# MARIA ISABEL ROVERI

# Experiência na prática deliberada de corrida: classificação por meio de um sistema *fuzzy* de apoio à decisão

Dissertação apresentada à Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre em Ciências

Programa Ciências da Reabilitação

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Isabel de Camargo Neves Sacco

São Paulo

2016

# MARIA ISABEL ROVERI

# Experiência na prática deliberada de corrida: classificação por meio de um sistema fuzzy de apoio à decisão

Dissertação apresentada à Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre em Ciências

Programa Ciências da Reabilitação

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Isabel de Camargo

**Neves Sacco** 

São Paulo

2016

#### Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Preparada pela Biblioteca da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo

©reprodução autorizada pelo autor

Roveri, Maria Isabel

Experiência na prática deliberada de corrida : classificação por meio de um sistema *fuzzy* de apoio à decisão / Maria Isabel Roveri. -- São Paulo, 2016.

Dissertação(mestrado)--Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo.

Programa de Ciências da Reabilitação.

Orientadora: Isabel de Camargo Neves Sacco.

Descritores: 1.Corrida 2.Lógica *fuzzy* 3.Sistemas especialistas 4.Atividade motora 5.Desenvolvimento humano 6.Exercício

USP/FM/DBD-176/16

Dedico este trabalho a meus pais Regina e Carlos pelo amor, incentivo, apoio e a liberdade para trilhar o caminho do conhecimento que escolhi.

#### **AGRADECIMENTOS**

A Deus que me concedeu uma vida abençoada, é muito generoso comigo e coloca pessoas muito especiais no meu caminho.

Aos meus pais Regina e Carlos (in memoriam) que me deram muito amor, suporte, exemplo de bom caráter, honestidade e toda a oportunidade para que eu trilhasse o caminho que meu coração mandou. Em especial a minha mãe, uma mulher inteligente, forte, mãe amorosa, carinhosa e dedicada que como sempre esteve do meu lado me dando uma força e tanto para cumprir mais esta etapa.

A minha orientadora Isabel de Camargo Neves Sacco a quem comecei a admirar há 10 anos atrás ainda no primeiro ano da faculdade como uma professora dedicada e preocupada com o ensino e o aprendizado. Que um ano depois me recebeu na iniciação científica e poucos anos depois no mestrado, sempre com generosidade, carinho, rigor e exigência pela excelência. Um exemplo de orientadora competente com quem aprendi os caminhos da ciência de qualidade. Agradeço de coração pela oportunidade de todos estes anos de convivência e aprendizado e me sinto honrada por fazer parte da família LaBiMPH.

A Cassia, uma iluminadora dos caminhos nebulosos da minha alma que me ajudou a ser mais forte para seguir em frente.

A uma fisioterapeuta muito querida Alessandra a quem admiro profundamente e que é uma grande incentivadora e a todas as colegas e companheiras de trabalho em especial Carina e Beth.

A um grande mestre Edison, sempre com conhecimento inspirador com quem aprendi muito sobre ciência, corrida, aprendizagem e desenvolvimento motor e muito além da ciência, dele deixo aqui uma frase norteadora: "Na ciência apontar bons problemas é tão ou mais importante do que achar respostas, visto que são no máximo transitórias".

A professora Neli que me deu a oportunidade de contar com seu profundo conhecimento em lógica *fuzzy*.

Aos meus colegas Naomi pelo seu exemplo de competência, esforço e pela parceria na pesquisa e Vitor por toda a colaboração desde o começo, contribuição com o conhecimento em prática de corrida ajudando a fazer a ponte com a ciência.

Aos especialistas em corrida Nelson colaborador generoso, um craque do Universo da corrida, Emerson exemplo de conhecimento em corrida e dedicação profissional, Daniel, Priscila, Federico e Jeferson.

Aos professores participantes da Banca de Qualificação Ana Paula e Reginaldo pelas valiosas contribuições acrescentadas na parte final da elaboração do trabalho.

Aos meus companheiros do Laboratório de Biomecânica aos quais carinhosamente chamo de Labimphianos que nestes nove anos me proporcionaram uma convivência engrandecedora. Andreja pelo apoio desde o começo lá na iniciação científica, Ricky e sua inteligência inspiradora, Cristina Sartor e sua delicadeza e dedicação incansável, Francis desbravador de caminhos, Beto e o legado da corrida, Kenji sempre prestativo, Licia com sua inteligência genial, Ivye e suas coletas intermináveis com pilates, Yuri e sua competência e organização prática, Anice supervisora e hoje colega de profissão, exemplo de caráter e dedicação, Aline professora orgulho do labimph nucleando-o pelo Brasil, meus companheiros na corrida Alessandra e Ulisses, Amanda, Thiago, as meninas do ballet Carol, Ana Carol, Flora e Michele e a tantos outros alunos e estagiários que estiveram comigo nesses anos e que certamente tem alguma contribuição na minha trajetória.

Aos Corredores voluntários que generosamente se dispuseram a participar e me proporcionaram grande aprendizado.

A Dass e ao Jonas por ceder espaço e apoio para coletas.

As Secretárias da pós-graduação, em especial a Ana pela dedicação e ajuda nas horas mais necessárias.

A CAPES pela bolsa concedida.

A todos que de alguma forma contribuíram para que hoje eu pudesse concretizar mais esta etapa no caminho do conhecimento.

O rabi Ioshua, filho de rabi Hanbina, disse: "Certa vez uma criança arrebatou o melhor de mim. Eu viajava e me encontrava diante de uma encruzilhada. Vi então um menino e lhe perguntei qual seria o caminho para a cidade. Ele respondeu: 'Este é o caminho curto e longo e este o longo e curto.' Tomei o curto e longo e logo deparei com obstáculos intransponíveis de jardins e pomares. Ao retornar, reclamei: 'Meu filho, você não me disse que era o caminho curto?' O menino então respondeu: 'Porém, lhe disse que era longo!"

In: "A alma imoral" Nilton Bonder

# NORMALIZAÇÃO ADOTADA

Esta dissertação está de acordo com as seguintes normas, em vigor no momento desta publicação:

Referências: adaptado de *International Committee of Medical Journals Editors* (Vancouver).

Universidade de São Paulo. Faculdade de Medicina. Divisão de Biblioteca e Documentação. *Guia de apresentação de dissertações, teses e monografias*. Elaborado por Anneliese Carneiro da Cunha, Maria Julia de A. L. Freddi, Maria F. Crestana, Marinalva de Souza Aragão, Suely Campos Cardoso, Valéria Vilhena. 3a ed. São Paulo: Divisão de Biblioteca e Documentação; 2011.

Abreviaturas dos títulos dos periódicos de acordo com *List of Journals Indexed in Index Medicus*.

# SUMÁRIO

П	IS:	TΑ	F	G	U	RA
_		.,.		$\sim$	v	, .

LISTA TABELAS

#### **RESUMO**

# ABSTRACT

1	INT	RODUÇÃO1
2	OBJ	ETIVOS9
	2.1	Objetivo Geral9
	2.2	Objetivos específicos
3	MET	ODOLOGIA E ESTRATÉGIAS DE AÇÃO10
4	DES	ENVOLVIMENTO DO SISTEMA DE APOIO À DECISÃO PARA CLASSIFICAÇÃO DA
E	XPERIÊN	NCIA EM CORRIDA
	4.1	Definição do objetivo e estrutura do modelo, variáveis de entrada e saída
	dos sis	temas
	4.2	Bancos de dados para o refinamento dos sistemas 19
	4.3	Avaliação da performance do modelo final
	4.4	Resultados da avaliação da performance do modelo final
	4.4.	1 Primeira avaliação da performance do modelo - especialistas que
	dese	envolveram o modelo24
	4.4.	2 Segunda avaliação da performance do modelo - novos especialistas 27

5	DES	ENVOLVIMENTO DE UMA	PROVA	PARA	AVALIAR	Α	CAPACIDADE	DE
CC	NTROI	LE DO RITMO DURANTE A CO	RRIDA					. 29
	5.1	Construção da primeira pro	va de ritm	o em c	orrida			. 29
	5.2	Construção da segunda pro	va de ritm	o em co	orrida			. 31
	5.3	Métodos de análise da segu	nda prova	a de ritr	no			. 34
	5.4	Apresentação e discussão o	dos result	ados da	as análises	da	segunda prova	de
	ritmo	35						
6.	DISC	CUSSÃO GERAL			•••••			. 42
7.	CON	ICLUSÃO						. 53
ANEXO 1 — APROVAÇÃO DA COMISSÃO DE ÉTICA PARA ANÁLISE DE PROJETOS DE								
PE	SQUISA	A	•••••			•••••		. 54
A٨	IEXO 2	– TERMO DE CONSENTIMEN	TO LIVRE	E ESCLA	ARECIDO			. 55
8.	REF	ERÊNCIAS						. 56

# **LISTA FIGURAS**

Figura 1: Fluxograma representativo do modelo fuzzy de classificação de experiência
em corrida15
Figura 2: Conjunto fuzzy da variável frequência de treino
Figura 3: Conjunto <i>fuzzy</i> da variável volume de treino
Figura 4: Conjunto fuzzy da variável qualidade da prática
Figura 5: Conjunto <i>fuzzy</i> da variável número de provas
Figura 6: Conjunto fuzzy da variável tempo de prática
Figura 7: Conjunto fuzzy de saída do nível de experiência em corrida 18
Figura 8: Representação do banco de dados real do sistema 2 com o campo para
avaliação do especialista pela Escala Visual Analógica (EVA)20
Figura 9: Gráfico de superfície representando a qualidade da prática baseada na
frequência de treino e no volume semanal de treino25
Figura 10: Gráfico de superfície representando o nível de experiência em corrida
baseado na qualidade da prática e no número de provas realizadas 26
Figura 11: Gráfico de superfície representando o nível de experiência em corrida
baseado na qualidade da prática e no tempo de prática 26
Figura 12: Gráfico de superfície representando o nível de experiência em corrida
baseado no número de provas e no tempo de prática 26

Figura 13: Gráficos da distribuição das velocidades em m/s de sujeitos que mantiveram
mais constante seu ritmo ao longo da prova e a não correspondência deste
fator com o escore <i>fuzzy</i>
Figura 14: Gráficos da distribuição das velocidades de 4 sujeitos com padrão da curva
de tendência do gráfico aproximando-se de um padrão em U, mas sem
correspondência ao grupo de experiência
Figura 15: Gráfico de Bland e Altman dos dados de 42 corredores da segunda prova de
ritmo, os números que aparecem no gráfico junto a cada ponto
correspondem a velocidade média do corredor em m/s. A diferença entre o
tempo que era a meta a ser atingida e o tempo total obtido corresponde ao
eixo vertical e a média destes tempos (meta e tempo obtido) ao eixo
horizontal, com a representação dos limites de concordância de -
1,96*desvio padrão a +1,96*desvio padrão linhas horizontais pretas superior
e inferior. Pontos vermelhos representam 12 corredores experientes (nota
fuzzy 10≥x≥7); pontos azuis representam 18 corredores moderadamente
experientes (nota <i>fuzzy</i> 7>x≥5); pontos verdes representam 6 corredores
pouco experientes (nota <i>fuzzy</i> 5>x≥2,5); pontos amarelos representam 4
corredores inexperientes (nota fuzzy menor que 2,5). Os pontos pretos
representam 2 corredores cuja nota fuzzy não foi possível ser obtida 41

## **LISTA TABELAS**

Tabela 1: V	/alores de r da correlação de Pearson entre os especialistas e entre os
es	specialistas e a classificação fuzzy do Sistema 1 - qualidade da prática 24
Tabela 2: V	/alores de r da correlação de Pearson entre os especialistas e entre os
es	specialistas e o Sistema 2 - nível de experiência em corrida25
Tabela 3: Va	alores de r da correlação de Pearson entre os cinco novos especialistas e
er	ntre os especialistas e o Sistema 2 – nível de experiência em corrida 27
Tabela 4: Va	alores da concordância Kappa entre a classificação de cada categoria feita
ре	elos cinco novos especialistas e a concordância geral das classificações —
ca	ategorização da experiência em corrida28

#### **RESUMO**

**Roveri MI.** Experiência na prática deliberada de corrida: classificação por meio de um sistema fuzzy de apoio à decisão [dissertação]. São Paulo: Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo; 2016.

