 6 2, 3 (1) : 1
3 5 6 3, 3 (1) : 1
3 5 6 4, 3 (1) : 1
3 5 6 5, 3 (1) : 1
3 5 6 6, 3 (1) : 1
3 5 5 1, 3 (1) : 1
3 5 5 2, 3 (1) : 1
3 5 5 3, 3 (1) : 1
3 5 5 4, 3 (1) : 1
3 5 5 5, 3 (1) : 1
3 5 5 6, 3 (1) : 1
3 5 4 1, 3 (1) : 1
3 5 4 2, 3 (1) : 1
3 5 4 3, 3 (1) : 1
3 5 4 4, 3 (1) : 1
3 5 4 5, 3 (1) : 1
3 5 4 6, 3 (1) : 1
3 5 3 1, 4 (1) : 1
3 5 3 2, 4 (1) : 1
3 5 3 3, 4 (1) : 1
3 5 3 4, 4 (1) : 1
3 5 3 5, 4 (1) : 1
3 5 3 6, 4 (1) : 1
3 5 2 1, 4 (1) : 1
3 5 2 2, 4 (1) : 1
3 5 2 3, 4 (1) : 1
3 5 2 4, 4 (1) : 1
3 5 2 5, 4 (1) : 1
3 5 2 6, 4 (1) : 1
3 5 1 1, 4 (1) : 1
3 5 1 2, 4 (1) : 1
3 5 1 3, 4 (1) : 1
3 5 1 4, 4 (1) : 1
3 5 1 5, 4 (1) : 1
3 5 1 6, 4 (1) : 1
3 6 6 1, 3 (1) : 1
3 6 6 2, 3 (1) : 1
3 6 6 3, 3 (1) : 1
3 6 6 4, 3 (1) : 1
3 6 6 5, 3 (1) : 1
3 6 6 6, 3 (1) : 1
3 6 5 1, 3 (1) : 1
3 6 5 2, 3 (1) : 1
3 6 5 3, 3 (1) : 1
3 6 5 4, 3 (1) : 1
3 6 5 5, 3 (1) : 1
3 6 5 6, 3 (1) : 1
3 6 4 1, 4 (1) : 1
3 6 4 2, 4 (1) : 1
3 6 4 3, 4 (1) : 1

3 6 4 4, 4 (1) : 1
3 6 4 5, 4 (1) : 1
3 6 4 6, 4 (1) : 1
3 6 3 1, 4 (1) : 1
3 6 3 2, 4 (1) : 1
3 6 3 3, 4 (1) : 1
3 6 3 4, 4 (1) : 1
3 6 3 5, 4 (1) : 1
3 6 3 6, 4 (1) : 1
3 6 2 1, 4 (1) : 1
3 6 2 2, 4 (1) : 1
3 6 2 3, 4 (1) : 1
3 6 2 4, 4 (1) : 1
3 6 2 5, 4 (1) : 1
3 6 2 6, 4 (1) : 1
3 6 1 1, 4 (1) : 1
3 6 1 2, 4 (1) : 1
3 6 1 3, 4 (1) : 1
3 6 1 4, 4 (1) : 1
3 6 1 5, 4 (1) : 1
3 6 1 6, 4 (1) : 1
2 1 6 1, 3 (1) : 1
2 1 6 2, 3 (1) : 1
2 1 6 3, 3 (1) : 1
2 1 6 4, 3 (1) : 1
2 1 6 5, 3 (1) : 1
2 1 6 6, 3 (1) : 1
2 1 5 1, 3 (1) : 1
2 1 5 2, 3 (1) : 1
2 1 5 3, 3 (1) : 1
2 1 5 4, 3 (1) : 1
2 1 5 5, 3 (1) : 1
2 1 5 6, 3 (1) : 1
2 1 4 1, 3 (1) : 1
2 1 4 2, 3 (1) : 1
2 1 4 3, 3 (1) : 1
2 1 4 4, 3 (1) : 1
2 1 4 5, 3 (1) : 1
2 1 4 6, 3 (1) : 1
2 1 3 1, 3 (1) : 1
2 1 3 2, 3 (1) : 1
2 1 3 3, 3 (1) : 1
2 1 3 4, 3 (1) : 1
2 1 3 5, 3 (1) : 1
2 1 3 6, 3 (1) : 1
2 1 2 1, 3 (1) : 1
2 1 2 2, 3 (1) : 1
2 1 2 3, 3 (1) : 1
2 1 2 4, 3 (1) : 1
2 1 2 5, 3 (1) : 1
2 1 2 6, 3 (1) : 1
2 1 1 1, 3 (1) : 1
2 1 1 2, 3 (1) : 1
2 1 1 3, 3 (1) : 1
2 1 1 4, 3 (1) : 1
2 1 1 5, 3 (1) : 1

2 1 1 6, 3 (1) : 1
2 2 6 1, 3 (1) : 1
2 2 6 2, 3 (1) : 1
2 2 6 3, 3 (1) : 1
2 2 6 4, 3 (1) : 1
2 2 6 5, 3 (1) : 1
2 2 6 6, 3 (1) : 1
2 2 5 1, 3 (1) : 1
2 2 5 2, 3 (1) : 1
2 2 5 3, 3 (1) : 1
2 2 5 4, 3 (1) : 1
2 2 5 5, 3 (1) : 1
2 2 5 6, 3 (1) : 1
2 2 4 1, 3 (1) : 1
2 2 4 2, 3 (1) : 1
2 2 4 3, 3 (1) : 1
2 2 4 4, 3 (1) : 1
2 2 4 5, 3 (1) : 1
2 2 4 6, 3 (1) : 1
2 2 3 1, 3 (1) : 1
2 2 3 2, 3 (1) : 1
2 2 3 3, 3 (1) : 1
2 2 3 4, 3 (1) : 1
2 2 3 5, 3 (1) : 1
2 2 3 6, 3 (1) : 1
2 2 2 1, 3 (1) : 1
2 2 2 2, 3 (1) : 1
2 2 2 3, 3 (1) : 1
2 2 2 4, 3 (1) : 1
2 2 2 5, 3 (1) : 1
2 2 2 6, 3 (1) : 1
2 2 1 1, 3 (1) : 1
2 2 1 2, 3 (1) : 1
2 2 1 3, 3 (1) : 1
2 2 1 4, 3 (1) : 1
2 2 1 5, 3 (1) : 1
2 2 1 6, 3 (1) : 1
2 3 6 1, 3 (1) : 1
2 3 6 2, 3 (1) : 1
2 3 6 3, 3 (1) : 1
2 3 6 4, 3 (1) : 1
2 3 6 5, 3 (1) : 1
2 3 6 6, 3 (1) : 1
2 3 5 1, 3 (1) : 1
2 3 5 2, 3 (1) : 1
2 3 5 3, 3 (1) : 1
2 3 5 4, 3 (1) : 1
2 3 5 5, 3 (1) : 1
2 3 5 6, 3 (1) : 1
2 3 4 1, 3 (1) : 1
2 3 4 2, 3 (1) : 1
2 3 4 3, 3 (1) : 1
2 3 4 4, 3 (1) : 1
2 3 4 5, 3 (1) : 1
2 3 4 6, 3 (1) : 1
2 3 3 1, 3 (1) : 1

2 3 3 2, 3 (1) : 1
2 3 3 3, 3 (1) : 1
2 3 3 4, 3 (1) : 1
2 3 3 5, 3 (1) : 1
2 3 3 6, 3 (1) : 1
2 3 2 1, 3 (1) : 1
2 3 2 2, 3 (1) : 1
2 3 2 3, 3 (1) : 1
2 3 2 4, 3 (1) : 1
2 3 2 5, 3 (1) : 1
2 3 2 6, 3 (1) : 1
2 3 1 1, 3 (1) : 1
2 3 1 2, 3 (1) : 1
2 3 1 3, 3 (1) : 1
2 3 1 4, 3 (1) : 1
2 3 1 5, 3 (1) : 1
2 3 1 6, 3 (1) : 1
2 4 6 1, 3 (1) : 1
2 4 6 2, 3 (1) : 1
2 4 6 3, 3 (1) : 1
2 4 6 4, 3 (1) : 1
2 4 6 5, 3 (1) : 1
2 4 6 6, 3 (1) : 1
2 4 5 1, 3 (1) : 1
2 4 5 2, 3 (1) : 1
2 4 5 3, 3 (1) : 1
2 4 5 4, 3 (1) : 1
2 4 5 5, 3 (1) : 1
2 4 5 6, 3 (1) : 1
2 4 4 1, 3 (1) : 1
2 4 4 2, 3 (1) : 1
2 4 4 3, 3 (1) : 1
2 4 4 4, 3 (1) : 1
2 4 4 5, 3 (1) : 1
2 4 4 6, 3 (1) : 1
2 4 3 1, 4 (1) : 1
2 4 3 2, 4 (1) : 1
2 4 3 3, 4 (1) : 1
2 4 3 4, 4 (1) : 1
2 4 3 5, 4 (1) : 1
2 4 3 6, 4 (1) : 1
2 4 2 1, 4 (1) : 1
2 4 2 2, 4 (1) : 1
2 4 2 3, 4 (1) : 1
2 4 2 4, 4 (1) : 1
2 4 2 5, 4 (1) : 1
2 4 2 6, 4 (1) : 1
2 4 1 1, 4 (1) : 1
2 4 1 2, 4 (1) : 1
2 4 1 3, 4 (1) : 1
2 4 1 4, 4 (1) : 1
2 4 1 5, 4 (1) : 1
2 4 1 6, 4 (1) : 1
2 5 6 1, 3 (1) : 1
2 5 6 2, 3 (1) : 1
2 5 6 3, 3 (1) : 1

