

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MODELAGEM COMPUTACIONAL

**MODELAGEM MATEMÁTICA DO MODELO  
COMPORTAMENTAL DE FOGG PARA AVALIAÇÃO DE  
PROCESSOS BASEADOS EM TECNOLOGIAS PERSUASIVAS**

por

Marcus Vinicius Freire Guimaraes

Dissertação para obtenção do Título de  
Mestre em Modelagem Computacional

Rio Grande, Maio, 2017.

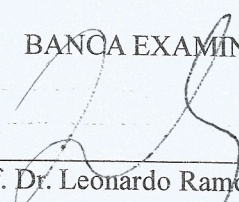
Marcus Vinicius Freire Guimarães

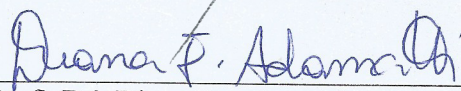
**“Modelagem Matemática do Modelo Comportamental de Fogg para Avaliação de Processos Baseados em Tecnologias Persuasivas”**

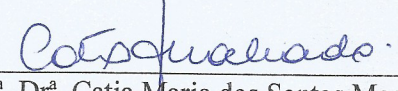
Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Modelagem Computacional da Universidade Federal do Rio Grande - FURG, como requisito parcial para obtenção do Grau de Mestre. Área concentração: Modelagem Computacional.

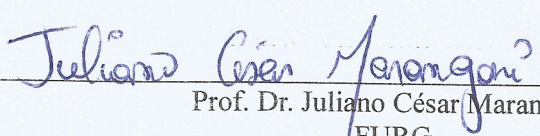
Aprovada

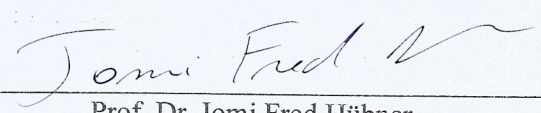
BANCA EXAMINADORA

  
Prof. Dr. Leonardo Ramos Emmendorfer  
Orientador – FURG

  
Prof. Dr. Diana Francisca Adamatti  
Coorientadora – FURG

  
Prof. Dr. Catia Maria dos Santos Machado  
FURG

  
Prof. Dr. Juliano César Marangoni  
FURG

  
Prof. Dr. Jomi Fred Hübner  
UFSC

Rio Grande - RS  
2017

# RESUMO

A área de tecnologia persuasiva emerge com a utilização de recursos computacionais como agentes atuantes na tarefa em promover a persuasão de usuários em sistemas computacionais com o objetivo de realizar uma mudança comportamental. Para que essa tarefa seja realizada de maneira satisfatória, diversos modelos de estudo comportamental podem ser implementados. Contudo, um modelo que está assumindo papel de destaque nessa área é o Modelo Comportamental de Fogg (FBM). Esse modelo empírico é capaz sintetizar a relação entre traços como Motivação, Habilidade e um estímulo denominado “evento gatilho” para favorecer a obtenção de um comportamento alvo. Entretanto, o FBM carece de uma demonstração matemática de suas propriedades, intrinsecamente latentes. Dessa forma, o presente trabalho preenche essa lacuna teórica definindo critérios matematicamente fundamentados para obtenção dos valores de Motivação, Habilidade, formação e posicionamento da curva limite de ativação comportamental ou linha de ação e as equações que definem as regiões de eventos gatilhos. Através de simulações baseada em agentes foi concluído que essa linha de ação deve ser dinamicamente alocada de acordo com a média harmônica do conjunto de dados. O correto posicionamento da curva forneceu um recurso para a identificação das observações contidas nas regiões correspondentes aos eventos gatilhos. Consequentemente, como contribuição técnica desse trabalho, foi desenvolvido um pacote para o ambiente estatístico R, denominado **fbmR** e uma aplicação desktop denominada *Persuasivo*. Esses recursos computacionais preenchem uma lacuna técnica na área pois fornecem o ferramental necessário para analisar dados provenientes de implementações de processos baseados em tecnologias persuasivas.