A prática deliberada de corrida promove uma melhora no padrão de movimento do corredor, porém ainda é incerto quais são as contribuições da experiência de corrida na mecânica do corpo. No curso de dar luz a essas contribuições nos deparamos com uma questão básica anterior: o que é um corredor experiente? Apesar de existir uma regra dos "dez anos" de prática para se tornar especialista, não há uma definição clara do que é ser experiente em corrida e, quantificar o nível da experiência é uma tarefa desafiadora. Uma alternativa para essa tarefa envolve a criação de um sistema de apoio à decisão para classificação do fenômeno utilizando um sistemas linguísticos fuzzy. O uso desses sistemas é indicado para tratar de fenômenos com características de incerteza de identificação. Os objetivos do estudo foram: (i) desenvolver um sistema de apoio à decisão para a classificação da experiência do corredor de longa distância não federado por meio de um modelo fuzzy; e (ii) desenvolver uma prova que avalie a capacidade do corredor em controlar o ritmo durante a corrida, como forma de qualificar a experiência nessa modalidade. Para o primeiro objetivo, dois subsistemas tipo Mamdani foram desenvolvidos a partir do julgamento de três técnicos especialistas em corrida. No primeiro subsistema as variáveis linguísticas de frequência e volume de treino foram combinadas tendo como saída conjuntos que definiram a qualidade da prática. O segundo subsistema combinou à saída do 1º sistema, o número de provas e o tempo de prática e determinou o nível de experiência em corrida, em cinco conjuntos de saída. Os resultados do modelo foram altamente consistentes com a avaliação dos três especialistas em corrida que o criaram (r>0,88, p<0,001) e altamente consistentes com a avaliação de cinco outros especialistas (r>0,86, p<0,001). Para o segundo objetivo, como os especialistas descreveram de forma contundente que o controle de ritmo durante a corrida é uma característica presente e marcante em corredores experientes, desenvolvemos uma prova para testar essa capacidade do corredor e para que esta ferramenta pudesse ser utilizada como padrão de comparação com os resultados da avaliação do modelo fuzzy. Duas provas de 1000 m e 3200 m foram desenvolvidas. A primeira foi aplicada em 100 e a segunda em 42 corredores de longa distância não federados, onde tinham um tempo alvo para completar a prova baseado no tempo da última prova de 5km ou 10km que tivessem realizado. Os tempos parciais foram mensurados a cada 200m para identificar o ritmo. Foi possível identificar algumas distribuições de ritmo típicas ao longo dos testes, todavia, elas não se relacionaram com o nível de experiência dos corredores, o mesmo ocorreu entre o grau de acurácia em reproduzir os tempos solicitados e o nível de experiência. No geral, pode-se dizer que a classificação de experiência baseada num sistema *fuzzy* foi consistente como se pode depreender do grau de correlação do

modelo com os julgamentos dos especialistas. A ausência de relações significantes entre o modelo e o controle de ritmo pode ser atribuída ao segundo, já que não há consenso na literatura sobre qual seria um teste de ritmo objetivo, fidedigno e válido. O controle de ritmo por si já está imbuído de um grau de incerteza (várias combinações temporais levam ao mesmo resultado final) o que corrobora com a utilização da lógica fuzzy para o entendimento do fenômeno e demanda estudos específicos. É importante destacar que a aplicação do modelo permitiu identificar que um alto nível de experiência não está balizado pela "regra dos 10 anos de prática" o que provavelmente tem a ver com o tipo de atividade estudada aqui, depende de uma habilidade mais motora e menos cognitiva. Isso indica que na corrida há outros fatores balizadores, como a frequência e o volume de treinos e a participação em provas. O sistema fuzzy de apoio a decisão para classificação do nível de experiência do praticante de corrida de fundo mostrou-se capaz de identificar e classificar a experiência em corrida com confiabilidade.

**Descritores**: corrida, lógica *fuzzy*, atividade motora, sistemas especialistas, desenvolvimento humano, exercício.

#### **ABSTRACT**

**Roveri, M. I.** Experience in the deliberate practice of running: a fuzzy system based classification to support decision-making [dissertation]. São Paulo: "Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo"; 2016.

The deliberate practice of running enhances the runner's movement pattern, but it is yet uncertain what are the contributions of running experience to body mechanics. In the course to unravel such contributions one is faced with a more basic question: what is an experienced runner? In spite of the well known rule of "ten years of practice" to become an expertise, there is no clear definition of what it is to be an experienced runner, hence to quantify the experience level is a challenging task. One alternative to this task entails the development a system to support decision-making to classify the phenomenon using Fuzzy Linguistic Systems. The use of such systems is indicated to deal with phenomena that have an uncertain characterization because its identification allows different configurations. The goals of the study were: (i) to develop a fuzzy decision support system for classifying the running experience of nonelite long distance runners; (ii) to develop a running test to assess the runner's ability to pace control during running and that might be associated to experience levels. For the first goal, two Mamdani subsystems were developed from the judgements of three expert running coaches. In the first subsystem, the linguistic variables of training frequency and volume were combined and the output defined the quality of running practice. The second subsystem determined the running experience level from the five output sets of the first subsystem combined with the number of races and practice time. The results of the model were highly consistent with the evaluation done by the three expert running coaches who created it (r>0,88, p<0,001) as well as with that of other five expert running coaches (r>0,86, p<0,001). For the second goal, considering that the running experts were quite confident that pace control is a marked ability of experienced runners, a running test was developed to assess the runner's ability to exert such control and that might be a reference for comparison with the experience level defined by the fuzzy system based classification. Two running tests, 1000 and 3200 meters races, were developed and applied in a sample of 142 non-elite long distance runners in which they had a goal time to complete the test based on their personal last time in 10km or 5km races. Splits times were taken at each 200 m to identify the pace. Although it was possible to identify some typical pace distributions in the tests, they were not correlated to experience levels and also to the accuracy with which the goal time were attained. Overall, the classification of running experience based in a fuzzy system was consistent as one considers the degree of correlation between the model and the judgments made by the expert coaches. The lack of correlation with the pace control might be due to the fact that the test might not be appropriated. There is no consensus in the literature about what would be an objective, reliable and valid running pace control test. Pace control is in itself an uncertain process (many temporal combinations can yield the same final result) which agrees with the use fuzzy logic to unravel it, hence it warrants a set of particular

investigations. It is important to remark that with the application of the model it was possible to verify that a high running experience level is not constrained by "the ten years of practice" rule, which is likely to related to the activity studied here. This indicates that in running there are other constraints for experience such as training frequency, volume and participation in races. The *fuzzy* decision support system to classify the experience level of the non-elite long distance runner proved to be capable to identify and classify the running experience with reliability.

**Descriptors:** running, *fuzzy* logic, motor activity, expert systems, human development, exercise.

#### 1 INTRODUÇÃO

A corrida de rua é uma das atividades físicas mais escolhidas entre os que buscam os benefícios de uma rotina de exercícios. Isso ocorre principalmente devido ao fácil acesso a esta modalidade e ao baixo investimento em equipamentos necessário para sua execução. É uma modalidade que está em continuo crescimento e aumento de popularidade, com um número expressivo de praticantes em todo o mundo (Wilder, 2014; van Gent et al., 2007). Com isso, cresce também o interesse científico em desvendar quais fatores intrínsecos e extrínsecos interferem na qualidade e performance da habilidade motora envolvida na prática da corrida. Evidências apontam que tanto um grande volume de treino para homens, como lesões prévias para mulheres, podem ser importantes fatores de risco para lesões relacionadas a corrida (van Gent et al., 2007). Dentre as variáveis que tem suas contribuições ainda incertas no desenvolvimento de determinado padrão motor do corredor está o nível de experiência em corrida.

A corrida é considerada uma habilidade motora fundamental de locomoção adquirida nos primeiros anos da infância. Seu desenvolvimento ocorre por volta dos 18 aos 22 meses, quando a criança adquire força para impulsionar o corpo e desenvolve maior eficiência biomecânica o que possibilita mover-se com maior velocidade e destreza (Gallahue et al., 2013). Com o desenvolvimento, há uma melhora no padrão de recrutamento muscular e consequentemente no gesto motor do corredor, porém ainda é incerto o que a prática deliberada de corrida, que leva a aquisição de

experiência, modifica na mecânica do corpo e quanto cada fator relacionado à realização da corrida, tais como frequência e volume de treino, orientação de um técnico, participação em provas, controle do ritmo e tempo de prática, contribui para as adaptações musculoesqueléticas e fisiológicas do corpo que podem levar a melhora de desempenho ou até mesmo a lesões (Hardin et al., 2004).

Embora correr seja uma habilidade motora desenvolvida naturalmente, para considerar a corrida como uma atividade física, o praticante deve realizar uma prática com intenção - prática deliberada. Estudos no campo da aprendizagem motora descrevem que para ocorrer adaptações fisiológicas que levam a aquisição de experiência necessita uma prática intencional, por um longo período de tempo, que seja regular e específica de uma atividade (Ericsson et al., 1993).

Os primeiros estudos que discutiram como indivíduos se tornam experientes no decorrer de um período de prática de um determinado domínio de habilidade foram feitos com habilidades cognitivas e tinham o objetivo de descobrir os processos responsáveis pela melhora no desempenho em uma determinada tarefa (Ericsson 2015). Um estudo clássico sobre a experiência em habilidades cognitivas no xadrez (Chase and Simon, 1973) definiu que um jogador precisa de um mínimo de dez anos de prática para ser experiente a ponto de ser um vencedor internacionalmente reconhecido. Hoffman (1996) propôs uma classificação operacional para definir um especialista em habilidades cognitivas, e sugeriu cinco níveis de experiência cada qual com características próprias de aquisição de domínio na realização da habilidade: (i) inexperiente, (ii) novato, (iii) experiente, (iv) especialista e (v) mestre.

Alguns autores descrevem que grande parte do que caracteriza um especialista numa habilidade cognitiva também caracteriza um experiente em habilidades motoras (Ericsson et al. 1993; Baker et al. 2003; Abernethy et al., 1993; Hodge and Deakin, 1998). Porém, este pressuposto varia substancialmente dependendo da natureza e especificidade da habilidade motora que está sendo examinada. Especialmente em tarefas motoras em que a tomada de decisão estratégica é relativamente sem importância, em que o nível de desempenho é principalmente determinado pela qualidade da execução da habilidade aprendida e em que prevalecem padrões de movimento automatizados, como por exemplo, a corrida, podem ser discriminados os iniciantes dos especialistas por características bem distintas das que provém de tarefas predominantemente cognitivas (Abernethy et al., 1993). Além disso, com muitas horas de prática as diferenças cognitivas são eliminadas dando lugar a componentes relacionados a percepção e produção motora (Ericsson et al., 1993).

O interesse em estudar a experiência em tarefas motoras, particularmente na área esportiva, ganhou força na década de 90, com destaque para entender o desempenho do praticante experiente, seu condicionamento físico, sua eficiência motora e metabólica, a prevenção de lesões relacionadas e também para avançar no conhecimento de como ocorre o desenvolvimento desta experiência com a prática deliberada na modalidade (Abernethy et al., 1993; Ericsson et al., 1993).

Um dos principais estudos que discutiu a experiência motora em atletas retoma a definição de Chase & Simon (1973) de que somente com uma prática de pelo menos 10 anos ou 10000 horas se alcançaria o nível de experiente na habilidade (Ericsson et al., 1993). Porém, alguns outros fatores além do tempo de prática teriam também

significativa influência na aquisição da experiência, tais como orientação de um professor ou técnico, disposições genéticas e condições ambientais da prática, planejamento do treinamento, intensidade e frequência do mesmo, participação em competições, e a qualidade da prática.

Um dos focos principais dos estudos sobre experiência em esporte é entender como alcançar uma melhor performance em função da experiência, porém, os autores discutem que praticar alguma habilidade por um longo período não confere necessariamente uma melhora no desempenho, apesar de levar a executar a tarefa com menor esforço e de forma mais automatizada (Ericsson, 2015).

Ericsson et al (1993) descreveu que para ocorrer uma melhora efetiva no desempenho de determinada habilidade deve haver um esforço intencional do indivíduo, o que ele denominou de prática deliberada, na qual o alcance do nível de especialista é influenciado pela orientação de um professor, pelo objetivo claro e específico da tarefa que deve estar dentro de um nível de dificuldade apropriado para cada indivíduo, e deve ocorrer um adequado feedback que permita oportunidades de repetição e correções de erros (Ericsson et al., 2007). Especificamente na corrida, seu treinamento é baseado na manipulação de três parâmetros: frequência e volume semanal e intensidade da carga. O professor ou técnico tem um papel importante na otimização da aquisição de experiência do corredor uma vez que é o responsável por manipular de forma sistematizada o volume, a frequência e a intensidade dentro do planejamento de um treinamento caracterizando desta forma a qualidade da prática, além de orientar a participação em determinadas competições.