2 5 6 4, 3 (1) : 1
2 5 6 5, 3 (1) : 1
2 5 6 6, 3 (1) : 1
2 5 5 1, 3 (1) : 1
2 5 5 2, 3 (1) : 1
2 5 5 3, 3 (1) : 1
2 5 5 4, 3 (1) : 1
2 5 5 5, 3 (1) : 1
2 5 5 6, 3 (1) : 1
2 5 4 1, 4 (1) : 1
2 5 4 2, 4 (1) : 1
2 5 4 3, 4 (1) : 1
2 5 4 4, 4 (1) : 1
2 5 4 5, 4 (1) : 1
2 5 4 6, 4 (1) : 1
2 5 3 1, 4 (1) : 1
2 5 3 2, 4 (1) : 1
2 5 3 3, 4 (1) : 1
2 5 3 4, 4 (1) : 1
2 5 3 5, 4 (1) : 1
2 5 3 6, 4 (1) : 1
2 5 2 1, 4 (1) : 1
2 5 2 2, 4 (1) : 1
2 5 2 3, 4 (1) : 1
2 5 2 4, 4 (1) : 1
2 5 2 5, 4 (1) : 1
2 5 2 6, 4 (1) : 1
2 5 1 1, 4 (1) : 1
2 5 1 2, 4 (1) : 1
2 5 1 3, 4 (1) : 1
2 5 1 4, 4 (1) : 1
2 5 1 5, 4 (1) : 1
2 5 1 6, 4 (1) : 1
2 6 6 1, 4 (1) : 1
2 6 6 2, 4 (1) : 1
2 6 6 3, 4 (1) : 1
2 6 6 4, 4 (1) : 1
2 6 6 5, 4 (1) : 1
2 6 6 6, 4 (1) : 1
2 6 5 1, 4 (1) : 1
2 6 5 2, 4 (1) : 1
2 6 5 3, 4 (1) : 1
2 6 5 4, 4 (1) : 1
2 6 5 5, 4 (1) : 1
2 6 5 6, 4 (1) : 1
2 6 4 1, 4 (1) : 1
2 6 4 2, 4 (1) : 1
2 6 4 3, 4 (1) : 1
2 6 4 4, 4 (1) : 1
2 6 4 5, 4 (1) : 1
2 6 4 6, 4 (1) : 1
2 6 3 1, 4 (1) : 1
2 6 3 2, 4 (1) : 1
2 6 3 3, 4 (1) : 1
2 6 3 4, 5 (1) : 1
2 6 3 5, 5 (1) : 1

2 6 3 6, 5 (1) : 1
2 6 2 1, 5 (1) : 1
2 6 2 2, 5 (1) : 1
2 6 2 3, 5 (1) : 1
2 6 2 4, 5 (1) : 1
2 6 2 5, 5 (1) : 1
2 6 2 6, 5 (1) : 1
2 6 1 1, 5 (1) : 1
2 6 1 2, 5 (1) : 1
2 6 1 3, 5 (1) : 1
2 6 1 4, 5 (1) : 1
2 6 1 5, 5 (1) : 1
2 6 1 6, 5 (1) : 1
1 1 6 1, 3 (1) : 1
1 1 6 2, 3 (1) : 1
1 1 6 3, 3 (1) : 1
1 1 6 4, 3 (1) : 1
1 1 6 5, 3 (1) : 1
1 1 6 6, 3 (1) : 1
1 1 5 1, 3 (1) : 1
1 1 5 2, 3 (1) : 1
1 1 5 3, 3 (1) : 1
1 1 5 4, 3 (1) : 1
1 1 5 5, 3 (1) : 1
1 1 5 6, 3 (1) : 1
1 1 4 1, 3 (1) : 1
1 1 4 2, 3 (1) : 1
1 1 4 3, 3 (1) : 1
1 1 4 4, 3 (1) : 1
1 1 4 5, 3 (1) : 1
1 1 4 6, 3 (1) : 1
1 1 3 1, 3 (1) : 1
1 1 3 2, 3 (1) : 1
1 1 3 3, 3 (1) : 1
1 1 3 4, 3 (1) : 1
1 1 3 5, 3 (1) : 1
1 1 3 6, 3 (1) : 1
1 1 2 1, 3 (1) : 1
1 1 2 2, 3 (1) : 1
1 1 2 3, 3 (1) : 1
1 1 2 4, 3 (1) : 1
1 1 2 5, 3 (1) : 1
1 1 2 6, 3 (1) : 1
1 1 1 1, 3 (1) : 1
1 1 1 2, 3 (1) : 1
1 1 1 3, 3 (1) : 1
1 1 1 4, 3 (1) : 1
1 1 1 5, 3 (1) : 1
1 1 1 6, 3 (1) : 1
1 2 6 1, 3 (1) : 1
1 2 6 2, 3 (1) : 1
1 2 6 3, 3 (1) : 1
1 2 6 4, 3 (1) : 1
1 2 6 5, 3 (1) : 1
1 2 6 6, 3 (1) : 1
1 2 5 1, 3 (1) : 1

1 2 5 2, 3 (1) : 1
1 2 5 3, 3 (1) : 1
1 2 5 4, 3 (1) : 1
1 2 5 5, 3 (1) : 1
1 2 5 6, 3 (1) : 1
1 2 4 1, 3 (1) : 1
1 2 4 2, 3 (1) : 1
1 2 4 3, 3 (1) : 1
1 2 4 4, 3 (1) : 1
1 2 4 5, 3 (1) : 1
1 2 4 6, 3 (1) : 1
1 2 3 1, 3 (1) : 1
1 2 3 2, 3 (1) : 1
1 2 3 3, 3 (1) : 1
1 2 3 4, 3 (1) : 1
1 2 3 5, 3 (1) : 1
1 2 3 6, 3 (1) : 1
1 2 2 1, 3 (1) : 1
1 2 2 2, 3 (1) : 1
1 2 2 3, 3 (1) : 1
1 2 2 4, 3 (1) : 1
1 2 2 5, 3 (1) : 1
1 2 2 6, 3 (1) : 1
1 2 1 1, 3 (1) : 1
1 2 1 2, 3 (1) : 1
1 2 1 3, 3 (1) : 1
1 2 1 4, 3 (1) : 1
1 2 1 5, 3 (1) : 1
1 2 1 6, 3 (1) : 1
1 3 6 1, 3 (1) : 1
1 3 6 2, 3 (1) : 1
1 3 6 3, 3 (1) : 1
1 3 6 4, 3 (1) : 1
1 3 6 5, 3 (1) : 1
1 3 6 6, 3 (1) : 1
1 3 5 1, 3 (1) : 1
1 3 5 2, 3 (1) : 1
1 3 5 3, 3 (1) : 1
1 3 5 4, 3 (1) : 1
1 3 5 5, 3 (1) : 1
1 3 5 6, 3 (1) : 1
1 3 4 1, 3 (1) : 1
1 3 4 2, 3 (1) : 1
1 3 4 3, 3 (1) : 1
1 3 4 4, 3 (1) : 1
1 3 4 5, 3 (1) : 1
1 3 4 6, 3 (1) : 1
1 3 3 1, 4 (1) : 1
1 3 3 2, 4 (1) : 1
1 3 3 3, 4 (1) : 1
1 3 3 4, 4 (1) : 1
1 3 3 5, 4 (1) : 1
1 3 3 6, 4 (1) : 1
1 3 2 1, 4 (1) : 1
1 3 2 2, 4 (1) : 1
1 3 2 3, 4 (1) : 1

1 3 2 4, 4 (1) : 1
1 3 2 5, 4 (1) : 1
1 3 2 6, 4 (1) : 1
1 3 1 1, 4 (1) : 1
1 3 1 2, 4 (1) : 1
1 3 1 3, 4 (1) : 1
1 3 1 4, 4 (1) : 1
1 3 1 5, 4 (1) : 1
1 3 1 6, 4 (1) : 1
1 4 6 1, 4 (1) : 1
1 4 6 2, 4 (1) : 1
1 4 6 3, 4 (1) : 1
1 4 6 4, 4 (1) : 1
1 4 6 5, 4 (1) : 1
1 4 6 6, 4 (1) : 1
1 4 5 1, 4 (1) : 1
1 4 5 2, 4 (1) : 1
1 4 5 3, 4 (1) : 1
1 4 5 4, 4 (1) : 1
1 4 5 5, 4 (1) : 1
1 4 5 6, 4 (1) : 1
1 4 4 1, 4 (1) : 1
1 4 4 2, 4 (1) : 1
1 4 4 3, 4 (1) : 1
1 4 4 4, 4 (1) : 1
1 4 4 5, 4 (1) : 1
1 4 4 6, 4 (1) : 1
1 4 3 1, 5 (1) : 1
1 4 3 2, 5 (1) : 1
1 4 3 3, 5 (1) : 1
1 4 3 4, 5 (1) : 1
1 4 3 5, 5 (1) : 1
1 4 3 6, 5 (1) : 1
1 4 2 1, 5 (1) : 1
1 4 2 2, 5 (1) : 1
1 4 2 3, 5 (1) : 1
1 4 2 4, 5 (1) : 1
1 4 2 5, 5 (1) : 1
1 4 2 6, 5 (1) : 1
1 4 1 1, 5 (1) : 1
1 4 1 2, 5 (1) : 1
1 4 1 3, 5 (1) : 1
1 4 1 4, 5 (1) : 1
1 4 1 5, 5 (1) : 1
1 4 1 6, 5 (1) : 1
1 5 6 1, 4 (1) : 1
1 5 6 2, 4 (1) : 1
1 5 6 3, 4 (1) : 1
1 5 6 4, 4 (1) : 1
1 5 6 5, 4 (1) : 1
1 5 6 6, 4 (1) : 1
1 5 5 1, 4 (1) : 1
1 5 5 2, 4 (1) : 1
1 5 5 3, 4 (1) : 1
1 5 5 4, 4 (1) : 1
1 5 5 5, 4 (1) : 1