**Palavras-chaves:** Tecnologia Persuasiva, Modelo Comportamental de Fogg, Linha de ação Dinâmica, Persuasivo, fbmR.

# ABSTRACT

The area of persuasive technology emerges with the use of computational resources as agents on the task to promote user persuasion in computer systems with a behavior changing goal. For the accomplishment of this task, several model for behavioral study can be implemented. However, a specific model has been assuming important role on such area. The Fogg Behavior Model (FBM). This empirical model synthesizes the relation between Motivation, Ability and a stimuli, called Trigger, to promote the acquisition of a target behavior. However, the FBM lacks of mathematical demonstration of its intrinsic properties. Hence, this present work fulfills this theoretical void by defining mathematical formalization for both Motivation and Ability axis acquisition, formation and positioning for the Threshold Line as well the equations that defines all triggers. Throw agent based simulations result shown that the threshold line should not be fixed, but dynamically allocated based on the dataset Harmonic Mean. The proper action line placement results on a feature for classification of the data based on specific trigger region. Consequentially, as technical contribution, as developed a package for the statistical environment R, called *fbmR*, and a desktop application called *Persuasivo*. Those computational resources provides all necessary tools for data analysis based on persuasive technology implementations process.

**Palavras-chaves:** Persuasive Technology, Mathematical FBM, Dynamic Threshold Line, Persuasivo, fbmR.

# ÍNDICE

|       |                                                                             |     |
|-------|-----------------------------------------------------------------------------|-----|
| 1     | Introdução . . . . .                                                        | 8   |
| 1.1   | Relevância e Contribuições . . . . .                                        | 10  |
| 1.2   | Objetivos . . . . .                                                         | 11  |
| 1.2.1 | Objetivo Geral . . . . .                                                    | 11  |
| 1.2.2 | Objetivos Específicos . . . . .                                             | 11  |
| 1.3   | Organização do trabalho . . . . .                                           | 11  |
| 2     | Revisão Bibliográfica . . . . .                                             | 13  |
| 2.1   | Tecnologias Persuasivas . . . . .                                           | 13  |
| 2.2   | Modelos comportamentais . . . . .                                           | 15  |
| 2.2.1 | Modelo Estendido de Fishbein . . . . .                                      | 15  |
| 2.2.2 | Modelo Heurístico-Sistemático . . . . .                                     | 16  |
| 2.2.3 | Modelo ELM . . . . .                                                        | 17  |
| 2.2.4 | Modelo de Geller . . . . .                                                  | 18  |
| 2.2.5 | Princípios de Cialdini . . . . .                                            | 20  |
| 2.2.6 | Modelo Hook . . . . .                                                       | 22  |
| 2.3   | Modelo Comportamental de Fogg . . . . .                                     | 23  |
| 2.4   | Trabalhos Relacionados . . . . .                                            | 29  |
| 3     | Modelagem Matemática do FBM . . . . .                                       | 33  |
| 3.1   | Metodologia para obtenção dos dados . . . . .                               | 34  |
| 3.2   | Proposta de modelagem do eixo de Motivação . . . . .                        | 37  |
| 3.3   | Proposta de modelagem do eixo de Habilidade . . . . .                       | 40  |
| 3.4   | Generalização da modelagem dos eixos . . . . .                              | 42  |
| 3.5   | Processo gerador do conjunto de dados sintéticos . . . . .                  | 45  |
| 3.6   | Estudo da curva limite de ativação comportamental . . . . .                 | 45  |
| 3.7   | Identificação dos graus de Motivação e Habilidade . . . . .                 | 55  |
| 3.8   | Eventos Gatilhos . . . . .                                                  | 58  |
| 3.8.1 | Posicionamento dos eventos gatilhos . . . . .                               | 58  |
| 4     | Validação baseada em agentes . . . . .                                      | 62  |
| 5     | Aplicações . . . . .                                                        | 68  |
| 5.1   | Pacote fbmR . . . . .                                                       | 68  |
| 5.2   | Aplicação <i>Persuasivo</i> . . . . .                                       | 72  |
| 6     | Resultados e Discussão . . . . .                                            | 75  |
| 7     | Considerações Finais . . . . .                                              | 82  |
| 8     | Referências . . . . .                                                       | 84  |
| 9     | Apêndice . . . . .                                                          | 89  |
| 9.1   | Apêndice 1 - Código para geração dos dados sintéticos . . . . .             | 89  |
| 9.2   | Apêndice 2 - Código para simulação baseada em agentes . . . . .             | 92  |
| 9.3   | Apêndice 3 - Documentação das aplicações fbmR e <i>Persuasivo</i> . . . . . | 106 |