A qualidade da prática é considerada por alguns autores como um fator até mais importante do que a quantidade da mesma na aquisição da experiência (Baker et al., 2003; Gallego et al., 2010). Baker et al (2003) reforça que a participação em provas ou competições esportivas e auxílio de um técnico ou professor durante o treinamento, também contribuem para se adquirir experiência na habilidade. Phillips et al (2008) também acrescentam que as disposições genéticas e os componentes ambientais interagem alterando traços fisiológicos, cognitivos e físicos que facilitam a aquisição e o estabelecimento de experiência.

Há uma complexidade inerente ao fenômeno experiência que dificulta a definição de especialista em uma determinada habilidade, e isso não é diferente para o corredor. A "regra dos 10 anos" ou 10000 horas de prática não é suficiente para uma definição clara do que é ser um especialista em corrida, mesmo considerando todos os fatores elencados anteriormente que influenciam a aquisição da experiência. Quantificar ou classificar o nível da experiência é uma tarefa bastante desafiadora que, em geral, depende da opinião de um especialista ou técnico que precisa considerar inúmeros fatores provindos de diversas formas de avaliação, dentre as descritas previamente.

Ainda assim, uma importante característica que denota a experiência de um corredor é a capacidade de ter percepção do ritmo em que está correndo e poder controlá-lo durante a corrida sem o auxilio de um *feedback* externo, como por exemplo o uso de um GPS. Green et al (2010) verificou que corredores mais experientes tem uma acurácia em manter um ritmo na corrida melhor do que os não experientes. Porém, o controle do ritmo ainda não é uma capacidade bem

compreendida, não há consenso na literatura sobre qual seria um teste de avaliação do controle do ritmo durante a corrida objetivo, fidedigno e válido. Se houvesse uma forma de avaliarmos a capacidade de manutenção desse ritmo de um corredor, poderíamos fazer inferências sobre sua experiência nessa prática já que há uma relação entre esses parâmetros. Mas, infelizmente, até o momento não se consegue decidir sobre a experiência somente baseado em um ou alguns conjuntos de fatores de forma sistematizada e clara.

A natureza de incerteza de identificação inerente a característica da experiência em corrida dificulta a análise do fenômeno utilizando a lógica clássica caracterizada por uma bivalência a qual leva a olhar ao fenômeno apenas por duas categorias: experiente ou inexperiente. A lógica clássica não considera o que está entre as duas afirmações. Porém o mundo real é multivalente, há um espectro infinito de opções entre as duas possibilidades, especialmente quando lidamos com fenômenos biológicos. Assim, seria mais adequado analisá-los a partir de uma metodologia que lide com a incerteza de identificação em mais de dois níveis, como é o caso da lógica *fuzzy* (Shaw and Simões, 1999).

Dessa forma, a Teoria de Conjuntos *fuzzy* pode auxiliar em um melhor entendimento da relação experiência e prática da corrida. Esta teoria foi introduzida em 1965 por Lotfi Zadeh e é uma entidade matemática desenvolvida para lidar com problemas onde há incerteza de identificação dos elementos como pertencentes ou não a um determinado grupo – experientes ou novatos (Zadeh, 1965). A lógica *fuzzy* trabalha com o conceito de "verdade parcial" própria dos fenômenos naturais, na qual as afirmações permitem uma gradação entre a dicotomização de conceitos de algo

"completamente verdadeiro" e "completamente falso" (Massad et al., 2003), ou "experiente" e "novato", de uma maneira sistemática e rigorosa.

A estrutura da lógica *fuzzy* permite converter a experiência humana em uma forma compreensível para os computadores por meio da construção de variáveis linguísticas para classificar as variáveis medidas em um estudo (Massad et al., 2003). Um sistema *fuzzy* auxilia a escrever expressões verbais e qualitativas como valores numéricos, o que permite gerenciar as incertezas através da expressão de termos com um grau de certeza, num intervalo numérico [0,1], onde a certeza absoluta é representada pelo valor 1. A função de pertinência m<sub>A</sub>(x) tem todos os valores dentro do intervalo [0,1]. Isso significa que um elemento pode ser membro de um conjunto parcialmente, indicado por um valor fracionário dentro do intervalo numérico.

Ao utilizarmos um sistema *fuzzy*, é possível combinar critérios diferentes para chegar a conclusões sobre o estado de uma doença de forma mais próxima à realidade (Licata, 2007) ou, por exemplo, combinar variáveis para definir o nível de experiência em corrida. Portanto, a Lógica *fuzzy* é uma opção interessante para avaliar o nível de experiência em corrida levando-se em consideração as incertezas de identificação inerentes à aquisição da experiência na corrida e do controle de ritmo que por si já está imbuído de um grau de incerteza, pois várias combinações temporais levam ao mesmo resultado final o que corrobora ainda mais com a utilização da lógica *fuzzy* para o entendimento do fenômeno. Isso demanda pesquisa específica para assim podermos futuramente avançar em estudos que necessitem desta identificação com maior confiabilidade, como por exemplo os que investiguem o desenvolvimento do padrão motor do corredor comparando a biomecânica da corrida em diferentes níveis de

experiência, ou utilizem a experiência como balizador da prescrição de treino em corrida ou tente elucidar a relação da experiência e lesão na corrida.

#### 2 OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo Geral

Objetivou-se desenvolver um sistema de apoio à decisão para a classificação da experiência em corrida de corredores de longa distância não federados (recreacionais).

## 2.2 Objetivos específicos

Como objetivos específicos, buscamos:

- a) Desenvolver um sistema de apoio à decisão para a classificação da experiência em corrida por meio de um modelo fuzzy, testá-lo e validá-lo em corredores de longa distância.
- b) Desenvolver uma prova que avalie a capacidade do corredor em controlar o ritmo durante a corrida, como forma de qualificar a experiência nessa modalidade.

### 3 METODOLOGIA E ESTRATÉGIAS DE AÇÃO

Ao aprofundarmos o estudo sobre experiência em corrida, devido a relevância que esta variável parecia apresentar no estudo do corredor, notou-se na literatura a ausência de uma ferramenta ou um método que fosse padrão ouro na realização da classificação do nível de experiência em corrida ou uma classificação que fosse compatível com a complexidade do fenômeno. Com isso, estávamos diante de um desafio: elaborar um sistema de apoio a decisão nessa classificação.

Foram reunidos para isso três especialistas em corrida (Especialista 1: professor de Educação Física com pós graduação em Treinamento Esportivo, corredor e triathleta amador e treinador de corrida há 15 anos. Especialista 2: bacharel em Esporte com pós graduação em Treinamento Esportivo, com mestrado, corredor há mais de 30 anos e treinador de corrida há 15 anos. Especialista 3: graduado em Educação Física com pós graduação em Treinamento Esportivo, corredor por 21 anos e técnico de corrida há 22 anos) que chegaram em um consenso de que o controle do ritmo seria uma possibilidade para definir a experiência de um corredor. Assim, iniciamos a empreitada de construir uma prova que conseguisse avaliar este controle do ritmo.

Após a elaboração e realização de duas provas distintas em que coletamos dados de um total de 142 corredores, chegamos à conclusão de que o fenômeno era ainda mais complexo do que havíamos imaginado inicialmente. Não conseguimos

concluir uma prova cujo o resultado discriminasse o corredor experiente do não experiente.

Partimos então para uma outra abordagem: de criar uma ferramenta que, reunindo o conhecimento dos especialistas em corrida e as informações obtidas na literatura, pudesse apoiar a decisão na classificação da experiência em corrida. Foi assim que se elegeu a lógica *fuzzy* como uma potencial ferramenta, pois tratava-se de um problema de identificação, que é exatamente a principal utilidade desses modelos matemáticos construídos com método *fuzzy*. Contamos então com a ajuda de uma especialista em modelagem *fuzzy* (professora livre-docente em informática médica com experiência há 15 anos em sistemas diagnósticos e modelagem matemática em saúde utilizando teoria dos conjuntos *fuzzy*).

Optou-se por apresentar esse projeto em dois capítulos distintos que irão descrever detalhadamente as fases de elaboração de ambas as ferramentas propostas: Capítulo 4. Desenvolvimento do sistema de apoio à decisão para a classificação da experiência em corrida e Capítulo 5. Desenvolvimento de uma prova que avalie a capacidade de controle do ritmo durante a corrida, como forma de avaliar a experiência nessa modalidade.

# 4 DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA DE APOIO À DECISÃO PARA CLASSIFICAÇÃO DA EXPERIÊNCIA EM CORRIDA

Modelos fuzzy constituídos por regras linguísticas são um método de traduzir expressões verbais, utilizadas na comunicação humana em valores numéricos e assim tornar possível a tradução da experiência de especialistas humanos em ferramentas computacionais. O método de inferência mais comum da lógica fuzzy utilizado nas áreas das ciências biológicas é o desenvolvido por Mamdani. Este tipo de modelo depende menos de um volume grande de informações, por isso podemos utilizá-lo quando temos um banco de dados limitado o que ocorre com certa frequência nas áreas em que dependemos de dados humanos e temos um número reduzido de pessoas se comparado a dados de fontes mecânicas. Normalmente nos modelos tipo Mamdani os especialistas participam na elaboração das regras, na partição fuzzy dos domínios das variáveis, e no refinamento do sistema.

Os passos principais na construção e desenvolvimento do modelo *fuzzy* são: (i) a definição do objetivo do modelo, (ii) a construção das variáveis linguísticas; (iii) definição das variáveis de saída do modelo *fuzzy*; (iv) a montagem das regras *fuzzy* através de proposições construídas com as variáveis de entrada do sistema e conectivos lógicos; (v) definição de um método de defuzificação, caso uma saída numérica clássica seja necessária. Os modelos *fuzzy* do presente estudo foram desenvolvidos em ambiente Matlab.

# 4.1 Definição do objetivo e estrutura do modelo, variáveis de entrada e saída dos sistemas

Participaram da construção dos modelos deste estudo três especialistas em corrida e uma especialista em modelagem *fuzzy*. Particularmente os especialistas em corrida, tinham vasta experiência na modalidade como praticantes, estudiosos e técnicos, e a especialista em modelagem *fuzzy* também com vasta experiência em sua área de atuação, como descrito a seguir:

- i) Especialista 1: Professor de Educação Física com pós graduação em Treinamento Desportivo, corredor e triatleta amador, tendo participado das principais provas do Brasil como São Silvestre, volta da Pampulha, meia maratona internacional do Rio de Janeiro, Ironman 70.3. Treinador de corrida desde 2001 com atletas que participaram das principais maratonas do Brasil e do mundo.
- ii) Especialista 2: Bacharel em Esporte com pós graduação em Treinamento Esportivo, mestre em Ciências da Reabilitação com a pesquisa do mestrado relacionada à corrida em diferentes pisos, corredor há mais de 30 anos, participou de provas de triatlo e distâncias variadas, especializou-se em corrida de montanha nas distâncias entre 40km e 100km. Realiza prescrição de treinamento de corrida desde 2001 e avaliação da técnica de corrida através de cinemática desde 2012.
- iii) Especialista 3: Graduado em Educação Física com pós graduação em
   Treinamento Desportivo, treinador internacionalmente credenciado nível II

pela IAAF (International Association of Athletics Federations). Corredor por 21 anos, tendo corrido inúmeras provas entre elas 5 participações em maratonas internacionais. Técnico de corrida desde 1994, trabalha com corrida de rua e pista para atletas amadores e profissionais. Presidente da ATC- Associação dos Treinadores de Corrida de São Paulo desde 2009.

iv) Especialista em Engenharia do Conhecimento e Sistemas *fuzzy*: Professora livredocente em Informática Médica pela Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo (2010). Doutora (2001) e mestre (1997) em ciências pelo Instituto de Física da Universidade de São Paulo. Bacharel e licenciada em Física pela Universidade de São Paulo (1994 e 2000). Tem experiência na área de saúde coletiva, com ênfase em sistemas diagnósticos e modelagem matemática em saúde, atuando principalmente nos seguintes temas: teoria dos conjuntos *fuzzy*, epidemiologia e sistemas de apoio a decisão, há 15 anos.

Os especialistas em corrida discutiram de forma sistematizada e coordenada pela equipe da pesquisa e pela especialista em engenharia do conhecimento de forma exaustiva o que seria um corredor experiente, independente do nível de performance nas provas em corrida.

Nas cinco reuniões iniciais foi levantado o conhecimento relevante para que um corredor fosse considerado experiente e as variáveis que deveriam compor o sistema de classificação *fuzzy* da experiência em corrida. Nestes encontros foram definidas as etapas i e ii da construção do modelo sendo estas: o objetivo do sistema *fuzzy*, que foi a classificação da experiência de um atleta em corrida de rua, bem como as variáveis

essenciais para se avaliar esta experiência e as variáveis linguísticas de entrada do modelo.