1 5 5 6, 4 (1) : 1
1 5 4 1, 5 (1) : 1
1 5 4 2, 5 (1) : 1
1 5 4 3, 5 (1) : 1
1 5 4 4, 5 (1) : 1
1 5 4 5, 5 (1) : 1
1 5 4 6, 5 (1) : 1
1 5 3 1, 5 (1) : 1
1 5 3 2, 5 (1) : 1
1 5 3 3, 5 (1) : 1
1 5 3 4, 5 (1) : 1
1 5 3 5, 5 (1) : 1
1 5 3 6, 5 (1) : 1
1 5 2 1, 5 (1) : 1
1 5 2 2, 5 (1) : 1
1 5 2 3, 5 (1) : 1
1 5 2 4, 5 (1) : 1
1 5 2 5, 5 (1) : 1
1 5 2 6, 5 (1) : 1
1 5 1 1, 5 (1) : 1
1 5 1 2, 5 (1) : 1
1 5 1 3, 5 (1) : 1
1 5 1 4, 5 (1) : 1
1 5 1 5, 5 (1) : 1
1 5 1 6, 5 (1) : 1
1 6 6 1, 4 (1) : 1
1 6 6 2, 4 (1) : 1
1 6 6 3, 4 (1) : 1
1 6 6 4, 4 (1) : 1
1 6 6 5, 4 (1) : 1
1 6 6 6, 4 (1) : 1
1 6 5 1, 4 (1) : 1
1 6 5 2, 4 (1) : 1
1 6 5 3, 4 (1) : 1
1 6 5 4, 5 (1) : 1
1 6 5 5, 5 (1) : 1
1 6 5 6, 5 (1) : 1
1 6 4 1, 5 (1) : 1
1 6 4 2, 5 (1) : 1
1 6 4 3, 5 (1) : 1
1 6 4 4, 6 (1) : 1
1 6 4 5, 6 (1) : 1
1 6 4 6, 6 (1) : 1
1 6 3 1, 6 (1) : 1
1 6 3 2, 6 (1) : 1
1 6 3 3, 6 (1) : 1
1 6 3 4, 6 (1) : 1
1 6 3 5, 6 (1) : 1
1 6 3 6, 6 (1) : 1
1 6 2 1, 6 (1) : 1
1 6 2 2, 6 (1) : 1
1 6 2 3, 6 (1) : 1
1 6 2 4, 6 (1) : 1
1 6 2 5, 6 (1) : 1
1 6 2 6, 6 (1) : 1
1 6 1 1, 6 (1) : 1

```
1 6 1 2, 6 (1) : 1
1 6 1 3, 6 (1) : 1
1 6 1 4, 6 (1) : 1
1 6 1 5, 6 (1) : 1
1 6 1 6, 6 (1) : 1
```

APÊNDICE B – MATLAB *SCRIPT* SUGENO

```
[System]
Name='KneeTrap4inp6clasSugeno'
Type='sugeno'
Version=2.0
NumInputs=4
NumOutputs=1
NumRules=1296
AndMethod='prod'
OrMethod='probor'
ImpMethod='prod'
AggMethod='sum'
DefuzzMethod='wtaver'

[Input1]
Name='ExtensÃ£o'
Range=[0 70]
NumMFs=6
MF1='completa': 'trapmf', [-12.6 -1.4 1.4 12.6]
```

```
MF2='MtGrande': 'trapmf', [1.4 12.6 15.4 26.6]
MF3='Grande': 'trapmf', [15.4 26.6 29.4 40.6]
MF4='mÃ©dia': 'trapmf', [29.4 40.6 43.4 54.6]
MF5='pequena': 'trapmf', [43.4 54.6 57.4 68.6]
MF6='MtPequena': 'trapmf', [57.4 68.6 71.4 82.6]
```

```
[Input2]
```

```
Name='FlexÃ£o'
Range=[0 135]
NumMFs=6
MF1='MtPequena': 'trapmf', [-24.3 -2.7 2.7 24.3]
MF2='pequena': 'trapmf', [2.7 24.3 29.7 51.3]
MF3='mÃ©dia': 'trapmf', [29.7 51.3 56.7 78.3]
MF4='grande': 'trapmf', [56.7 78.3 83.7 105.3]
MF5='MtGrande': 'trapmf', [83.7 105.3 110.7 132.3]
MF6='completa': 'trapmf', [110.7 132.3 137.7 159.3]
```

```
[Input3]
```

```
Name='Dor'
Range=[0 10]
NumMFs=6
MF1='sem': 'trapmf', [-1.8 -0.2 0.2 1.8]
MF2='MtLeve': 'trapmf', [0.2 1.8 2.2 3.8]
MF3='leve': 'trapmf', [2.2 3.8 4.2 5.8]
MF4='mÃ©dia': 'trapmf', [4.2 5.8 6.2 7.8]
MF5='alta': 'trapmf', [6.2 7.8 8.2 9.8]
MF6='MtAlta': 'trapmf', [8.2 9.8 10.2 11.8]
```

```
[Input4]
```

```
Name='ForÃ§aMuscular'
Range=[0 50]
NumMFs=6
MF1='MtFraca': 'trapmf', [-9 -1 1 9]
MF2='fraca': 'trapmf', [1 9 11 19]
MF3='mÃ©dia': 'trapmf', [11 19 21 29]
MF4='forte': 'trapmf', [21 29 31 39]
MF5='MtForte': 'trapmf', [31 39 41 49]
MF6='Plena': 'trapmf', [41 49 51 59]
```

```
[Output1]
```

```
Name='AptidÃ£o'
Range=[0 1]
NumMFs=6
MF1='MtRuim': 'constant', [0]
MF2='Ruim': 'constant', [20]
MF3='Regular': 'constant', [40]
MF4='Boa': 'constant', [60]
MF5='MtBoa': 'constant', [80]
MF6='Excelente': 'constant', [100]
```

```
[Rules]
```

```
6 1 6 1, 1 (1) : 1
6 1 6 2, 1 (1) : 1
6 1 6 3, 1 (1) : 1
6 1 6 4, 1 (1) : 1
```

6 1 6 5, 1 (1) : 1
6 1 6 6, 1 (1) : 1
6 1 5 1, 1 (1) : 1
6 1 5 2, 1 (1) : 1
6 1 5 3, 1 (1) : 1
6 1 5 4, 1 (1) : 1
6 1 5 5, 1 (1) : 1
6 1 5 6, 1 (1) : 1
6 1 4 1, 1 (1) : 1
6 1 4 2, 1 (1) : 1
6 1 4 3, 1 (1) : 1
6 1 4 4, 1 (1) : 1
6 1 4 5, 1 (1) : 1
6 1 4 6, 1 (1) : 1
6 1 3 1, 1 (1) : 1
6 1 3 2, 1 (1) : 1
6 1 3 3, 1 (1) : 1
6 1 3 4, 1 (1) : 1
6 1 3 5, 1 (1) : 1
6 1 3 6, 1 (1) : 1
6 1 2 1, 1 (1) : 1
6 1 2 2, 1 (1) : 1
6 1 2 3, 1 (1) : 1
6 1 2 4, 1 (1) : 1
6 1 2 5, 1 (1) : 1
6 1 2 6, 1 (1) : 1
6 1 1 1, 1 (1) : 1
6 1 1 2, 1 (1) : 1
6 1 1 3, 1 (1) : 1
6 1 1 4, 1 (1) : 1
6 1 1 5, 1 (1) : 1
6 1 1 6, 1 (1) : 1
6 2 6 1, 1 (1) : 1
6 2 6 2, 1 (1) : 1
6 2 6 3, 1 (1) : 1
6 2 6 4, 1 (1) : 1
6 2 6 5, 1 (1) : 1
6 2 6 6, 1 (1) : 1
6 2 5 1, 1 (1) : 1
6 2 5 2, 1 (1) : 1
6 2 5 3, 1 (1) : 1
6 2 5 4, 1 (1) : 1
6 2 5 5, 1 (1) : 1
6 2 5 6, 1 (1) : 1
6 2 4 1, 1 (1) : 1
6 2 4 2, 1 (1) : 1
6 2 4 3, 1 (1) : 1
6 2 4 4, 1 (1) : 1
6 2 4 5, 1 (1) : 1
6 2 4 6, 1 (1) : 1
6 2 3 1, 1 (1) : 1
6 2 3 2, 1 (1) : 1
6 2 3 3, 1 (1) : 1
6 2 3 4, 1 (1) : 1
6 2 3 5, 1 (1) : 1
6 2 3 6, 1 (1) : 1

6 2 2 1, 1 (1) : 1
6 2 2 2, 1 (1) : 1
6 2 2 3, 1 (1) : 1
6 2 2 4, 1 (1) : 1
6 2 2 5, 1 (1) : 1
6 2 2 6, 1 (1) : 1
6 2 1 1, 1 (1) : 1
6 2 1 2, 1 (1) : 1
6 2 1 3, 1 (1) : 1
6 2 1 4, 1 (1) : 1
6 2 1 5, 1 (1) : 1
6 2 1 6, 1 (1) : 1
6 3 6 1, 1 (1) : 1
6 3 6 2, 1 (1) : 1
6 3 6 3, 1 (1) : 1
6 3 6 4, 1 (1) : 1
6 3 6 5, 1 (1) : 1
6 3 6 6, 1 (1) : 1
6 3 5 1, 1 (1) : 1
6 3 5 2, 1 (1) : 1
6 3 5 3, 1 (1) : 1
6 3 5 4, 1 (1) : 1
6 3 5 5, 1 (1) : 1
6 3 5 6, 1 (1) : 1
6 3 4 1, 1 (1) : 1
6 3 4 2, 1 (1) : 1
6 3 4 3, 2 (1) : 1
6 3 4 4, 2 (1) : 1
6 3 4 5, 2 (1) : 1
6 3 4 6, 2 (1) : 1
6 3 3 1, 2 (1) : 1
6 3 3 2, 2 (1) : 1
6 3 3 3, 2 (1) : 1
6 3 3 4, 2 (1) : 1
6 3 3 5, 2 (1) : 1
6 3 3 6, 2 (1) : 1
6 3 2 1, 2 (1) : 1
6 3 2 2, 2 (1) : 1
6 3 2 3, 2 (1) : 1
6 3 2 4, 2 (1) : 1
6 3 2 5, 2 (1) : 1
6 3 2 6, 2 (1) : 1
6 3 1 1, 2 (1) : 1
6 3 1 2, 2 (1) : 1
6 3 1 3, 2 (1) : 1
6 3 1 4, 2 (1) : 1
6 3 1 5, 2 (1) : 1
6 3 1 6, 2 (1) : 1
6 4 6 1, 1 (1) : 1
6 4 6 2, 1 (1) : 1
6 4 6 3, 1 (1) : 1
6 4 6 4, 1 (1) : 1
6 4 6 5, 1 (1) : 1
6 4 6 6, 1 (1) : 1
6 4 5 1, 1 (1) : 1
6 4 5 2, 1 (1) : 1