Após a discussão sobre as variáveis de saída do modelo, verificou-se a necessidade de construir um modelo estruturado baseado em dois subsistemas. No primeiro sistema, cuja variável de saída é a qualidade da prática, combinou-se as variáveis linguísticas de frequência de treino (vezes por semana) e volume de treino (km/semana). O resultado deste primeiro sistema é um conjunto de variáveis de entrada do segundo subsistema. Assim, no segundo sistema consideramos as variáveis linguísticas qualidade da prática, número de provas e tempo de prática (anos) e a saída desse subsistema é o nível de experiência do corredor.

Uma visão geral do modelo desenvolvido é apresentada na Figura 1.

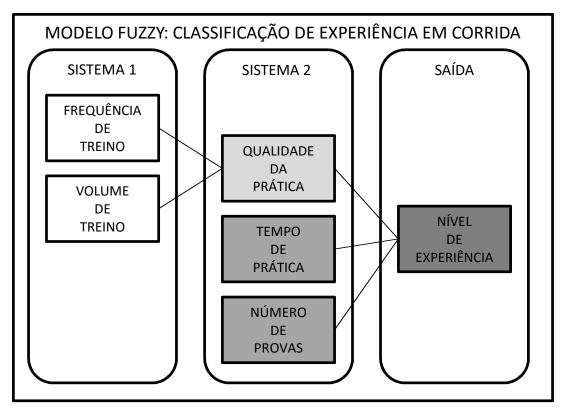


Figura 1: Fluxograma representativo do modelo *fuzzy* de classificação de experiência em corrida.

As variáveis de entrada do primeiro sistema foram fuzificadas usando os seguintes termos linguísticos:

- a) frequência de treino: (1) muito baixa, (2) baixa, (3) media e (4) alta (Figura 2).
- b) volume de treino: (1) muito baixo, (2) baixo, (3) médio e (4) alto (Figura 3).

E as variáveis de entrada do segundo modelo foram fuzificadas usando os termos linguísticos:

- c) qualidade da prática: (1) muito ruim, (2) ruim, (3) media, (4) boa e (5) muito boa (Figura 4).
- d) número de provas: (1) pouco, (2) médio e (3) bastante (Figura 5).
- e) tempo de prática: (1) muito curto, (2) curto, (3) moderado e (4) longo (Figura 6).

De acordo com os conjuntos de entrada, regras linguísticas foram elaboradas usando a análise combinatória das variáveis, resultando em 16 regras para o primeiro sistema, seguindo o exemplo: "SE frequência de treino *muito baixa* E volume de treino *muito baixo* ENTÃO qualidade da prática *muito ruim*"; e 60 regras para o segundo sistema, seguindo o exemplo: "SE qualidade da prática *muito ruim* E número de provas *pouco* E tempo de prática *muito curto* ENTÃO nível de experiência *inexperiente*".

Os conjuntos *fuzzy* do primeiro sistema para qualidade da prática foram: (I) muito ruim, (II) ruim, (III) média, (IV) boa e (V) muito boa qualidade da prática (Figura 4).

Os conjuntos *fuzzy* do segundo sistema para nível de experiência em corrida foram: (I) inexperiente, (II) pouco experiente, (III) moderadamente experiente, (IV)

muito experiente e (V) altamente experiente, de acordo com o nível de experiência em corrida (Figura 7).

O método de defuzificação utilizado foi o centro de área, o qual transforma o valor da variável linguística de saída inferida pelas regras *fuzzy* em um valor discreto a partir da projeção no eixo x do centro geométrico do contorno da área da união dos conjuntos com grau de pertinência não nulo. Sendo assim, o resultado da defuzyficação será um número do conjunto de saída. Isto permitiu produzir valores quantitativos para o nível de experiência em corrida, definido como um número entre 0 e 10. Nota-se que, em função do método de defuzificação utilizar o cálculo do centro geométrico e o escore final resultar de uma projeção deste centro, não encontraremos escores de saída nos extremos da escala (0 e 10).

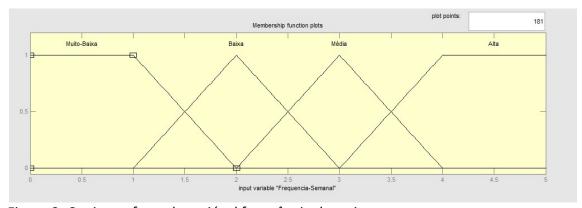


Figura 2: Conjunto fuzzy da variável frequência de treino.

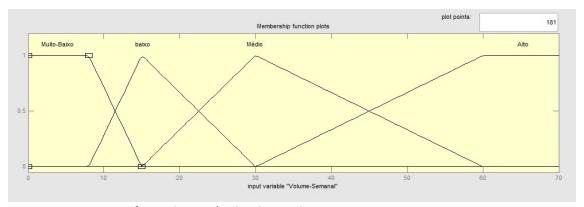


Figura 3: Conjunto fuzzy da variável volume de treino.

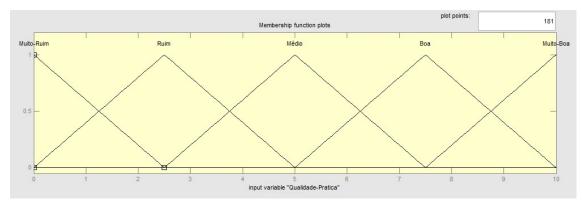


Figura 4: Conjunto fuzzy da variável qualidade da prática.

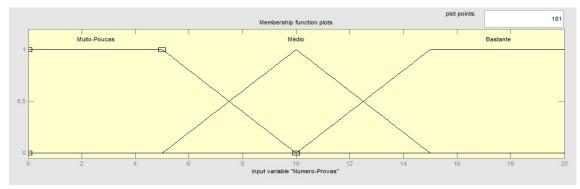


Figura 5: Conjunto fuzzy da variável número de provas.

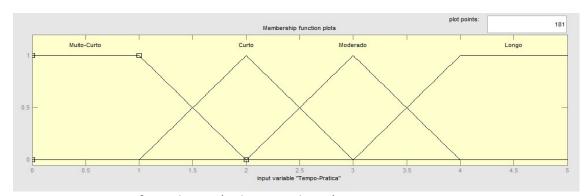


Figura 6: Conjunto fuzzy da variável tempo de prática.

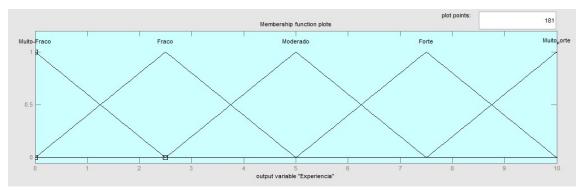


Figura 7: Conjunto fuzzy de saída do nível de experiência em corrida.

#### 4.2 Bancos de dados para o refinamento dos sistemas

Para refinarmos o primeiro sistema, foi utilizado um banco de dados hipotético composto de 30 casos que continham as variáveis frequência de treino e volume de treino. Cada caso da amostra foi avaliado pelos três especialistas de maneira independente a fim de comparar a qualidade da prática avaliada por eles com os resultados oferecidos pelo sistema *fuzzy* 1.

Na elaboração do segundo sistema, um novo banco de dados hipotético composto de 62 casos foi criado com os dados de número de provas, qualidade da prática e tempo de prática. Novamente, estes casos foram avaliados de maneira independente pelos três especialistas e comparados com os resultados fornecidos pelo sistema *fuzzy* 2.

Após esta etapa de refinamento dos sistemas do modelo, seguiu-se com a fase de avaliar o modelo com um banco de dados com casos reais de corredores.

O banco de dados real foi composto por 100 corredores de longa distância adultos de ambos os sexos (36±8 anos) da cidade de São Paulo avaliados por meio de uma entrevista com perguntas que contemplavam as variáveis de entrada do modelo: frequência de treino (3±1 vezes/semana), volume de treino (25,4±16,6 km/semana), tempo de prática (5,0±5,2 anos) e participação em provas (27±63 provas). Os critérios de inclusão para a participação foram: corredores de longa distância não federados sem tempo determinado de prática com idade entre 18 e 55 anos. Todos os participantes assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido aprovado pelo comitê de ética local (no. 030/15).

Os especialistas avaliaram cada caso do banco hipotético e real, fornecendo a sua opinião em uma Escala Visual Analógica (EVA) (Figura 8). Esta medida era então transformada em um número no intervalo [0,10] e este comparado ao valor fornecido pelo sistema *fuzzy* através de uma medida de correlação.

	Tempo de prática (anos)	Qualidade da prática	Número de provas	Experiência em corrida
1	2	3,41	<u>0</u>	
2	1	1,81	2	
3	1	5.	12	
4	4	1,81	12	
5	Z	5,91	30	
<u>@</u>	5.	0,8	12	

Figura 8: Representação do banco de dados real do sistema 2 com o campo para avaliação do especialista pela Escala Visual Analógica (EVA).

## 4.3 Avaliação da performance do modelo final

Como já mencionado anteriormente, não existe uma prova ou instrumento que seja padrão-ouro para a avaliação da experiência em corrida, assim, para avaliar a performance do modelo optou-se por realizar a correlação de Pearson entre a classificação fornecida pelo modelo e os resultados obtidos na avaliação feita pelos especialistas humanos em corrida em duas etapas.

Em uma primeira etapa de avaliação, esta correlação foi feita entre os resultados da avaliação realizada pelos próprios especialistas que participaram da elaboração do modelo.

Em uma segunda etapa, realizou-se a correlação com a avaliação feita por cinco novos especialistas que não participaram da elaboração do modelo. Estes especialistas eram também bastante experientes, treinadores e corredores, conforme descrição abaixo:

- i) Especialista 4: Formado em Educação Física. Técnico de corrida há 15 anos, corredor de provas de 5k, 10k e 21k, realizou cinco maratonas. Treina atualmente corredores de rua de 30 a 60 anos de diversos níveis de treinamento.
- ii) Especialista 5: Formada em Educação Física com especialização em Fisiologia do Exercício. Técnica de corrida há 11 anos, fez parte da equipe técnica do atletismo do clube Palmeiras. Praticou 10 anos de corrida tendo neste período participado de provas de 5k, 10k e 21k. Treina atualmente corredores de rua de fundo entre eles alguns ultramaratonistas.
- iii) Especialista 6: Formado em Educação Física, realizou curso de pós-graduação em fisiologia do exercício. Técnico de corrida há 13 anos. Corre 60k por semana há 16 anos, participa de provas de fundo e realizou 8 maratonas. Orienta uma Assessoria de corrida composta por 120 alunos sendo 5 em nível competitivo.
- iv) Especialista 7: Formado em Educação Física com pós-graduação em Biomecânica, Fisiologia do treinamento e MBA em Marketing. Técnico de corrida há 14 anos, tendo como público principal corredores de rua. Corredor

há 20 anos já realizou 15 maratonas e 4 ultramaratonas sendo duas vezes a Comrades.

v) Especialista 8: Professor Universitário titular do departamento de Educação Física da Universidade de São Paulo. Corredor há mais de 40 anos, participou de competições por 7 anos e foi técnico de atletismo por 3 anos.

Este segundo grupo de especialistas realizou duas formas de avaliação distintas em um banco de dados real com informações dos corredores coletados.

O banco de dados continha informações de um grupo de corredores: sobre o perfil do corredor (sexo e idade) e sobre a vivência em corrida (anos total de prática, tempo total efetivo de prática, volume e frequência do período de regularidade dos treinos, número de provas, orientação de técnico, tempo da última prova de 5k ou 10k).

A primeira forma de avaliação feita por estes cinco especialistas novos foi assertiva, onde eles tiveram a tarefa de classificar o corredor em uma entre quatro categorias diferentes de experiência: experiente, moderadamente experiente, pouco experiente e inexperiente. A segunda forma de avaliação foi quantitativa, em que a partir de uma escala visual analógica eles davam uma nota marcando um traço em uma reta com 10 centímetros, de acordo com o quanto experiente eles consideravam aquele corredor (como a avaliação feita pelo primeiro grupo de especialistas).

Realizamos algumas análises a partir dos resultados obtidos. Inicialmente analisamos o coeficiente de correlação de Pearson (r) entre as notas dos especialistas na escala visual analógica e de cada um com a nota do modelo *fuzzy*. Depois,

analisamos os resultados da performance do modelo por meio de gráficos de superfície, estes representam tridimensionalmente a relação de duas em duas variáveis de entrada do modelo e a correspondente variável de saída— qualidade ou experiência. Com esta análise verificamos a homogeneidade de distribuição destas variáveis e sua relação com a variável de saída.

Finalmente, analisamos por meio de uma análise de concordância Kappa o resultado da avaliação assertiva feita pelos novos especialistas comparada a uma classificação categórica dos escores do modelo por meio de uma divisão em quatro grupos, de acordo com a nota, da seguinte forma: corredores experientes aqueles com pontuação no modelo *fuzzy* final maior ou igual a 7 e menor ou igual a 10; corredores moderadamente experientes com pontuação menor que 7 e maior ou igual 5; pouco experientes com pontuação menor a 5 e maior ou igual a 2,5; e corredores inexperientes com pontuação menor que 2,5.

### 4.4 Resultados da avaliação da performance do modelo final

4.4.1 Primeira avaliação da performance do modelo - especialistas que desenvolveram o modelo

As tabelas 1 e 2 mostram os valores de correlação entre os avaliadores e a classificação dada pelo modelo. Os resultados do modelo (tabela 2) foram altamente consistentes com a avaliação dos especialistas em corrida (r>0,88, p<0,001), assim como houve consistência entre os especialistas.

Tabela 1: Valores de r da correlação de Pearson entre os especialistas e entre os especialistas e a classificação *fuzzy* do Sistema 1 - qualidade da prática.

	Especialista 1	Especialista 2	Especialista 3	Média
Especialista 1	1,000	0,849	0,693	-
Especialista 2	0,849	1,000	0,792	-
Especialista 3	0,693	0,792	1,000	-
Modelo	0,899	0,979	0,767	0,978

Tabela 2: Va	lores de r	da	correlação	de	Pearson	entre	OS	especialistas	е	entre	OS
esp	ecialistas e	e o S	istema 2 - r	ıíve	l de exper	riência	em	corrida.			

	Especialista 1	Especialista 2	Especialista 3	Média
Especialista 1	1,000	0,922	0,891	-
Especialista 2	0,922	1,000	0,907	-
Especialista 3	0,891	0,907	1,000	-
Modelo	0,878	0,916	0,902	0,928

Os gráficos de superfície representam o comportamento matemático da base de regras do modelo (Figura 9, 10 e 11). O eixo vertical é a variável de saída e os eixos horizontais são as variáveis de entrada correspondentes a cada gráfico.

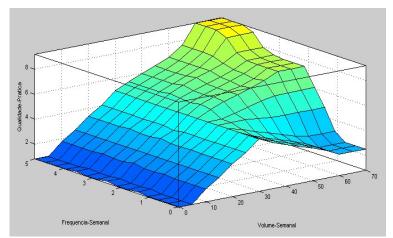


Figura 9: Gráfico de superfície representando a qualidade da prática baseada na frequência de treino e no volume semanal de treino.

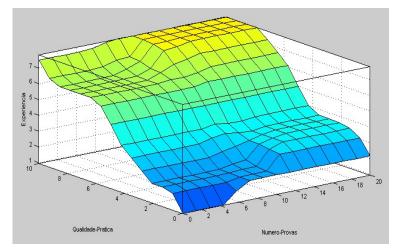


Figura 10: Gráfico de superfície representando o nível de experiência em corrida baseado na qualidade da prática e no número de provas realizadas.

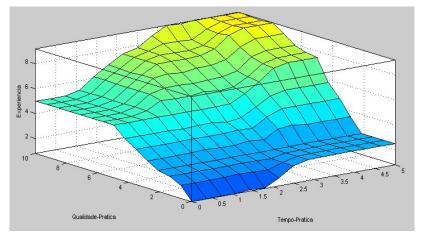


Figura 11: Gráfico de superfície representando o nível de experiência em corrida baseado na qualidade da prática e no tempo de prática.

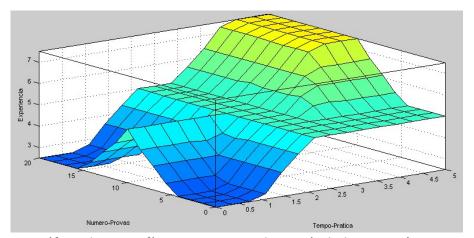


Figura 12: Gráfico de superfície representando o nível de experiência em corrida baseado no número de provas e no tempo de prática.

### 4.4.2 Segunda avaliação da performance do modelo - novos especialistas

A tabela 3 mostra os valores de correlação entre os cinco novos especialistas e entre os novos especialistas e o escore dado pelo modelo. Os resultados do modelo foram altamente consistentes com a avaliação dos cinco novos especialistas em corrida (r>0,86, p<0,001), assim como houve consistência entre estes especialistas (r>0,75, p<0,001).

Tabela 3: Valores de r da correlação de Pearson entre os cinco novos especialistas e entre os especialistas e o Sistema 2 – nível de experiência em corrida.

Correlação	Modelo	Espec 4	Espec 5	Espec 6	Espec 7	Espec 8
Modelo	1,000	0,950	0,858	0,863	0,872	0,860
Espec 4	0,950	1,000	0,856	0,885	0,866	0,842
Espec 5	0,858	0,856	1,000	0,851	0,775	0,745
Espec 6	0,863	0,885	0,851	1,000	0,827	0,805
Espec 7	0,872	0,866	0,775	0,827	1,000	0,896
Espec 8	0,860	0,842	0,745	0,805	0,896	1,000

A tabela 4 mostra os valores da concordância obtida por meio da análise dos coeficientes Kappa da avaliação assertiva em que os cinco novos especialistas classificaram corredores de um banco de dados em uma entre quatro categorias diferentes de experiência: experiente, moderadamente experiente, pouco experiente e inexperiente. Podemos observar uma concordância substancial (kappa=0,650) na classificação da categoria experiente, uma concordância pobre nas categorias intermediárias - moderadamente experiente (kappa=0,202) e pouco experiente (kappa=0,161) e uma concordância baixa tanto na categoria inexperiente

(kappa=0,365) quanto na concordância geral entre as classificações de todas as categorias (kappa=0,337).

Tabela 4: Valores da concordância Kappa entre a classificação de cada categoria feita pelos cinco novos especialistas e a concordância geral das classificações – categorização da experiência em corrida.

	Experiente	Moderadamente	Pouco	Inexperiente	Geral
		Experiente	Experiente		
Карра	0,650	0,202	0,161	0,365	0,337
P-valor	< 0,001	< 0,001	0,001	< 0,001	< 0,00

# 5 DESENVOLVIMENTO DE UMA PROVA PARA AVALIAR A CAPACIDADE DE CONTROLE DO RITMO DURANTE A CORRIDA

### 5.1 Construção da primeira prova de ritmo em corrida

O controle de ritmo foi uma variável descrita pelos especialistas como a mais importante discriminadora entre corredores experientes e não experientes. Green et al (2010) também descreveram que o controle de ritmo é uma característica marcante em corredores experientes. Assim, buscamos desenvolver uma prova para testar a capacidade do corredor em controlar seu ritmo durante a corrida e com isso nos aproximar de uma forma prática e também quantitativa de avaliar a experiência em corrida.

Tínhamos a meta maior de, com esse desenvolvimento, criar uma ferramenta que poderia servir como padrão-ouro para avaliação da experiência em corrida, já que não foi encontrado na literatura uma ferramenta utilizada e validada para tal objetivo. Caso desenvolvêssemos uma ferramenta que avaliasse de forma consistente e fidedigna a experiência em corrida, poderíamos usar essa classificação como parte da validação de nosso sistema *fuzzy* de apoio a decisão. Verificaríamos sua concordância com o escore dado pelo modelo *fuzzy*, bem como avaliaríamos a especificidade e sensibilidade de nosso modelo pela análise da curva ROC, utilizando esta metodologia para validação do modelo criado (Picon et al., 2012).

Duas provas que teriam como meta avaliar o controle do ritmo do corredor foram elaboradas pelos especialistas que desenvolveram o modelo *fuzzy* de experiência em corrida.

A primeira prova foi composta de dois testes com intervalo de três minutos entre eles e consistiam em executar cinco percursos (idas e voltas) de 200 m demarcados com cones numa pista de asfalto, totalizando uma distância percorrida de 1000 m. O objetivo dessa prova era que o corredor cumprisse cada teste em um tempo determinado baseado em seu último tempo de prova de 5 km ou 10 km, dependendo das provas que o corredor habitualmente realizava. No primeiro teste dessa prova, o ritmo estabelecido para o corredor atingir deveria ser 10% mais baixo do que o ritmo realizado na sua última prova e, no segundo teste, o ritmo deveria ser 20% mais baixo. Propôs-se em impor um ritmo diferente daquele em que o corredor estava acostumado para evitar que o corredor acertasse a meta de tempo imposta somente ao acaso. O tempo foi cronometrado a cada 200 m e no total obtínhamos 5 parciais. A distribuição do ritmo nestes trechos e ao longo da prova toda ficava a critério e cálculo do corredor e foi essa capacidade e desempenho que analisamos. Eles não podiam usar relógio ou GPS para esse cálculo e monitoramento dos testes.

Esta primeira prova foi realizada em dois locais: na Cidade Universitária e no Parque do Ibirapuera e participaram 100 corredores de longa distância, não federados, de ambos os sexos, com idade de 36±8 anos, frequência de treino de 3±1 vezes/semana, volume de treino de 25,4±16,6 km/semana, tempo de prática em corrida de 5,0±5,2 anos e uma frequência de participação em provas de 27±63 provas ao longo de seu tempo de experiência em corrida.

### 5.2 Construção da segunda prova de ritmo em corrida

Algumas dificuldades foram encontradas durante a primeira prova e após a análise de seus resultados, os especialistas propuseram o desenvolvimento de uma segunda prova para refinar a avaliação do controle do ritmo na corrida.

Foi discutido coletivamente em reuniões sistematizadas entre os especialistas que seria importante a padronização dos trechos percorridos pelos corredores na prova em substituição ao uso de cones na avenida de asfalto, o que deve ter dificultado o cálculo do ritmo na primeira prova, pois o corredor ficava restrito a um espaço reduzido de 100m de ida e volta e em um ambiente com grande movimentação e ruídos, além das irregularidades do piso. Assim, a segunda prova deveria ser realizada em uma pista de atletismo, garantindo a homogeneidade dos trechos, circuito, piso e ambiente.

Também foi discutido que esta nova prova deveria desafiar o corredor e não minimizar seu esforço, como foi a primeira prova. Dessa forma, definiu-se que o corredor deveria correr em um ritmo 10% mais forte do que ele havia corrido a última prova de 10 km ou 5 km, e não menor que seu ritmo. A primeira prova estabeleceu atingir ritmos menores (10% e 20% menores) pois se tinha o receio de extrapolar a capacidade fisiológica dos corredores recreacionais, e assim corríamos o risco de ter corredores não cumprindo a meta devido a limites de performance fisiológica ou metabólica e não por serem inexperientes. A partir do desafio de correr mantendo um ritmo mais rápido, verificaríamos melhor a percepção que ele tinha de seu ritmo, pois correr mais forte permite ao corredor ter uma sensação corporal melhor de seu

controle do ritmo. Além disso, a primeira prova era muito curta e talvez tenha dificultado o aquecimento e o corpo do corredor pode ter tido dificuldades em perceber e impor um ritmo desde o começo da prova.

Então também foi discutido pelos especialistas que esta nova prova deveria ter uma distância maior que os 1000 m estabelecidos na primeira. Optou-se por determinar 3200m, assim como Green et al. (2010) que estudou o ritmo em corredores estabeleceu, pois acreditava-se que essa seria uma distância suficiente para o corredor iniciar a imposição de seu ritmo e conseguir mantê-lo ainda durante os trechos intermediários e finais da prova.

Há uma descrição de um padrão em U de distribuição da velocidade nas provas de fundo (Lima-Silva et al., 2010) em atletas experientes, onde o corredor inicia e termina a prova em velocidades maiores do que o ritmo que mantem durante a maior parte do percurso. Buscou-se verificar esse padrão de desempenho em U nessa segunda prova, bem como verificar a concordância desse padrão com o escore *fuzzy* obtido no modelo.

Assim, a segunda prova desenvolvida foi composta por somente um teste que consistia em correr uma distância de 3200 m, totalizando 8 voltas em uma pista de atletismo, em um tempo previamente estabelecido. Antes de executar tal prova, o corredor aqueceu com duas voltas na pista (800m). O tempo para cumprir a prova foi estabelecido para que houvesse um desafio em cumpri-la e foi calculado um ritmo 10% mais forte do que o último tempo de prova dos 10 km ou 5 km, dependendo das provas que o corredor habitualmente realizava. A distribuição do ritmo durante a prova ficava a critério e cálculo do corredor e foi novamente essa capacidade e

desempenho que analisamos. O tempo foi cronometrado a cada 200m para identificar o ritmo, e no total obtivemos 16 parciais. E da mesma forma que na primeira prova, os corredores não podiam usar relógio ou GPS para esse cálculo e monitoramento durante a prova.