6 4 5 3, 1 (1) : 1
6 4 5 4, 1 (1) : 1
6 4 5 5, 1 (1) : 1
6 4 5 6, 1 (1) : 1
6 4 4 1, 1 (1) : 1
6 4 4 2, 1 (1) : 1
6 4 4 3, 1 (1) : 1
6 4 4 4, 1 (1) : 1
6 4 4 5, 1 (1) : 1
6 4 4 6, 1 (1) : 1
6 4 3 1, 2 (1) : 1
6 4 3 2, 2 (1) : 1
6 4 3 3, 2 (1) : 1
6 4 3 4, 2 (1) : 1
6 4 3 5, 2 (1) : 1
6 4 3 6, 2 (1) : 1
6 4 2 1, 2 (1) : 1
6 4 2 2, 2 (1) : 1
6 4 2 3, 2 (1) : 1
6 4 2 4, 2 (1) : 1
6 4 2 5, 2 (1) : 1
6 4 2 6, 2 (1) : 1
6 4 1 1, 2 (1) : 1
6 4 1 2, 2 (1) : 1
6 4 1 3, 2 (1) : 1
6 4 1 4, 2 (1) : 1
6 4 1 5, 2 (1) : 1
6 4 1 6, 2 (1) : 1
6 5 6 1, 2 (1) : 1
6 5 6 2, 2 (1) : 1
6 5 6 3, 2 (1) : 1
6 5 6 4, 2 (1) : 1
6 5 6 5, 2 (1) : 1
6 5 6 6, 2 (1) : 1
6 5 5 1, 2 (1) : 1
6 5 5 2, 2 (1) : 1
6 5 5 3, 2 (1) : 1
6 5 5 4, 2 (1) : 1
6 5 5 5, 2 (1) : 1
6 5 5 6, 2 (1) : 1
6 5 4 1, 2 (1) : 1
6 5 4 2, 2 (1) : 1
6 5 4 3, 2 (1) : 1
6 5 4 4, 2 (1) : 1
6 5 4 5, 2 (1) : 1
6 5 4 6, 2 (1) : 1
6 5 3 1, 2 (1) : 1
6 5 3 2, 2 (1) : 1
6 5 3 3, 2 (1) : 1
6 5 3 4, 2 (1) : 1
6 5 3 5, 2 (1) : 1
6 5 3 6, 2 (1) : 1
6 5 2 1, 2 (1) : 1
6 5 2 2, 2 (1) : 1
6 5 2 3, 2 (1) : 1
6 5 2 4, 2 (1) : 1

6 5 2 5, 2 (1) : 1
6 5 2 6, 2 (1) : 1
6 5 1 1, 2 (1) : 1
6 5 1 2, 2 (1) : 1
6 5 1 3, 2 (1) : 1
6 5 1 4, 2 (1) : 1
6 5 1 5, 2 (1) : 1
6 5 1 6, 2 (1) : 1
6 6 6 1, 2 (1) : 1
6 6 6 2, 2 (1) : 1
6 6 6 3, 2 (1) : 1
6 6 6 4, 2 (1) : 1
6 6 6 5, 2 (1) : 1
6 6 6 6, 2 (1) : 1
6 6 5 1, 2 (1) : 1
6 6 5 2, 2 (1) : 1
6 6 5 3, 2 (1) : 1
6 6 5 4, 2 (1) : 1
6 6 5 5, 2 (1) : 1
6 6 5 6, 2 (1) : 1
6 6 4 1, 2 (1) : 1
6 6 4 2, 2 (1) : 1
6 6 4 3, 2 (1) : 1
6 6 4 4, 2 (1) : 1
6 6 4 5, 2 (1) : 1
6 6 4 6, 2 (1) : 1
6 6 3 1, 2 (1) : 1
6 6 3 2, 2 (1) : 1
6 6 3 3, 2 (1) : 1
6 6 3 4, 2 (1) : 1
6 6 3 5, 2 (1) : 1
6 6 3 6, 2 (1) : 1
6 6 2 1, 2 (1) : 1
6 6 2 2, 2 (1) : 1
6 6 2 3, 2 (1) : 1
6 6 2 4, 2 (1) : 1
6 6 2 5, 2 (1) : 1
6 6 2 6, 2 (1) : 1
6 6 1 1, 2 (1) : 1
6 6 1 2, 2 (1) : 1
6 6 1 3, 2 (1) : 1
6 6 1 4, 2 (1) : 1
6 6 1 5, 2 (1) : 1
6 6 1 6, 2 (1) : 1
5 1 6 1, 2 (1) : 1
5 1 6 2, 2 (1) : 1
5 1 6 3, 2 (1) : 1
5 1 6 4, 2 (1) : 1
5 1 6 5, 2 (1) : 1
5 1 6 6, 2 (1) : 1
5 1 5 1, 2 (1) : 1
5 1 5 2, 2 (1) : 1
5 1 5 3, 2 (1) : 1
5 1 5 4, 2 (1) : 1
5 1 5 5, 2 (1) : 1
5 1 5 6, 2 (1) : 1

5 1 4 1, 2 (1) : 1
5 1 4 2, 2 (1) : 1
5 1 4 3, 2 (1) : 1
5 1 4 4, 2 (1) : 1
5 1 4 5, 2 (1) : 1
5 1 4 6, 2 (1) : 1
5 1 3 1, 2 (1) : 1
5 1 3 2, 2 (1) : 1
5 1 3 3, 2 (1) : 1
5 1 3 4, 2 (1) : 1
5 1 3 5, 2 (1) : 1
5 1 3 6, 2 (1) : 1
5 1 2 1, 2 (1) : 1
5 1 2 2, 2 (1) : 1
5 1 2 3, 2 (1) : 1
5 1 2 4, 2 (1) : 1
5 1 2 5, 2 (1) : 1
5 1 2 6, 2 (1) : 1
5 1 1 1, 2 (1) : 1
5 1 1 2, 2 (1) : 1
5 1 1 3, 2 (1) : 1
5 1 1 4, 2 (1) : 1
5 1 1 5, 2 (1) : 1
5 1 1 6, 2 (1) : 1
5 2 6 1, 2 (1) : 1
5 2 6 2, 2 (1) : 1
5 2 6 3, 2 (1) : 1
5 2 6 4, 2 (1) : 1
5 2 6 5, 2 (1) : 1
5 2 6 6, 2 (1) : 1
5 2 5 1, 2 (1) : 1
5 2 5 2, 2 (1) : 1
5 2 5 3, 2 (1) : 1
5 2 5 4, 2 (1) : 1
5 2 5 5, 2 (1) : 1
5 2 5 6, 2 (1) : 1
5 2 4 1, 2 (1) : 1
5 2 4 2, 2 (1) : 1
5 2 4 3, 2 (1) : 1
5 2 4 4, 2 (1) : 1
5 2 4 5, 2 (1) : 1
5 2 4 6, 2 (1) : 1
5 2 3 1, 2 (1) : 1
5 2 3 2, 2 (1) : 1
5 2 3 3, 2 (1) : 1
5 2 3 4, 2 (1) : 1
5 2 3 5, 2 (1) : 1
5 2 3 6, 2 (1) : 1
5 2 2 1, 2 (1) : 1
5 2 2 2, 2 (1) : 1
5 2 2 3, 2 (1) : 1
5 2 2 4, 2 (1) : 1
5 2 2 5, 2 (1) : 1
5 2 2 6, 2 (1) : 1
5 2 1 1, 2 (1) : 1
5 2 1 2, 2 (1) : 1

5 2 1 3, 2 (1) : 1
5 2 1 4, 2 (1) : 1
5 2 1 5, 2 (1) : 1
5 2 1 6, 2 (1) : 1
5 3 6 1, 2 (1) : 1
5 3 6 2, 2 (1) : 1
5 3 6 3, 2 (1) : 1
5 3 6 4, 2 (1) : 1
5 3 6 5, 2 (1) : 1
5 3 6 6, 2 (1) : 1
5 3 5 1, 2 (1) : 1
5 3 5 2, 2 (1) : 1
5 3 5 3, 2 (1) : 1
5 3 5 4, 2 (1) : 1
5 3 5 5, 2 (1) : 1
5 3 5 6, 2 (1) : 1
5 3 4 1, 2 (1) : 1
5 3 4 2, 2 (1) : 1
5 3 4 3, 2 (1) : 1
5 3 4 4, 2 (1) : 1
5 3 4 5, 2 (1) : 1
5 3 4 6, 2 (1) : 1
5 3 3 1, 2 (1) : 1
5 3 3 2, 2 (1) : 1
5 3 3 3, 2 (1) : 1
5 3 3 4, 2 (1) : 1
5 3 3 5, 2 (1) : 1
5 3 3 6, 2 (1) : 1
5 3 2 1, 2 (1) : 1
5 3 2 2, 2 (1) : 1
5 3 2 3, 2 (1) : 1
5 3 2 4, 2 (1) : 1
5 3 2 5, 2 (1) : 1
5 3 2 6, 2 (1) : 1
5 3 1 1, 2 (1) : 1
5 3 1 2, 2 (1) : 1
5 3 1 3, 2 (1) : 1
5 3 1 4, 2 (1) : 1
5 3 1 5, 2 (1) : 1
5 3 1 6, 2 (1) : 1
5 4 6 1, 2 (1) : 1
5 4 6 2, 2 (1) : 1
5 4 6 3, 2 (1) : 1
5 4 6 4, 2 (1) : 1
5 4 6 5, 2 (1) : 1
5 4 6 6, 2 (1) : 1
5 4 5 1, 2 (1) : 1
5 4 5 2, 2 (1) : 1
5 4 5 3, 2 (1) : 1
5 4 5 4, 2 (1) : 1
5 4 5 5, 2 (1) : 1
5 4 5 6, 2 (1) : 1
5 4 4 1, 2 (1) : 1
5 4 4 2, 2 (1) : 1
5 4 4 3, 2 (1) : 1
5 4 4 4, 2 (1) : 1