Ilustraremos o cálculo realizado para a meta de tempo da segunda prova com um exemplo. Um corredor que realizou uma prova de 10 km em 60 minutos, seu ritmo foi de 6 minutos por km, assim, ao realizar uma prova de 3200m (distância de nossa segunda prova) nesse mesmo ritmo de sua última prova de 10 km, ele concluiria em 19 minutos e 12 segundos. Como o desafio de nossa segunda prova era correr num ritmo 10% mais forte, o objetivo para este corredor seria ele concluir as 8 voltas na pista em 17 minutos e 17 segundos, o que corresponderia a um ritmo de 5 minutos e 24 segundos por km.

Esta segunda prova foi realizada no Centro de Práticas Esportivas da USP (CEPEUSP), na pista de atletismo e participaram 42 corredores de longa distância não federados, de ambos os sexos, com idade de 42±10 anos, frequência de treino de 4±1 vezes/semana, volume de treino de 40±32 km/semana, tempo de prática em corrida de 9±6 anos e uma frequência de participação em provas de 90±114 provas ao longo de seu tempo de experiência em corrida.

### 5.3 Métodos de análise da segunda prova de ritmo

De acordo com o que esperávamos encontrar nos resultados da prova de ritmo analisamos os seguintes critérios:

- i. Se os corredores atingiram a meta de tempo, ou seja, se cravaram ou não o tempo estabelecido para a prova, o que nos sugeriria que o corredor havia distribuído o ritmo de tal maneira que ao final teria cumprido o objetivo proposto, como esperado de um experiente.
- ii. Se os corredores apresentavam a distribuição de ritmo dentro de um padrão identificável. Para isso estudamos as parciais de velocidade a cada 200m com o objetivo de verificar se havia algum padrão na distribuição do ritmo ao longo da prova, como por exemplo o padrão em U de distribuição das velocidades parciais nos corredores experientes e a manutenção de velocidades constantes ao longo da prova nos inexperientes.
- iii. Os escores do modelo fuzzy de cada corredor comparados com o desempenho em atingir a meta e a sua distribuição do ritmo, de acordo com os critérios i e ii, e esse critério foi adotado para verificar se havia alguma concordância entre a classificação do modelo como mais ou menos experientes e o padrão do ritmo observado.
- iv. A velocidade média de cada corredor e a média de velocidade de cada grupo divididos categoricamente a partir da nota do nível de experiência de classificação dada pelo modelo fuzzy.

Os grupo de diferentes níveis de experiência foram divididos de acordo com o escore final do modelo *fuzzy*: grupo "experientes", com pontuação maior ou igual a 7 e menor ou igual a 10; grupo "moderadamente experientes", com pontuação menor que 7 e maior ou igual 5; grupo "pouco experientes", cuja pontuação era menor que 5 e maior ou igual a 2,5 e grupo "inexperientes", com pontuação menor que 2,5.

Realizamos uma análise pelo método de Bland e Altman (Giavarina, 2015), com base na quantificação da diferença entre as duas medidas de tempo dos corredores: "tempo obtido" (tempo total realizado pelo corredor na prova) e "tempo meta" (tempo que havíamos estipulado como objetivo para ser feito), e observamos a diferença média destes tempos e os limites de concordância com um intervalo de confiança a 95%. Esta análise é uma maneira simples de avaliar um viés entre as diferenças de tempo, e estimar um intervalo de concordância em que 95% das diferenças dos tempos estejam incluídas. O método só estabelece os limites, mas não diz se são aceitáveis ou não, isso fica a critério do pesquisador, com base na necessidade dos objetivos da análise proposta.

# 5.4 Apresentação e discussão dos resultados das análises da segunda prova de ritmo

Quanto à análise do critério i ("cravar a meta"), somente um corredor do grupo experiente, segundo o modelo, cravou a meta; outros dois corredores ficaram muito próximo do tempo estabelecido (abaixo de 10s de diferença com a meta), sendo um do grupo inexperiente e um do grupo moderadamente experiente. Estes três

corredores juntos correspondem a apenas 7% da amostra. Isso mostra que pouquíssimos corredores conseguiram atingir o objetivo proposto. Neste modelo de prova criado, cravar a meta proposta apresentou-se como um critério fraco para a determinação da experiência.

Foi possível identificar que o grau de acurácia em reproduzir os tempos solicitados não se relacionou com o nível de experiência dos corredores. Porém, os corredores classificados como experientes de acordo com o modelo, com exceção do que cravou o tempo e de outros três corredores, ultrapassaram o tempo estabelecido como meta, sendo estes aproximadamente 70% do grupo de experientes. Esse fato pode ser explicado pelo desafio imposto na prova desenvolvida, pois eles tinham que correr em um ritmo 10% mais forte do que em geral estavam acostumados a fazer. Analisando os diferentes grupos por experiência, para quem já corre em um ritmo forte (velocidades mais altas), fica ainda mais desafiador aumentar este ritmo como estabelecido pela prova, o que pode ter levado a grande maioria do grupo experiente a ultrapassar o tempo da meta estabelecida.

Quanto à análise do critério ii ("padrão do ritmo"), ao observarmos os gráficos de velocidade em relação aos trechos de 200m (figuras 13 e 14) de alguns sujeitos selecionados de diferentes níveis de experiência podemos concluir que a maioria dos corredores, inclusive os experientes pelo modelo, inicia a prova em um ritmo mais forte e vai perdendo velocidade ao longo da prova ou ainda atingem um ritmo e o mantém até o final, não conseguindo ter uma velocidade maior no início e no final, como esperado em casos de experientes (Green et al., 2010) (figura 13).

Alguns corredores mantiveram o ritmo constante do inicio ao fim da prova em diferentes níveis de experiência (figura 13). Para os corredores que já tem alguma experiência, isso pode corresponder a manter o ritmo que já é conhecido o que denotaria um desconhecimento de como distribuí-lo durante a prova, para os menos experientes, que em geral mantém velocidades mais baixas, pode significar uma falta de condição fisiológica para alterar o ritmo, e assim escolhem permanecer em um ritmo confortável por toda a prova, como visto na figura 13.

Essa análise do critério ii também nos permitiu identificar algumas distribuições de ritmo próximo ao que se considera típicas ao longo da segunda prova. Ao observarmos as curvas da distribuição da velocidade podemos concluir que alguns corredores apresentam uma tendência em iniciar e terminar a prova com velocidades maiores em relação a velocidade mantida durante a maior parte do percurso, o que caracterizaria uma distribuição do ritmo em forma de U ao longo dos 16 trechos de 200m (figura 14). Porém, contrariando as expectativas, não é possível identificar qualquer diferença entre corredores experientes e inexperientes, ou seja, em ambas as classificações pelo modelo *fuzzy* pode-se observar esse mesmo comportamento em alguns corredores (figura 14).

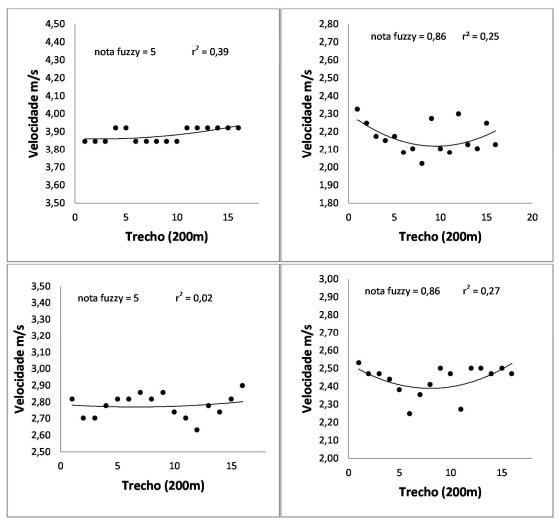


Figura 13: Gráficos da distribuição das velocidades em m/s de sujeitos que mantiveram mais constante seu ritmo ao longo da prova e a não correspondência deste fator com o escore *fuzzy*.

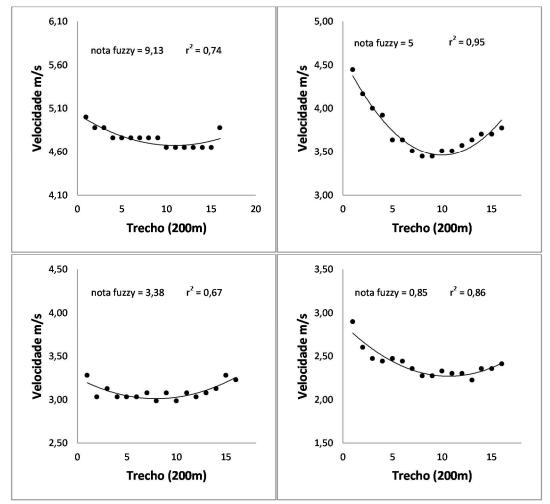


Figura 14: Gráficos da distribuição das velocidades de 4 sujeitos com padrão da curva de tendência do gráfico aproximando-se de um padrão em U, mas sem correspondência ao grupo de experiência.

Para avaliar o critério iii, utilizamos a divisão dos 42 corredores da segunda prova de ritmo de acordo com sua pontuação no modelo *fuzzy*, sendo que: 12 corredores ficaram no grupo experientes (nota *fuzzy* 10≥x≥7); 18 corredores no grupo moderadamente experientes (nota *fuzzy* 7>x≥5); 6 corredores no grupo pouco experientes (nota *fuzzy* 5>x≥2,5); e 4 corredores no grupo inexperientes (nota *fuzzy* menor que 2,5); 2 corredores foram excluídos da classificação por não terem informações necessárias para obter a nota no modelo *fuzzy*.

A análise do critério iii pelo método de Bland & Altman (Giavarina, 2015) representa na figura 15 a dispersão das diferenças entre os tempos obtidos e os tempos metas e a média dos tempos obtidos com os tempos estabelecidos para a prova. Podemos observar que corredores inexperientes (pontos amarelos) ultrapassam os limites de concordância do intervalo de confiança a 95% (linhas horizontais pretas superior e inferior), um para cima e um para baixo, o que mostra que um cumpriu a prova além do tempo estabelecido e outro abaixo do tempo estabelecido, sugerindo uma dificuldade em distribuir o ritmo como esperado e estabelecido.

Na figura 15, também podemos observar a velocidade média de cada sujeito junto ao ponto que os representa. As velocidades médias de cada grupo e seus respectivos desvios padrão foram: experiente (4,13m/s ± 0,63; 15,2% coeficiente de variação - CV), moderadamente experiente (3,42 m/s ± 0,74; 21,6% CV), pouco experiente (3,32 m/s ± 0,33; 9,9% CV) e inexperiente (2,42m/s ± 0,20; 8,3% CV). Com desafío imposto pela prova para o grupo experiente, esperava-se que aqueles que aproximaram seus tempos da meta fossem os corredores cujas velocidades fossem as menores. Porém, esse fato não foi observado. As velocidades atingidas no grupo experiente e moderadamente experiente foram tanto maiores quanto menores às velocidades esperadas e se afastaram da meta sem um padrão identificável. Observando o coeficiente de variação das velocidades dos grupos, notamos que os grupos com maiores experiências (experiente e moderadamente experiente) apresentam os maiores CVs, sugerindo um maior repertório para realizar variações de

velocidade durante a prova, o que também poderia ser esperado de corredores mais experientes.

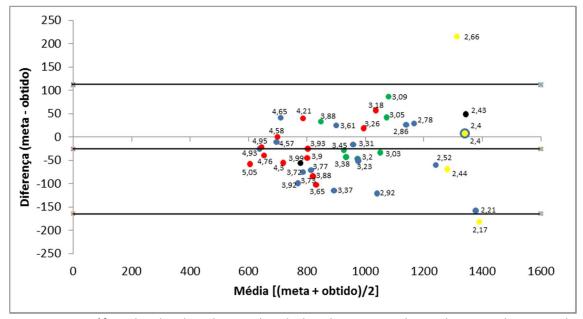


Figura 15: Gráfico de Bland e Altman dos dados de 42 corredores da segunda prova de ritmo, os números que aparecem no gráfico junto a cada ponto correspondem a velocidade média do corredor em m/s. A diferença entre o tempo que era a meta a ser atingida e o tempo total obtido corresponde ao eixo vertical e a média destes tempos (meta e tempo obtido) ao eixo horizontal, com a representação dos limites de concordância de -1,96\*desvio padrão a +1,96\*desvio padrão linhas horizontais pretas superior e inferior. Pontos vermelhos representam 12 corredores experientes (nota fuzzy 10≥x≥7); pontos azuis representam 18 corredores moderadamente experientes (nota fuzzy 7>x≥5); pontos verdes representam 6 corredores pouco experientes (nota fuzzy 5>x≥2,5); pontos amarelos representam 4 corredores inexperientes (nota fuzzy menor que 2,5). Os pontos pretos representam 2 corredores cuja nota fuzzy não foi possível ser obtida.

#### 6. DISCUSSÃO GERAL

Embora a teoria dos 10 anos de prática (Chase and Simon, 1973) para alcançar o nível de especialista em uma tarefa motora ou cognitiva ainda vigore, permanece incerto como se alcança tal experiência e quais fatores influenciam uma taxa de aquisição de experiência. Tendo como pressuposto a dificuldade de se classificar a experiência em corrida e a relevância para o conhecimento científico de se determinar os níveis de experiência de um corredor, definimos como objetivo principal do estudo o desenvolvimento de um sistema de apoio a decisão sobre a experiência em corrida em praticantes de longa distância não federados (recreacionais).

Devido a complexidade do fenômeno da classificação da experiência em corrida, optamos por adotar um paradigma que fugisse à lógica clássica, onde um fenômeno seria classificado dicotomicamente sem levar em conta as incertezas de identificação inerentes a essa característica que desejávamos estudar. Assim, optamos por construir um modelo de classificação da experiência utilizando a lógica *fuzzy*.

Um olhar inovador que avance no conhecimento para definir e classificar a experiência na corrida é uma contribuição valiosa para a área do treinamento, da aprendizagem motora e da biomecânica. Na área do treinamento é interessante poder contar com o conhecimento de especialistas através de um sistema de apoio a decisão que sistematize o conhecimento e assim permita utilizá-lo na classificação do nível de experiência do corredor durante a fase de avaliação pré prescrição de treino. Para a área de aprendizagem motora, essa sistematização e forma de classificação pode

contribuir com a análise mais aprofundada de quais fatores seriam importantes na aquisição da experiencia em corrida. Podemos destacar os fatores como frequência, volume e participação em provas, além do tempo de prática que contribuem para o alcance desse nível de experiência. Para a biomecânica, seria importante poder utilizar esta classificação para se chegar a uma divisão fundamentada de grupos de corredores de diferentes níveis de experiência e a partir disso compreender o que altera na mecânica da corrida de acordo com esse fator, que pode preponderar em relação a outro fator que se está estudando, como por exemplo o efeito da idade ou de um calçado na biomecânica da corrida.

O presente estudo desenvolveu um modelo utilizando a teoria dos conjuntos fuzzy para classificar a experiência em corrida, baseando-se no conhecimento de especialistas com vasta experiência e profundo envolvimento profissional com a corrida.

Atual e corriqueiramente, conta-se com o conhecimento de um técnico especialista quando se tem interesse em classificar o nível de experiência de um corredor já que este, considerando inúmeros fatores provindos de diversas formas de avaliação, inclusive de seu conhecimento tácito, faz o reconhecimento da experiência do praticante. Até o presente momento, não se teve conhecimento e acesso a um modelo matemático ou ferramenta quantitativa que classifique esse nível de experiência em corrida. No modelo *fuzzy* matemático desenvolvido neste estudo, sistematizamos esse conhecimento de especialistas em corrida, transformando-o em variáveis linguísticas, que por sua vez foram transformadas em conjuntos *fuzzy*, e por modelagem da teoria dos conjuntos *fuzzy*, foi possível automatizar a classificação do

nível de experiência do corredor recreacional para uso de qualquer profissional que necessite dessa informação para sua atuação junto ao corredor disponibilizamos esse modelo *fuzzy* para uso público.

Devido a alta consistência com o conhecimento de especialistas em corrida, mostrou-se uma importante ferramenta para o meio esportivo e da saúde, já que pode ser usado na alocação em níveis adequados de prática de atividade física de acordo com seu nível de experiência, bem como auxiliar a entender as mudanças biomecânicas de acordo com o nível de experiência e assim pode contribuir na prevenção de lesões nessa população (Nielsen et al., 2012).

O fenômeno avaliado carregava uma incerteza de identificação muito maior do que poderíamos imaginar. O controle do ritmo durante a prática da corrida foi o elemento principal elencado por todos os especialistas que caracterizaria um corredor experiente. Por isso, os especialistas elaboraram uma avalição do ritmo com o intuito de conseguir uma prova que classificasse a experiência dos corredores. Apesar da prova ter sido exaustivamente pensada e ter sido baseada em situações de treino ou comuns aos praticantes de corrida, como por exemplo a modalidade de treino intervalado em um ritmo mais forte do que a pessoa faz normalmente, não foi possível chegar em uma prova que diferenciasse corredores experientes de inexperientes somente baseado na análise do ritmo. Foi possível identificar algumas distribuições de ritmo típicas ao longo dos testes, como por exemplo iniciar e terminar o teste com velocidades mais altas, todavia, elas não se relacionaram com o nível de experiência dos corredores, o mesmo ocorreu entre o grau de acurácia em reproduzir os tempos solicitados e o nível de experiência. Os resultados da prova de ritmo não foram

capazes de diferenciar níveis de experiência em corrida, nem mesmo se eram ou não experientes, de acordo com o modelo desenvolvido.

Importante notar que os corredores classificados como experientes pelo modelo em sua maioria atrasaram o tempo meta estabelecido. Uma possível explicação para isso é de que a prova pode ter sido mais desafiadora para os experientes, pois em geral conseguem manter ritmos mais próximos de seus limites em uma prova, e como o tempo estabelecido foi baseado na última prova realizada, acredita-se que a meta estabelecida apresentou de fato um desafio a eles e que pode não ter expressado de fato a capacidade dos mesmos em controlar seu ritmo.

A ausência de relações significantes entre o modelo e o controle de ritmo pode ser atribuída ao segundo, já que não há consenso na literatura sobre qual seria um teste de ritmo objetivo, fidedigno e válido. O controle de ritmo por si já está imbuído de um grau de incerteza (várias combinações temporais levam ao mesmo resultado final) o que corrobora com a utilização da lógica *fuzzy* para o entendimento do fenômeno e demanda estudos específicos.

Foi concluído em consenso pelos especialistas em corrida a grande dificuldade em se mensurar este controle do ritmo no dia a dia e de forma prática, fácil e que pudesse ser incluída no modelo *fuzzy* de classificação da experiência em corrida. Então, os especialistas buscaram elencar quais seriam os fatores ou variáveis que contribuem para o desenvolvimento dos componentes fisiológicos e mecânicos que culminam na aquisição da capacidade de controlar o ritmo na corrida e consequentemente, ser experiente. Esses fatores elencados que interferem em como

o corredor adquire sua capacidade de controlar o ritmo da corrida, foram incluídos no modelo desenvolvido.

Assim como apresentado na literatura, o tempo de prática foi um dos fatores destacados como mais importante para a aquisição da experiência em corrida. É importante destacar que a aplicação do modelo permitiu identificar que um alto nível de experiência não está balizado pela "regra dos 10 anos de prática" pois, antes deste marco, os especialistas já conseguiram identificar corredores experientes, o que tem a ver com o tipo de atividade estudada aqui (a regra mencionada foi deduzida de estudos com atividades no domínio tarefas intelectuais). Isso indica que na corrida há outros fatores balizadores da experiência, como por exemplo a frequência, o volume de treinos e participação em provas.

O conjunto *fuzzy* "tempo de prática" (figura 6) definido pelos especialistas considerou como um longo tempo de prática acima de 4 anos de treino de corrida e, somado às outras variáveis linguísticas do modelo, poder-se-ia ter um corredor classificado no maior nível de experiência - "altamente experiente" - tendo praticado acima de 4 anos. Isso corrobora os estudos de Baker et al. (2003), Gallego et al. (2010) e Ericsson (2007) que também consideram que outros fatores além do tempo de prática são determinantes no alcance do nível de especialista em uma habilidade motora.

A presença de um técnico que oriente a prática e regule o volume e a frequência dos treinos, bem como a participação em provas, pareceu ser um fator bastante importante elencado pelos especialistas na otimização do ganho de experiência. No modelo, denominamos de "qualidade da prática" a relação entre o

volume e a frequência de treino que é estabelecida por um treinador e pudemos observar o quanto esta variável elaborada pelos especialistas tinha um peso ainda maior que o tempo de prática na definição do nível de experiência em corrida. Isso pode ser observado no gráfico de superfície que relaciona qualidade da prática com tempo de prática (Figura 11), pois mesmo tendo um tempo elevado de prática se o corredor não tiver uma qualidade adequada não se alcança um bom nível de experiência. Por outro lado, o modelo superestima a qualidade da prática para corredores que estão com menos de um ano de prática e que mantém um volume e uma frequência de treino altos, classificando estes corredores com um nível "moderadamente experiente".

A análise de correlação apresentada entre o modelo e os especialistas mostra que o modelo desenvolvido é capaz de classificar o nível de experiência em corrida do mesmo modo que o especialista humano. A boa correlação entre os especialistas mostra que há concordância para a avaliação da experiência do corredor quando se tem a informação das variáveis empregadas no modelo.

Na primeira avaliação da performance do modelo, obtivemos uma alta correlação entre a avaliação dos diferentes especialistas e entre os especialistas e a avaliação do modelo. O que em um primeiro momento poderia parecer algo óbvio e um resultado esperado já que o conhecimento destes especialistas foi adicionado ao modelo. Há dois fatores que corroboram com a força deste resultado: (i) o primeiro é a natureza matemática do modelo e (ii) o segundo é que só se sabe se os especialistas colocaram de fato o conhecimento no modelo quando avaliam os mesmos dados que o modelo avaliou. Particularmente em relação a esse segundo fator, os especialistas

avaliaram os mesmos dados que o modelo avaliou, mas sem saber a nota que o modelo atribuiu, e ao compararmos as notas do modelo com as notas atribuídas pelos especialistas, houve uma consistência grande entre o conhecimento que os especialistas têm e aquela que eles colocaram no modelo, demonstrada pela excelente correlação entre as notas. Assim, pode-se concluir que a performance do modelo é boa.

Na segunda etapa da avaliação da performance do modelo a menor correlação entre as avaliações dos novos especialistas com o modelo foi de 0,85 (tabela 3) o que é excelente e importante pontuar também que o comportamento da avaliação do modelo em relação aos especialistas foi muito semelhante ao comportamento dos especialistas entre si, assim podemos confirmar a representatividade do conhecimento dos especialistas no modelo.

Pudemos observar que quando os especialistas tiveram que decidir de forma categórica a qual classificação um determinado corredor pertencia, houve uma grande dificuldade em se dar um carimbo de experiente ou não para um corredor, ou mesmo em escolher entre quatro categorias de classificação (experiente, moderadamente experiente, pouco experiente e inexperiente). A concordância foi ruim entre eles e entre eles e o modelo (tabela 4), e esse resultado sugere que a natureza complexa dessa classificação de experiência em corrida torna a tarefa de categorização extremamente difícil, reforçando o caráter nebuloso (fuzzy) desse fenômeno que tratamos por meio de um modelo fuzzy.

Quando observamos as respostas dadas pelos cinco especialistas do segundo grupo, foi interessante constatar que a classificação nos extremos de categorias

(principalmente na categoria experiente) apresentou menor discordância entre um especialista e outro guando comparada com os níveis intermediários (moderadamente experiente e pouco experiente), o que nos indica que há uma incerteza menor em determinar quando um corredor é de fato experiente do que classificá-lo quando ele ainda está em níveis intermediários de experiência. Mas há de fato um importante nível de discordância entre estes novos especialistas, isso revela mais uma vez o quanto é difícil para eles realizar em uma categorização assertiva do nível de experiência de um corredor. O conhecimento envolvido é muito mais complexo do que poderíamos imaginar, sendo assim é muito difícil classificar um sujeito como experiente ou não na corrida. Então, quando há a possibilidade de dividir em mais de duas categoria permite ao avaliador graduar as informações acessadas e de alguma forma a tarefa fica mais plausível. Os especialistas também relataram preferir quatro classificações em relação a apenas duas, referindo-se a um processo muito rígido e até mesmo injusto. Quando se tem quatro categorias, minimiza-se o efeito da arbitrariedade ao classificar a experiência gerando mais consistência na escolha.

Contudo quando usaram uma escala visual analógica contínua (0 a 10) para então classificar a experiência do corredor, a concordância aumentou para quase 90% (tabela 3). Esse resultado nos sugere que não é que os especialistas não sabem classificar a experiência do corredor, mas eles só conseguem fazer essa avaliação dentro de um cenário mais contínuo e menos discreto, onde aumentam os graus de liberdade de escolha. Podemos até mesmo afirmar que esse fato reforça uma inadequação da escala de medida de experiência — ela é menos dicotomizada e mais

fuzzificada - do que de fato os especialistas conseguem expressar em conhecimento declarativo.