5 4 4 5, 2 (1) : 1
5 4 4 6, 2 (1) : 1
5 4 3 1, 2 (1) : 1
5 4 3 2, 2 (1) : 1
5 4 3 3, 2 (1) : 1
5 4 3 4, 2 (1) : 1
5 4 3 5, 2 (1) : 1
5 4 3 6, 2 (1) : 1
5 4 2 1, 2 (1) : 1
5 4 2 2, 2 (1) : 1
5 4 2 3, 2 (1) : 1
5 4 2 4, 2 (1) : 1
5 4 2 5, 2 (1) : 1
5 4 2 6, 2 (1) : 1
5 4 1 1, 2 (1) : 1
5 4 1 2, 2 (1) : 1
5 4 1 3, 2 (1) : 1
5 4 1 4, 2 (1) : 1
5 4 1 5, 2 (1) : 1
5 4 1 6, 2 (1) : 1
5 5 6 1, 2 (1) : 1
5 5 6 2, 2 (1) : 1
5 5 6 3, 2 (1) : 1
5 5 6 4, 2 (1) : 1
5 5 6 5, 2 (1) : 1
5 5 6 6, 2 (1) : 1
5 5 5 1, 2 (1) : 1
5 5 5 2, 2 (1) : 1
5 5 5 3, 2 (1) : 1
5 5 5 4, 2 (1) : 1
5 5 5 5, 2 (1) : 1
5 5 5 6, 2 (1) : 1
5 5 4 1, 2 (1) : 1
5 5 4 2, 2 (1) : 1
5 5 4 3, 2 (1) : 1
5 5 4 4, 2 (1) : 1
5 5 4 5, 2 (1) : 1
5 5 4 6, 2 (1) : 1
5 5 3 1, 2 (1) : 1
5 5 3 2, 2 (1) : 1
5 5 3 3, 2 (1) : 1
5 5 3 4, 2 (1) : 1
5 5 3 5, 2 (1) : 1
5 5 3 6, 2 (1) : 1
5 5 2 1, 2 (1) : 1
5 5 2 2, 2 (1) : 1
5 5 2 3, 2 (1) : 1
5 5 2 4, 2 (1) : 1
5 5 2 5, 2 (1) : 1
5 5 2 6, 2 (1) : 1
5 5 1 1, 2 (1) : 1
5 5 1 2, 2 (1) : 1
5 5 1 3, 2 (1) : 1
5 5 1 4, 2 (1) : 1
5 5 1 5, 2 (1) : 1
5 5 1 6, 2 (1) : 1

5 6 6 1, 2 (1) : 1
5 6 6 2, 2 (1) : 1
5 6 6 3, 2 (1) : 1
5 6 6 4, 2 (1) : 1
5 6 6 5, 2 (1) : 1
5 6 6 6, 2 (1) : 1
5 6 5 1, 2 (1) : 1
5 6 5 2, 2 (1) : 1
5 6 5 3, 2 (1) : 1
5 6 5 4, 2 (1) : 1
5 6 5 5, 2 (1) : 1
5 6 5 6, 2 (1) : 1
5 6 4 1, 2 (1) : 1
5 6 4 2, 2 (1) : 1
5 6 4 3, 2 (1) : 1
5 6 4 4, 2 (1) : 1
5 6 4 5, 2 (1) : 1
5 6 4 6, 2 (1) : 1
5 6 3 1, 2 (1) : 1
5 6 3 2, 2 (1) : 1
5 6 3 3, 2 (1) : 1
5 6 3 4, 2 (1) : 1
5 6 3 5, 2 (1) : 1
5 6 3 6, 2 (1) : 1
5 6 2 1, 2 (1) : 1
5 6 2 2, 2 (1) : 1
5 6 2 3, 2 (1) : 1
5 6 2 4, 2 (1) : 1
5 6 2 5, 2 (1) : 1
5 6 2 6, 2 (1) : 1
5 6 1 1, 2 (1) : 1
5 6 1 2, 2 (1) : 1
5 6 1 3, 2 (1) : 1
5 6 1 4, 2 (1) : 1
5 6 1 5, 2 (1) : 1
5 6 1 6, 2 (1) : 1
4 1 6 1, 2 (1) : 1
4 1 6 2, 2 (1) : 1
4 1 6 3, 2 (1) : 1
4 1 6 4, 2 (1) : 1
4 1 6 5, 2 (1) : 1
4 1 6 6, 2 (1) : 1
4 1 5 1, 2 (1) : 1
4 1 5 2, 2 (1) : 1
4 1 5 3, 2 (1) : 1
4 1 5 4, 2 (1) : 1
4 1 5 5, 2 (1) : 1
4 1 5 6, 2 (1) : 1
4 1 4 1, 2 (1) : 1
4 1 4 2, 2 (1) : 1
4 1 4 3, 2 (1) : 1
4 1 4 4, 2 (1) : 1
4 1 4 5, 2 (1) : 1
4 1 4 6, 2 (1) : 1
4 1 3 1, 2 (1) : 1
4 1 3 2, 2 (1) : 1

4 1 3 3, 2 (1) : 1
4 1 3 4, 2 (1) : 1
4 1 3 5, 2 (1) : 1
4 1 3 6, 2 (1) : 1
4 1 2 1, 2 (1) : 1
4 1 2 2, 2 (1) : 1
4 1 2 3, 2 (1) : 1
4 1 2 4, 2 (1) : 1
4 1 2 5, 2 (1) : 1
4 1 2 6, 2 (1) : 1
4 1 1 1, 2 (1) : 1
4 1 1 2, 2 (1) : 1
4 1 1 3, 2 (1) : 1
4 1 1 4, 2 (1) : 1
4 1 1 5, 2 (1) : 1
4 1 1 6, 2 (1) : 1
4 2 6 1, 2 (1) : 1
4 2 6 2, 2 (1) : 1
4 2 6 3, 2 (1) : 1
4 2 6 4, 2 (1) : 1
4 2 6 5, 2 (1) : 1
4 2 6 6, 2 (1) : 1
4 2 5 1, 2 (1) : 1
4 2 5 2, 2 (1) : 1
4 2 5 3, 2 (1) : 1
4 2 5 4, 2 (1) : 1
4 2 5 5, 2 (1) : 1
4 2 5 6, 2 (1) : 1
4 2 4 1, 2 (1) : 1
4 2 4 2, 2 (1) : 1
4 2 4 3, 2 (1) : 1
4 2 4 4, 2 (1) : 1
4 2 4 5, 2 (1) : 1
4 2 4 6, 2 (1) : 1
4 2 3 1, 2 (1) : 1
4 2 3 2, 2 (1) : 1
4 2 3 3, 2 (1) : 1
4 2 3 4, 2 (1) : 1
4 2 3 5, 2 (1) : 1
4 2 3 6, 2 (1) : 1
4 2 2 1, 2 (1) : 1
4 2 2 2, 2 (1) : 1
4 2 2 3, 2 (1) : 1
4 2 2 4, 2 (1) : 1
4 2 2 5, 2 (1) : 1
4 2 2 6, 2 (1) : 1
4 2 1 1, 2 (1) : 1
4 2 1 2, 2 (1) : 1
4 2 1 3, 2 (1) : 1
4 2 1 4, 2 (1) : 1
4 2 1 5, 2 (1) : 1
4 2 1 6, 2 (1) : 1
4 3 6 1, 2 (1) : 1
4 3 6 2, 2 (1) : 1
4 3 6 3, 2 (1) : 1
4 3 6 4, 2 (1) : 1

4 3 6 5, 2 (1) : 1
4 3 6 6, 2 (1) : 1
4 3 5 1, 2 (1) : 1
4 3 5 2, 2 (1) : 1
4 3 5 3, 2 (1) : 1
4 3 5 4, 2 (1) : 1
4 3 5 5, 2 (1) : 1
4 3 5 6, 2 (1) : 1
4 3 4 1, 2 (1) : 1
4 3 4 2, 2 (1) : 1
4 3 4 3, 3 (1) : 1
4 3 4 4, 3 (1) : 1
4 3 4 5, 3 (1) : 1
4 3 4 6, 3 (1) : 1
4 3 3 1, 3 (1) : 1
4 3 3 2, 3 (1) : 1
4 3 3 3, 3 (1) : 1
4 3 3 4, 3 (1) : 1
4 3 3 5, 3 (1) : 1
4 3 3 6, 3 (1) : 1
4 3 2 1, 3 (1) : 1
4 3 2 2, 3 (1) : 1
4 3 2 3, 3 (1) : 1
4 3 2 4, 3 (1) : 1
4 3 2 5, 3 (1) : 1
4 3 2 6, 3 (1) : 1
4 3 1 1, 3 (1) : 1
4 3 1 2, 3 (1) : 1
4 3 1 3, 3 (1) : 1
4 3 1 4, 3 (1) : 1
4 3 1 5, 3 (1) : 1
4 3 1 6, 3 (1) : 1
4 4 6 1, 3 (1) : 1
4 4 6 2, 3 (1) : 1
4 4 6 3, 3 (1) : 1
4 4 6 4, 3 (1) : 1
4 4 6 5, 3 (1) : 1
4 4 6 6, 3 (1) : 1
4 4 5 1, 3 (1) : 1
4 4 5 2, 3 (1) : 1
4 4 5 3, 3 (1) : 1
4 4 5 4, 3 (1) : 1
4 4 5 5, 3 (1) : 1
4 4 5 6, 3 (1) : 1
4 4 4 1, 3 (1) : 1
4 4 4 2, 3 (1) : 1
4 4 4 3, 3 (1) : 1
4 4 4 4, 3 (1) : 1
4 4 4 5, 3 (1) : 1
4 4 4 6, 3 (1) : 1
4 4 3 1, 3 (1) : 1
4 4 3 2, 3 (1) : 1
4 4 3 3, 3 (1) : 1
4 4 3 4, 3 (1) : 1
4 4 3 5, 3 (1) : 1
4 4 3 6, 3 (1) : 1

4 4 2 1, 3 (1) : 1
4 4 2 2, 3 (1) : 1
4 4 2 3, 3 (1) : 1
4 4 2 4, 3 (1) : 1
4 4 2 5, 3 (1) : 1
4 4 2 6, 3 (1) : 1
4 4 1 1, 3 (1) : 1
4 4 1 2, 3 (1) : 1
4 4 1 3, 3 (1) : 1
4 4 1 4, 3 (1) : 1
4 4 1 5, 3 (1) : 1
4 4 1 6, 3 (1) : 1
4 5 6 1, 3 (1) : 1
4 5 6 2, 3 (1) : 1
4 5 6 3, 3 (1) : 1
4 5 6 4, 3 (1) : 1
4 5 6 5, 3 (1) : 1
4 5 6 6, 3 (1) : 1
4 5 5 1, 3 (1) : 1
4 5 5 2, 3 (1) : 1
4 5 5 3, 3 (1) : 1
4 5 5 4, 3 (1) : 1
4 5 5 5, 3 (1) : 1
4 5 5 6, 3 (1) : 1
4 5 4 1, 3 (1) : 1
4 5 4 2, 3 (1) : 1
4 5 4 3, 3 (1) : 1
4 5 4 4, 3 (1) : 1
4 5 4 5, 3 (1) : 1
4 5 4 6, 3 (1) : 1
4 5 3 1, 3 (1) : 1
4 5 3 2, 3 (1) : 1
4 5 3 3, 3 (1) : 1
4 5 3 4, 3 (1) : 1
4 5 3 5, 3 (1) : 1
4 5 3 6, 3 (1) : 1
4 5 2 1, 3 (1) : 1
4 5 2 2, 3 (1) : 1
4 5 2 3, 3 (1) : 1
4 5 2 4, 3 (1) : 1
4 5 2 5, 3 (1) : 1
4 5 2 6, 3 (1) : 1
4 5 1 1, 3 (1) : 1
4 5 1 2, 3 (1) : 1
4 5 1 3, 3 (1) : 1
4 5 1 4, 3 (1) : 1
4 5 1 5, 3 (1) : 1
4 5 1 6, 3 (1) : 1
4 6 6 1, 3 (1) : 1
4 6 6 2, 3 (1) : 1
4 6 6 3, 3 (1) : 1
4 6 6 4, 3 (1) : 1
4 6 6 5, 3 (1) : 1
4 6 6 6, 3 (1) : 1
4 6 5 1, 3 (1) : 1
4 6 5 2, 3 (1) : 1