É importante salientar que isso evidencia mais uma vez a incerteza de identificação que está por trás do fenômeno e que a escala visual analógica mostrou-se uma ferramenta adequada para extrair do especialista a opinião dele e quando compara-se com o segundo grupo de especialistas, ela se mostra ainda mais eficaz do que categorizar a avaliação. Isso tudo corrobora o fato de termos escolhido um modelo com lógica fuzzy para representar a experiência e não com lógica clássica e nos leva a pensar que possivelmente a própria experiência seja um processo fuzzy, isto é, a maneira como cada corredor adquire experiência tem vários caminhos. O termo experiência foi dado como auto evidente na ciência e pouco se fez para caracteriza-lo formalmente. Será que a experiência é um questão de grau? Ou é tudo ou nada? O quanto da experiência é conhecimento declarativo, e o quanto é conhecimento tácito. Em sendo tácito, ou em parte tácito, a experiência entra em uma zona de incertezas para ciência tradicional já que o conhecimento tácito é pessoal, e num certo sentido, muito individual e pouco acessível à declaração e ao discurso a respeito.

Possuir uma ferramenta operacional de classificação de diferentes níveis de experiência de corredores e com isso permitir compará-los com confiabilidade é uma das grandes contribuições deste modelo *fuzzy* desenvolvido. Theisen et al (2014) afirmam que a experiência de longo prazo na corrida (anos de prática) não tem associação com risco de lesões, por outro lado diz que a prática regular recente (últimos 12 meses) tem efeito protetivo contra lesões em corredores. De acordo com nosso modelo, tanto os anos de prática, quanto o volume e a frequência de treino são

características importantes e complementares para se determinar o nível de experiência. Talvez a ausência de associação entre experiência em corrida e lesão observada por Theisen e colaboradores seja decorrente do uso apenas do fator anos de prática para determinar a experiência. Seria interessante se os autores pudessem utilizar a classificação do modelo *fuzzy* proposto na tentativa de evidenciar a associação do nível de experiência com lesão devido ao fato do modelo abordar a experiência de uma forma mais rica do que somente através dos anos de prática.

Alguns estudos ressaltam que existe a influencia das características inerentes ao indivíduo (características antropométricas, idade ou gênero) nos padrões cinemáticos adotados durante a corrida (Maurer et al., 2012). De acordo com Hoerzer et al. (2015), essas características podem se relacionar e gerar padrões de adaptações semelhantes entre diferentes indivíduos gerando "grupos funcionais". No entanto, nestes estudos não foram monitoradas as características de treinamento para a definição destes grupos funcionais. Em estudos futuros parece promissor verificar como o nível de experiência adquirido através da prática influencia nas adaptações biomecânicas dos corredores, uma vez que há indícios de que a experiência do indivíduo na habilidade motora seja um grande influenciador nas estratégias motoras que o atleta adota para executar a corrida.

O modelo *fuzzy* proposto, por concentrar o conhecimento de especialistas experientes em corrida, permite simplificar a avaliação e classificação de um corredor por profissionais menos experientes. A utilização do modelo é simples e é baseado em quatro variáveis obtidas facilmente sem a necessidade de métodos complexos ou

equipamentos sofisticados. O modelo apresentado é capaz de auxiliar a incerteza de identificação do nível de experiência de um corredor e quantificar esta experiência.

#### 7. CONCLUSÃO

O sistema de apoio a decisão *fuzzy* para classificação do nível de experiência do praticante de corrida de fundo mostrou-se consistente, como se pode depreender do grau de correlação do modelo com os julgamentos dos especialistas, e apto para identificar e classificar a experiência na corrida.

A sistematização da informação contida nesta ferramenta permite constatar que a qualidade da prática, a qual podemos entender como a combinação entre volume e frequência de treino, somada a participação em provas são complementares ao tempo de prática para adquirir experiência em corrida.

Não foi possível definir uma prova de ritmo que determinasse diferenças suficientes para distinguir corredores experientes dos não experiente.

# ANEXO 1 – APROVAÇÃO DA COMISSÃO DE ÉTICA PARA ANÁLISE DE PROJETOS DE PESQUISA



# **APROVAÇÃO**

O Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo, em sessão de 11/02/2015, APROVOU o Protocolo de Pesquisa nº 030/15 intitulado: "INFLUÊNCIA DA EXPERIÊNCIA NA PRÁTICA DELIBERADA DE CORRIDA NA BIOMECÂNICA DE CORREDORES RECREACIONAIS" apresentado pelo Departamento de FISIOTERAPIA, FONOAUDIOLOGIA E TERAPIA OCUPACIONAL.

Cabe ao pesquisador elaborar e apresentar ao CEP-FMUSP, os relatórios parciais e final sobre a pesquisa (Resolução do Conselho Nacional de Saúde nº 466/12, inciso IX.2, letra "c").

Pesquisador (a) Responsável: Isabel de Camargo Neves Sacco Pesquisador (a) Executante: Maria Isabel Roveri

Elleman.

CEP-FMUSP, 11 de Fevereiro de 2015.

Prof. Dr. Roger Chammas Coordenador Comitê de Ética em Pesquisa

Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Medicina e-mail: <a href="mailto:cep.fm@usp.br">cep.fm@usp.br</a>

### ANEXO 2 – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Projeto de pesquisa: INFLUÊNCIA DA EXPERIÊNCIA NA PRÁTICA DELIBERADA DE CORRIDA NA BIOMECÂNICA DE CORREDORES RECREACIONAIS
Eu,, concordo em participar da
pesquisa conduzida pelas Fisioterapeutas Maria Isabel Roveri e Andrea Naomi Onodera do Laboratório de Biomecânica do Movimento e Postura Humana do Departamento de Fisioterapia, Fonoaudiologia e Terapia Ocupacional, da Faculdade de Medicina, da Universidade de São Paulo e pelos treinadores Emerson Vilela, Nelson Evêncio e Vitor Tessutti. Os resultados, guardadas as devidas identificações e mantida a confidencialidade, serão analisados e utilizados única e exclusivamente para fins científicos.  Objetivo do estudo: Classificar a experiência do corredor de rua e investigar se há influencia da progressão da experiência no padrão motor dos corredores de rua.  Explicação dos Procedimentos:  Esta parte I consiste em duas etapas que serão realizadas preferencialmente uma em seguida da outra.  • Etapa I:O(a) senhor(a) será entrevistado através de um questionário sobre os seus dados pessoais, características de treino e prática da corrida;
<ul> <li><u>Etapa II:</u> O (a) senhor(a) participará de uma prova. Antes de iniciar a prova o Sr (a) deverá fazer 2 voltas na pista para aquecer (800m). Em seguida, o(a) Sr(a) fará uma prova na pista de atletismo que constará de 8 voltas totalizando 3200m. Deverá ser cumprida proporcionalmente em um tempo 10% mais rápido do que a prova de 10km ou 5km, ou calculada a velocidade considerando o equivalente a esta distância.</li> </ul>
Duração das duas etapas: Terá duração aproximada de 30 minutos.  Benefícios: O(a) senhor(a) irá contribuir no entendimento da prática da corrida e o(a) senhor(a) está ciente que este estudo poderá trazer benefícios para a população de corredores de rua.  Desconforto e risco: o experimento não será invasivo e não envolve qualquer risco à sua saúde física e mental, além dos riscos encontrados nas atividades normais da corrida.  Liberdade de participação: a sua participação neste estudo é voluntária, o sr(a) tem o direito de interrompê-la a qualquer momento sem qualquer prejuízo, e sua identidade não será revelada. O(a) senhor(a) tem o direito de fazer qualquer pergunta nos intervalos do experimento. Os pesquisadores se prontificam a responder todas as questões sobre o experimento. Sua participação neste estudo é de livre e espontânea vontade.  É seu direito manter uma cópia deste consentimento.
Assinatura do voluntário Assinatura do investigador  Data:

Mais dúvidas e esclarecimentos relacionados a este estudo, por favor, entrar em contato com Ft. Maria Isabel Roveri (11-997897374), e/ou Profa. Dra. Isabel de Camargo Neves Sacco (orientadora e coordenadora do Laboratório de Biomecânica). Rua Cipotânea, 51, Cidade Universitária, CEP: 05360-160, São Paulo, SP. Tel: 3091-8426. <a href="http://www.usp.br/labimph">http://www.usp.br/labimph</a>

#### 8. REFERÊNCIAS

Abernethy B, Thomas KT, Thomas JT. Strategies for Improving Understanding of [or Mistakes We Have Made and Things We Have Learned]. Cogn Issue Mot Expert. 1993;317–56.

Baker J, Horton S, Robertson-Wilson J, Wall M. Nurturing sport expertise: Factors influencing the development of elite athlete. J Sport Sci Med. 2003;2(1):1–9.

Chase WG, Simon HA. Visual Information Processing. Visual Information Processing. Elsevier; 1973

Ericsson KA. Acquisition and Maintenance of Medical Expertise: A Perspective From the Expert-Performance Approach With Deliberate Practice. Acad Med. 2015;90(11):1471–86.

Ericsson KA, Krampe RT, Teschromer C. the Role of Deliberate Practice in the Acquisition of Expert Performance. Psychol Rev. 1993;100(3):363–406.

Ericsson KA, Prietula MJ, Cokely ET. 01 The Making of an Expert The Making of an Expert. Harv Bus Rev. 2007;1–9.

Gallahue DL, Ozmun JC, Goodway JD. Compreendendo o Desenvolvimento Motor - 7ed: Bebês, Crianças, Adolescentes e Adultos. 2013

Gallego D I, García González L, García Calvo T, León del Barco B, Villar Álvarez F Del. Expertise development in sport: contributions under cognitive psychology perspective. J Hum Sport Exerc. 2010;5(3):462–75.

Giavarina D. Understanding Bland Altman analysis. Biochem medica. 2015;25(2):141–51.

Green JM, Sapp AL, Pritchett RC, Bishop PA. Pacing accuracy in collegiate and recreational runners. Eur J Appl Physiol. 2010;108(3):567–72.

Hardin EC, Van Den Bogert AJ, Hamill J. Kinematic Adaptations during Running: Effects of Footwear, Surface, and Duration. Med Sci Sport Exerc. 2004;(31):838–44.

Hodge T, Deakin J. Deliberate practice and expertise in martial arts: the role of context in motor recall. Vol. 20, Journal of Sport & Exercise Psychology. 1998. p. 260–79.

Hoerzer S, von Tscharner V, Jacob C, Nigg BM. Defining functional groups based on running kinematics using Self-Organizing Maps and Support Vector Machines. J Biomech.;48(10):2072–9.

Hoffman R. How can expertise be defined? Implications of research from cognitive psychology. Explor Expert. 1996;81–100.

Licata G. Probabilistic and *fuzzy* logic in clinical diagnosis. Intern Emerg Med. 2007;2(2):100–6.

Lima-Silva AE, Bertuzzi RCM, Pires FO, Barros R V., Gagliardi JF, Hammond J, et al. Effect of performance level on pacing strategy during a 10-km running race. Eur J Appl Physiol. 2010;108(5):1045–53.

Massad E, Ortega NRS, Struchiner CJ, Burattini MN. Fuzzy epidemics. Artif Intell Med. 2003;29(3):241–59.

Maurer C, Federolf P, von Tscharner V, Stirling L, Nigg BM. Discrimination of gender-, speed-, and shoe-dependent movement patterns in runners using full-body kinematics. Gait Posture. 2012; 36(1):40–5.

Nielsen RO, Buist I, Sørensen H, Lind M. 2012-Nielsen-Training errors and running related injuries- a systematic review. 2012;7(1):58–75.

Phillips E, Davids K, Renshaw I, Portus M. Expert Performance in Sport and the Dynamics of Talent Development. 2008;40(4):703–14.

Picon AP, Ortega NRS, Watari R, Sartor C, Sacco ICN. Classification of the severity of diabetic neuropathy: a new approach taking uncertainties into account using *fuzzy* logic. Clinics . 2012;67(2):151–6.

Shaw IS, Simões MG. Controle e modelagem *fuzzy*. FAPESP - Edgard Blucher; 1999

Theisen D, Malisoux L, Genin J, Delattre N, Seil R, Urhausen A. Influence of midsole hardness of standard cushioned shoes on running-related injury risk. Br J Sports Med. 2014;48(5):371–6.

Van Gent RN, Siem D, Van Middeloop M, Van Os AG, Bierma-Zeinstra SMA, Koes BW. Incidence and determinants of lower extremity running injuries in long distance runners: A systematic review. Sport en Geneeskd. 2007;40(4):16–29.

Wilder B. On the Run: A Physician's Perspective. J Orthop Sport Phys Ther . 2014;44(10):731–2.

Zadeh LA. Fuzzy Sets: Information and control. World Scientific; 1965