4 6 5 3, 3 (1) : 1
4 6 5 4, 3 (1) : 1
4 6 5 5, 3 (1) : 1
4 6 5 6, 3 (1) : 1
4 6 4 1, 3 (1) : 1
4 6 4 2, 3 (1) : 1
4 6 4 3, 3 (1) : 1
4 6 4 4, 3 (1) : 1
4 6 4 5, 3 (1) : 1
4 6 4 6, 3 (1) : 1
4 6 3 1, 3 (1) : 1
4 6 3 2, 3 (1) : 1
4 6 3 3, 3 (1) : 1
4 6 3 4, 3 (1) : 1
4 6 3 5, 3 (1) : 1
4 6 3 6, 3 (1) : 1
4 6 2 1, 3 (1) : 1
4 6 2 2, 3 (1) : 1
4 6 2 3, 3 (1) : 1
4 6 2 4, 3 (1) : 1
4 6 2 5, 3 (1) : 1
4 6 2 6, 3 (1) : 1
4 6 1 1, 3 (1) : 1
4 6 1 2, 3 (1) : 1
4 6 1 3, 3 (1) : 1
4 6 1 4, 3 (1) : 1
4 6 1 5, 3 (1) : 1
4 6 1 6, 3 (1) : 1
3 1 6 1, 3 (1) : 1
3 1 6 2, 3 (1) : 1
3 1 6 3, 3 (1) : 1
3 1 6 4, 3 (1) : 1
3 1 6 5, 3 (1) : 1
3 1 6 6, 3 (1) : 1
3 1 5 1, 3 (1) : 1
3 1 5 2, 3 (1) : 1
3 1 5 3, 3 (1) : 1
3 1 5 4, 3 (1) : 1
3 1 5 5, 3 (1) : 1
3 1 5 6, 3 (1) : 1
3 1 4 1, 3 (1) : 1
3 1 4 2, 3 (1) : 1
3 1 4 3, 3 (1) : 1
3 1 4 4, 3 (1) : 1
3 1 4 5, 3 (1) : 1
3 1 4 6, 3 (1) : 1
3 1 3 1, 3 (1) : 1
3 1 3 2, 3 (1) : 1
3 1 3 3, 3 (1) : 1
3 1 3 4, 3 (1) : 1
3 1 3 5, 3 (1) : 1
3 1 3 6, 3 (1) : 1
3 1 2 1, 3 (1) : 1
3 1 2 2, 3 (1) : 1
3 1 2 3, 3 (1) : 1
3 1 2 4, 3 (1) : 1

3 1 2 5, 3 (1) : 1
3 1 2 6, 3 (1) : 1
3 1 1 1, 3 (1) : 1
3 1 1 2, 3 (1) : 1
3 1 1 3, 3 (1) : 1
3 1 1 4, 3 (1) : 1
3 1 1 5, 3 (1) : 1
3 1 1 6, 3 (1) : 1
3 2 6 1, 3 (1) : 1
3 2 6 2, 3 (1) : 1
3 2 6 3, 3 (1) : 1
3 2 6 4, 3 (1) : 1
3 2 6 5, 3 (1) : 1
3 2 6 6, 3 (1) : 1
3 2 5 1, 3 (1) : 1
3 2 5 2, 3 (1) : 1
3 2 5 3, 3 (1) : 1
3 2 5 4, 3 (1) : 1
3 2 5 5, 3 (1) : 1
3 2 5 6, 3 (1) : 1
3 2 4 1, 3 (1) : 1
3 2 4 2, 3 (1) : 1
3 2 4 3, 3 (1) : 1
3 2 4 4, 3 (1) : 1
3 2 4 5, 3 (1) : 1
3 2 4 6, 3 (1) : 1
3 2 3 1, 3 (1) : 1
3 2 3 2, 3 (1) : 1
3 2 3 3, 3 (1) : 1
3 2 3 4, 3 (1) : 1
3 2 3 5, 3 (1) : 1
3 2 3 6, 3 (1) : 1
3 2 2 1, 3 (1) : 1
3 2 2 2, 3 (1) : 1
3 2 2 3, 3 (1) : 1
3 2 2 4, 3 (1) : 1
3 2 2 5, 3 (1) : 1
3 2 2 6, 3 (1) : 1
3 2 1 1, 3 (1) : 1
3 2 1 2, 3 (1) : 1
3 2 1 3, 3 (1) : 1
3 2 1 4, 3 (1) : 1
3 2 1 5, 3 (1) : 1
3 2 1 6, 3 (1) : 1
3 3 6 1, 3 (1) : 1
3 3 6 2, 3 (1) : 1
3 3 6 3, 3 (1) : 1
3 3 6 4, 3 (1) : 1
3 3 6 5, 3 (1) : 1
3 3 6 6, 3 (1) : 1
3 3 5 1, 3 (1) : 1
3 3 5 2, 3 (1) : 1
3 3 5 3, 3 (1) : 1
3 3 5 4, 3 (1) : 1
3 3 5 5, 3 (1) : 1
3 3 5 6, 3 (1) : 1

3 3 4 1, 3 (1) : 1
3 3 4 2, 3 (1) : 1
3 3 4 3, 3 (1) : 1
3 3 4 4, 3 (1) : 1
3 3 4 5, 3 (1) : 1
3 3 4 6, 3 (1) : 1
3 3 3 1, 3 (1) : 1
3 3 3 2, 3 (1) : 1
3 3 3 3, 3 (1) : 1
3 3 3 4, 3 (1) : 1
3 3 3 5, 3 (1) : 1
3 3 3 6, 3 (1) : 1
3 3 2 1, 3 (1) : 1
3 3 2 2, 3 (1) : 1
3 3 2 3, 3 (1) : 1
3 3 2 4, 3 (1) : 1
3 3 2 5, 3 (1) : 1
3 3 2 6, 3 (1) : 1
3 3 1 1, 3 (1) : 1
3 3 1 2, 3 (1) : 1
3 3 1 3, 3 (1) : 1
3 3 1 4, 3 (1) : 1
3 3 1 5, 3 (1) : 1
3 3 1 6, 3 (1) : 1
3 4 6 1, 3 (1) : 1
3 4 6 2, 3 (1) : 1
3 4 6 3, 3 (1) : 1
3 4 6 4, 3 (1) : 1
3 4 6 5, 3 (1) : 1
3 4 6 6, 3 (1) : 1
3 4 5 1, 3 (1) : 1
3 4 5 2, 3 (1) : 1
3 4 5 3, 3 (1) : 1
3 4 5 4, 3 (1) : 1
3 4 5 5, 3 (1) : 1
3 4 5 6, 3 (1) : 1
3 4 4 1, 3 (1) : 1
3 4 4 2, 3 (1) : 1
3 4 4 3, 3 (1) : 1
3 4 4 4, 3 (1) : 1
3 4 4 5, 3 (1) : 1
3 4 4 6, 3 (1) : 1
3 4 3 1, 3 (1) : 1
3 4 3 2, 3 (1) : 1
3 4 3 3, 3 (1) : 1
3 4 3 4, 4 (1) : 1
3 4 3 5, 4 (1) : 1
3 4 3 6, 4 (1) : 1
3 4 2 1, 4 (1) : 1
3 4 2 2, 4 (1) : 1
3 4 2 3, 4 (1) : 1
3 4 2 4, 4 (1) : 1
3 4 2 5, 4 (1) : 1
3 4 2 6, 4 (1) : 1
3 4 1 1, 4 (1) : 1
3 4 1 2, 4 (1) : 1

3 4 1 3, 4 (1) : 1
3 4 1 4, 4 (1) : 1
3 4 1 5, 4 (1) : 1
3 4 1 6, 4 (1) : 1
3 5 6 1, 3 (1) : 1
3 5 6 2, 3 (1) : 1
3 5 6 3, 3 (1) : 1
3 5 6 4, 3 (1) : 1
3 5 6 5, 3 (1) : 1
3 5 6 6, 3 (1) : 1
3 5 5 1, 3 (1) : 1
3 5 5 2, 3 (1) : 1
3 5 5 3, 3 (1) : 1
3 5 5 4, 3 (1) : 1
3 5 5 5, 3 (1) : 1
3 5 5 6, 3 (1) : 1
3 5 4 1, 3 (1) : 1
3 5 4 2, 3 (1) : 1
3 5 4 3, 3 (1) : 1
3 5 4 4, 3 (1) : 1
3 5 4 5, 3 (1) : 1
3 5 4 6, 3 (1) : 1
3 5 3 1, 4 (1) : 1
3 5 3 2, 4 (1) : 1
3 5 3 3, 4 (1) : 1
3 5 3 4, 4 (1) : 1
3 5 3 5, 4 (1) : 1
3 5 3 6, 4 (1) : 1
3 5 2 1, 4 (1) : 1
3 5 2 2, 4 (1) : 1
3 5 2 3, 4 (1) : 1
3 5 2 4, 4 (1) : 1
3 5 2 5, 4 (1) : 1
3 5 2 6, 4 (1) : 1
3 5 1 1, 4 (1) : 1
3 5 1 2, 4 (1) : 1
3 5 1 3, 4 (1) : 1
3 5 1 4, 4 (1) : 1
3 5 1 5, 4 (1) : 1
3 5 1 6, 4 (1) : 1
3 6 6 1, 3 (1) : 1
3 6 6 2, 3 (1) : 1
3 6 6 3, 3 (1) : 1
3 6 6 4, 3 (1) : 1
3 6 6 5, 3 (1) : 1
3 6 6 6, 3 (1) : 1
3 6 5 1, 3 (1) : 1
3 6 5 2, 3 (1) : 1
3 6 5 3, 3 (1) : 1
3 6 5 4, 3 (1) : 1
3 6 5 5, 3 (1) : 1
3 6 5 6, 3 (1) : 1
3 6 4 1, 4 (1) : 1
3 6 4 2, 4 (1) : 1
3 6 4 3, 4 (1) : 1
3 6 4 4, 4 (1) : 1

3 6 4 5, 4 (1) : 1
3 6 4 6, 4 (1) : 1
3 6 3 1, 4 (1) : 1
3 6 3 2, 4 (1) : 1
3 6 3 3, 4 (1) : 1
3 6 3 4, 4 (1) : 1
3 6 3 5, 4 (1) : 1
3 6 3 6, 4 (1) : 1
3 6 2 1, 4 (1) : 1
3 6 2 2, 4 (1) : 1
3 6 2 3, 4 (1) : 1
3 6 2 4, 4 (1) : 1
3 6 2 5, 4 (1) : 1
3 6 2 6, 4 (1) : 1
3 6 1 1, 4 (1) : 1
3 6 1 2, 4 (1) : 1
3 6 1 3, 4 (1) : 1
3 6 1 4, 4 (1) : 1
3 6 1 5, 4 (1) : 1
3 6 1 6, 4 (1) : 1
2 1 6 1, 3 (1) : 1
2 1 6 2, 3 (1) : 1
2 1 6 3, 3 (1) : 1
2 1 6 4, 3 (1) : 1
2 1 6 5, 3 (1) : 1
2 1 6 6, 3 (1) : 1
2 1 5 1, 3 (1) : 1
2 1 5 2, 3 (1) : 1
2 1 5 3, 3 (1) : 1
2 1 5 4, 3 (1) : 1
2 1 5 5, 3 (1) : 1
2 1 5 6, 3 (1) : 1
2 1 4 1, 3 (1) : 1
2 1 4 2, 3 (1) : 1
2 1 4 3, 3 (1) : 1
2 1 4 4, 3 (1) : 1
2 1 4 5, 3 (1) : 1
2 1 4 6, 3 (1) : 1
2 1 3 1, 3 (1) : 1
2 1 3 2, 3 (1) : 1
2 1 3 3, 3 (1) : 1
2 1 3 4, 3 (1) : 1
2 1 3 5, 3 (1) : 1
2 1 3 6, 3 (1) : 1
2 1 2 1, 3 (1) : 1
2 1 2 2, 3 (1) : 1
2 1 2 3, 3 (1) : 1
2 1 2 4, 3 (1) : 1
2 1 2 5, 3 (1) : 1
2 1 2 6, 3 (1) : 1
2 1 1 1, 3 (1) : 1
2 1 1 2, 3 (1) : 1
2 1 1 3, 3 (1) : 1
2 1 1 4, 3 (1) : 1
2 1 1 5, 3 (1) : 1
2 1 1 6, 3 (1) : 1

2 2 6 1, 3 (1) : 1
2 2 6 2, 3 (1) : 1
2 2 6 3, 3 (1) : 1
2 2 6 4, 3 (1) : 1
2 2 6 5, 3 (1) : 1
2 2 6 6, 3 (1) : 1
2 2 5 1, 3 (1) : 1
2 2 5 2, 3 (1) : 1
2 2 5 3, 3 (1) : 1
2 2 5 4, 3 (1) : 1
2 2 5 5, 3 (1) : 1
2 2 5 6, 3 (1) : 1
2 2 4 1, 3 (1) : 1
2 2 4 2, 3 (1) : 1
2 2 4 3, 3 (1) : 1
2 2 4 4, 3 (1) : 1
2 2 4 5, 3 (1) : 1
2 2 4 6, 3 (1) : 1
2 2 3 1, 3 (1) : 1
2 2 3 2, 3 (1) : 1
2 2 3 3, 3 (1) : 1
2 2 3 4, 3 (1) : 1
2 2 3 5, 3 (1) : 1
2 2 3 6, 3 (1) : 1
2 2 2 1, 3 (1) : 1
2 2 2 2, 3 (1) : 1
2 2 2 3, 3 (1) : 1
2 2 2 4, 3 (1) : 1
2 2 2 5, 3 (1) : 1
2 2 2 6, 3 (1) : 1
2 2 1 1, 3 (1) : 1
2 2 1 2, 3 (1) : 1
2 2 1 3, 3 (1) : 1
2 2 1 4, 3 (1) : 1
2 2 1 5, 3 (1) : 1
2 2 1 6, 3 (1) : 1
2 3 6 1, 3 (1) : 1
2 3 6 2, 3 (1) : 1
2 3 6 3, 3 (1) : 1
2 3 6 4, 3 (1) : 1
2 3 6 5, 3 (1) : 1
2 3 6 6, 3 (1) : 1
2 3 5 1, 3 (1) : 1
2 3 5 2, 3 (1) : 1
2 3 5 3, 3 (1) : 1
2 3 5 4, 3 (1) : 1
2 3 5 5, 3 (1) : 1
2 3 5 6, 3 (1) : 1
2 3 4 1, 3 (1) : 1
2 3 4 2, 3 (1) : 1
2 3 4 3, 3 (1) : 1
2 3 4 4, 3 (1) : 1
2 3 4 5, 3 (1) : 1
2 3 4 6, 3 (1) : 1
2 3 3 1, 3 (1) : 1
2 3 3 2, 3 (1) : 1

2 3 3 3, 3 (1) : 1
2 3 3 4, 3 (1) : 1
2 3 3 5, 3 (1) : 1
2 3 3 6, 3 (1) : 1
2 3 2 1, 3 (1) : 1
2 3 2 2, 3 (1) : 1
2 3 2 3, 3 (1) : 1
2 3 2 4, 3 (1) : 1
2 3 2 5, 3 (1) : 1
2 3 2 6, 3 (1) : 1
2 3 1 1, 3 (1) : 1
2 3 1 2, 3 (1) : 1
2 3 1 3, 3 (1) : 1
2 3 1 4, 3 (1) : 1
2 3 1 5, 3 (1) : 1
2 3 1 6, 3 (1) : 1
2 4 6 1, 3 (1) : 1
2 4 6 2, 3 (1) : 1
2 4 6 3, 3 (1) : 1
2 4 6 4, 3 (1) : 1
2 4 6 5, 3 (1) : 1
2 4 6 6, 3 (1) : 1
2 4 5 1, 3 (1) : 1
2 4 5 2, 3 (1) : 1
2 4 5 3, 3 (1) : 1
2 4 5 4, 3 (1) : 1
2 4 5 5, 3 (1) : 1
2 4 5 6, 3 (1) : 1
2 4 4 1, 3 (1) : 1
2 4 4 2, 3 (1) : 1
2 4 4 3, 3 (1) : 1
2 4 4 4, 3 (1) : 1
2 4 4 5, 3 (1) : 1
2 4 4 6, 3 (1) : 1
2 4 3 1, 4 (1) : 1
2 4 3 2, 4 (1) : 1
2 4 3 3, 4 (1) : 1
2 4 3 4, 4 (1) : 1
2 4 3 5, 4 (1) : 1
2 4 3 6, 4 (1) : 1
2 4 2 1, 4 (1) : 1
2 4 2 2, 4 (1) : 1
2 4 2 3, 4 (1) : 1
2 4 2 4, 4 (1) : 1
2 4 2 5, 4 (1) : 1
2 4 2 6, 4 (1) : 1
2 4 1 1, 4 (1) : 1
2 4 1 2, 4 (1) : 1
2 4 1 3, 4 (1) : 1
2 4 1 4, 4 (1) : 1
2 4 1 5, 4 (1) : 1
2 4 1 6, 4 (1) : 1
2 5 6 1, 3 (1) : 1
2 5 6 2, 3 (1) : 1
2 5 6 3, 3 (1) : 1
2 5 6 4, 3 (1) : 1

2 5 6 5, 3 (1) : 1
2 5 6 6, 3 (1) : 1
2 5 5 1, 3 (1) : 1
2 5 5 2, 3 (1) : 1
2 5 5 3, 3 (1) : 1
2 5 5 4, 3 (1) : 1
2 5 5 5, 3 (1) : 1
2 5 5 6, 3 (1) : 1
2 5 4 1, 4 (1) : 1
2 5 4 2, 4 (1) : 1
2 5 4 3, 4 (1) : 1
2 5 4 4, 4 (1) : 1
2 5 4 5, 4 (1) : 1
2 5 4 6, 4 (1) : 1
2 5 3 1, 4 (1) : 1
2 5 3 2, 4 (1) : 1
2 5 3 3, 4 (1) : 1
2 5 3 4, 4 (1) : 1
2 5 3 5, 4 (1) : 1
2 5 3 6, 4 (1) : 1
2 5 2 1, 4 (1) : 1
2 5 2 2, 4 (1) : 1
2 5 2 3, 4 (1) : 1
2 5 2 4, 4 (1) : 1
2 5 2 5, 4 (1) : 1
2 5 2 6, 4 (1) : 1
2 5 1 1, 4 (1) : 1
2 5 1 2, 4 (1) : 1
2 5 1 3, 4 (1) : 1
2 5 1 4, 4 (1) : 1
2 5 1 5, 4 (1) : 1
2 5 1 6, 4 (1) : 1
2 6 6 1, 4 (1) : 1
2 6 6 2, 4 (1) : 1
2 6 6 3, 4 (1) : 1
2 6 6 4, 4 (1) : 1
2 6 6 5, 4 (1) : 1
2 6 6 6, 4 (1) : 1
2 6 5 1, 4 (1) : 1
2 6 5 2, 4 (1) : 1
2 6 5 3, 4 (1) : 1
2 6 5 4, 4 (1) : 1
2 6 5 5, 4 (1) : 1
2 6 5 6, 4 (1) : 1
2 6 4 1, 4 (1) : 1
2 6 4 2, 4 (1) : 1
2 6 4 3, 4 (1) : 1
2 6 4 4, 4 (1) : 1
2 6 4 5, 4 (1) : 1
2 6 4 6, 4 (1) : 1
2 6 3 1, 4 (1) : 1
2 6 3 2, 4 (1) : 1
2 6 3 3, 4 (1) : 1
2 6 3 4, 5 (1) : 1
2 6 3 5, 5 (1) : 1
2 6 3 6, 5 (1) : 1

2 6 2 1, 5 (1) : 1
2 6 2 2, 5 (1) : 1
2 6 2 3, 5 (1) : 1
2 6 2 4, 5 (1) : 1
2 6 2 5, 5 (1) : 1
2 6 2 6, 5 (1) : 1
2 6 1 1, 5 (1) : 1
2 6 1 2, 5 (1) : 1
2 6 1 3, 5 (1) : 1
2 6 1 4, 5 (1) : 1
2 6 1 5, 5 (1) : 1
2 6 1 6, 5 (1) : 1
1 1 6 1, 3 (1) : 1
1 1 6 2, 3 (1) : 1
1 1 6 3, 3 (1) : 1
1 1 6 4, 3 (1) : 1
1 1 6 5, 3 (1) : 1
1 1 6 6, 3 (1) : 1
1 1 5 1, 3 (1) : 1
1 1 5 2, 3 (1) : 1
1 1 5 3, 3 (1) : 1
1 1 5 4, 3 (1) : 1
1 1 5 5, 3 (1) : 1
1 1 5 6, 3 (1) : 1
1 1 4 1, 3 (1) : 1
1 1 4 2, 3 (1) : 1
1 1 4 3, 3 (1) : 1
1 1 4 4, 3 (1) : 1
1 1 4 5, 3 (1) : 1
1 1 4 6, 3 (1) : 1
1 1 3 1, 3 (1) : 1
1 1 3 2, 3 (1) : 1
1 1 3 3, 3 (1) : 1
1 1 3 4, 3 (1) : 1
1 1 3 5, 3 (1) : 1
1 1 3 6, 3 (1) : 1
1 1 2 1, 3 (1) : 1
1 1 2 2, 3 (1) : 1
1 1 2 3, 3 (1) : 1
1 1 2 4, 3 (1) : 1
1 1 2 5, 3 (1) : 1
1 1 2 6, 3 (1) : 1
1 1 1 1, 3 (1) : 1
1 1 1 2, 3 (1) : 1
1 1 1 3, 3 (1) : 1
1 1 1 4, 3 (1) : 1
1 1 1 5, 3 (1) : 1
1 1 1 6, 3 (1) : 1
1 2 6 1, 3 (1) : 1
1 2 6 2, 3 (1) : 1
1 2 6 3, 3 (1) : 1
1 2 6 4, 3 (1) : 1
1 2 6 5, 3 (1) : 1
1 2 6 6, 3 (1) : 1
1 2 5 1, 3 (1) : 1
1 2 5 2, 3 (1) : 1

1 2 5 3, 3 (1) : 1
1 2 5 4, 3 (1) : 1
1 2 5 5, 3 (1) : 1
1 2 5 6, 3 (1) : 1
1 2 4 1, 3 (1) : 1
1 2 4 2, 3 (1) : 1
1 2 4 3, 3 (1) : 1
1 2 4 4, 3 (1) : 1
1 2 4 5, 3 (1) : 1
1 2 4 6, 3 (1) : 1
1 2 3 1, 3 (1) : 1
1 2 3 2, 3 (1) : 1
1 2 3 3, 3 (1) : 1
1 2 3 4, 3 (1) : 1
1 2 3 5, 3 (1) : 1
1 2 3 6, 3 (1) : 1
1 2 2 1, 3 (1) : 1
1 2 2 2, 3 (1) : 1
1 2 2 3, 3 (1) : 1
1 2 2 4, 3 (1) : 1
1 2 2 5, 3 (1) : 1
1 2 2 6, 3 (1) : 1
1 2 1 1, 3 (1) : 1
1 2 1 2, 3 (1) : 1
1 2 1 3, 3 (1) : 1
1 2 1 4, 3 (1) : 1
1 2 1 5, 3 (1) : 1
1 2 1 6, 3 (1) : 1
1 3 6 1, 3 (1) : 1
1 3 6 2, 3 (1) : 1
1 3 6 3, 3 (1) : 1
1 3 6 4, 3 (1) : 1
1 3 6 5, 3 (1) : 1
1 3 6 6, 3 (1) : 1
1 3 5 1, 3 (1) : 1
1 3 5 2, 3 (1) : 1
1 3 5 3, 3 (1) : 1
1 3 5 4, 3 (1) : 1
1 3 5 5, 3 (1) : 1
1 3 5 6, 3 (1) : 1
1 3 4 1, 3 (1) : 1
1 3 4 2, 3 (1) : 1
1 3 4 3, 3 (1) : 1
1 3 4 4, 3 (1) : 1
1 3 4 5, 3 (1) : 1
1 3 4 6, 3 (1) : 1
1 3 3 1, 4 (1) : 1
1 3 3 2, 4 (1) : 1
1 3 3 3, 4 (1) : 1
1 3 3 4, 4 (1) : 1
1 3 3 5, 4 (1) : 1
1 3 3 6, 4 (1) : 1
1 3 2 1, 4 (1) : 1
1 3 2 2, 4 (1) : 1
1 3 2 3, 4 (1) : 1
1 3 2 4, 4 (1) : 1

1 3 2 5, 4 (1) : 1
1 3 2 6, 4 (1) : 1
1 3 1 1, 4 (1) : 1
1 3 1 2, 4 (1) : 1
1 3 1 3, 4 (1) : 1
1 3 1 4, 4 (1) : 1
1 3 1 5, 4 (1) : 1
1 3 1 6, 4 (1) : 1
1 4 6 1, 4 (1) : 1
1 4 6 2, 4 (1) : 1
1 4 6 3, 4 (1) : 1
1 4 6 4, 4 (1) : 1
1 4 6 5, 4 (1) : 1
1 4 6 6, 4 (1) : 1
1 4 5 1, 4 (1) : 1
1 4 5 2, 4 (1) : 1
1 4 5 3, 4 (1) : 1
1 4 5 4, 4 (1) : 1
1 4 5 5, 4 (1) : 1
1 4 5 6, 4 (1) : 1
1 4 4 1, 4 (1) : 1
1 4 4 2, 4 (1) : 1
1 4 4 3, 4 (1) : 1
1 4 4 4, 4 (1) : 1
1 4 4 5, 4 (1) : 1
1 4 4 6, 4 (1) : 1
1 4 3 1, 5 (1) : 1
1 4 3 2, 5 (1) : 1
1 4 3 3, 5 (1) : 1
1 4 3 4, 5 (1) : 1
1 4 3 5, 5 (1) : 1
1 4 3 6, 5 (1) : 1
1 4 2 1, 5 (1) : 1
1 4 2 2, 5 (1) : 1
1 4 2 3, 5 (1) : 1
1 4 2 4, 5 (1) : 1
1 4 2 5, 5 (1) : 1
1 4 2 6, 5 (1) : 1
1 4 1 1, 5 (1) : 1
1 4 1 2, 5 (1) : 1
1 4 1 3, 5 (1) : 1
1 4 1 4, 5 (1) : 1
1 4 1 5, 5 (1) : 1
1 4 1 6, 5 (1) : 1
1 5 6 1, 4 (1) : 1
1 5 6 2, 4 (1) : 1
1 5 6 3, 4 (1) : 1
1 5 6 4, 4 (1) : 1
1 5 6 5, 4 (1) : 1
1 5 6 6, 4 (1) : 1
1 5 5 1, 4 (1) : 1
1 5 5 2, 4 (1) : 1
1 5 5 3, 4 (1) : 1
1 5 5 4, 4 (1) : 1
1 5 5 5, 4 (1) : 1
1 5 5 6, 4 (1) : 1

1 5 4 1, 5 (1) : 1
1 5 4 2, 5 (1) : 1
1 5 4 3, 5 (1) : 1
1 5 4 4, 5 (1) : 1
1 5 4 5, 5 (1) : 1
1 5 4 6, 5 (1) : 1
1 5 3 1, 5 (1) : 1
1 5 3 2, 5 (1) : 1
1 5 3 3, 5 (1) : 1
1 5 3 4, 5 (1) : 1
1 5 3 5, 5 (1) : 1
1 5 3 6, 5 (1) : 1
1 5 2 1, 5 (1) : 1
1 5 2 2, 5 (1) : 1
1 5 2 3, 5 (1) : 1
1 5 2 4, 5 (1) : 1
1 5 2 5, 5 (1) : 1
1 5 2 6, 5 (1) : 1
1 5 1 1, 5 (1) : 1
1 5 1 2, 5 (1) : 1
1 5 1 3, 5 (1) : 1
1 5 1 4, 5 (1) : 1
1 5 1 5, 5 (1) : 1
1 5 1 6, 5 (1) : 1
1 6 6 1, 4 (1) : 1
1 6 6 2, 4 (1) : 1
1 6 6 3, 4 (1) : 1
1 6 6 4, 4 (1) : 1
1 6 6 5, 4 (1) : 1
1 6 6 6, 4 (1) : 1
1 6 5 1, 4 (1) : 1
1 6 5 2, 4 (1) : 1
1 6 5 3, 4 (1) : 1
1 6 5 4, 5 (1) : 1
1 6 5 5, 5 (1) : 1
1 6 5 6, 5 (1) : 1
1 6 4 1, 5 (1) : 1
1 6 4 2, 5 (1) : 1
1 6 4 3, 5 (1) : 1
1 6 4 4, 6 (1) : 1
1 6 4 5, 6 (1) : 1
1 6 4 6, 6 (1) : 1
1 6 3 1, 6 (1) : 1
1 6 3 2, 6 (1) : 1
1 6 3 3, 6 (1) : 1
1 6 3 4, 6 (1) : 1
1 6 3 5, 6 (1) : 1
1 6 3 6, 6 (1) : 1
1 6 2 1, 6 (1) : 1
1 6 2 2, 6 (1) : 1
1 6 2 3, 6 (1) : 1
1 6 2 4, 6 (1) : 1
1 6 2 5, 6 (1) : 1
1 6 2 6, 6 (1) : 1
1 6 1 1, 6 (1) : 1
1 6 1 2, 6 (1) : 1

1 6 1 3, 6 (1) : 1
1 6 1 4, 6 (1) : 1
1 6 1 5, 6 (1) : 1
1 6 1 6, 6 (1) : 1



Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul
Pró-Reitoria de Graduação
Av. Ipiranga, 6681 - Prédio 1 - 3º. andar
Porto Alegre - RS - Brasil
Fone: (51) 3320-3500 - Fax: (51) 3339-1564
E-mail: prograd@pucrs.br
Site: www.pucrs.br