# LISTA DE FIGURAS

|                                                                                                                                                            |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1.1: Organização do trabalho . . . . .                                                                                                              | 12 |
| Figura 2.1: Captologia (Fogg, 2003) . . . . .                                                                                                              | 14 |
| Figura 2.2: Descrição esquemática do processo de comunicação persuasiva e rotas<br>central e periférica no ELM. Fonte: Adaptado de (Petty, 2009) . . . . . | 17 |
| Figura 2.3: Estágios e intervenções do Modelo de Geller. Fonte: Adaptado de (Yun,<br>2013) . . . . .                                                       | 19 |
| Figura 2.4: Estágios do Modelo Hook para formação de hábitos. Fonte: (Eyal, 2014) .                                                                        | 22 |
| Figura 2.5: Variáveis dos eixos M e A. Fonte: (Fogg, 2009a) . . . . .                                                                                      | 24 |
| Figura 2.6: Posição teórica da curva e eventos gatilhos Fonte: (Fogg, 2009a) . . . . .                                                                     | 25 |
| Figura 2.7: Comportamento alvo Fonte: (Fogg, 2009a) . . . . .                                                                                              | 26 |
| Figura 3.1: Processo de modelagem matemática. Fonte: (Kapur, 2005) . . . . .                                                                               | 33 |
| Figura 3.2: Processo para obtenção de dados. Fonte: (Law, 1991) . . . . .                                                                                  | 35 |
| Figura 3.3: Distribuição Uniforme na obtenção das variáveis do FBM. Fonte: O autor                                                                         | 37 |
| Figura 3.4: Obtenção do valor para Motivação. Fonte: O autor . . . . .                                                                                     | 39 |
| Figura 3.5: Obtenção do valor para Habilidade. Fonte: O autor . . . . .                                                                                    | 42 |
| Figura 3.6: Posicionamento dos valores para M e A. Fonte: O autor . . . . .                                                                                | 44 |
| Figura 3.7: Limite de ativação comportamental: Caso linear. Fonte: O autor . . . . .                                                                       | 46 |
| Figura 3.8: Simulações com diferentes tendências centrais: Caso linear. Fonte: O autor                                                                     | 47 |
| Figura 3.9: Curva limite de ativação comportamental: Curva teórica. Fonte: O autor .                                                                       | 48 |
| Figura 3.10: Curva teórica, posicionamento fixo. Fonte: O autor . . . . .                                                                                  | 49 |
| Figura 3.11: Posicionamento incorreto da curva de ativação comportamental: Critério<br>Fixo. Fonte: O autor . . . . .                                      | 52 |
| Figura 3.12: Curva de ativação comportamental posicionada em relação a média<br>harmônica. Fonte: O autor . . . . .                                        | 53 |
| Figura 3.13: Centro da função teórica. Fonte: O autor . . . . .                                                                                            | 54 |
| Figura 3.14: Comparação entre medidas de dispersão de dados de Motivação e<br>Habilidade. Fonte: O autor . . . . .                                         | 57 |
| Figura 3.15: Observações na região do evento gatilho <i>Faísca</i> . Fonte: O autor . . . . .                                                              | 59 |
| Figura 3.16: Observações na região do evento gatilho <i>Facilitador</i> . Fonte: O autor . . .                                                             | 60 |
| Figura 3.17: Observações na região do evento gatilho <i>signal</i> . Fonte: O autor . . . . .                                                              | 61 |
| Figura 4.1: Processo interativo entre agentes. Fonte: O autor . . . . .                                                                                    | 64 |
| Figura 4.2: Controle das variáveis do FBM no ambiente baseado em agentes. Fonte:<br>O autor . . . . .                                                      | 65 |
| Figura 4.3: Visualização da curva limite de ativação comportamental teórica e<br>dinâmica no ambiente baseado em agentes. Fonte: O autor . . . . .         | 66 |
| Figura 4.4: Ambiente baseado em agentes completo. Fonte: O autor . . . . .                                                                                 | 67 |
| Figura 5.1: Posicionamento da linha de ação no conjunto de dados resultante da<br>interação via agentes. Fonte: O autor . . . . .                          | 69 |

|                                                                                                                                                          |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 5.2: Identificação individual no gráfico e recomendação de evento gatilho.<br>Fonte: O autor . . . . .                                            | 69 |
| Figura 5.3: Identificação visual das observações do conjunto de dados em cada região<br>de evento gatilho. Fonte: O autor . . . . .                      | 71 |
| Figura 5.4: Configurações iniciais da aplicação <i>Persuasivo</i> . Fonte: O autor . . . . .                                                             | 72 |
| Figura 5.5: Análise dos dados na aplicação <i>Persuasivo</i> . Fonte: O autor . . . . .                                                                  | 73 |
| Figura 6.1: Comportamento dos valores obtidos para os eixos. Fonte: O autor . . . . .                                                                    | 75 |
| Figura 6.2: Comportamento dos valores obtidos para os eixos com distúrbio em uma<br>variável. Fonte: O autor . . . . .                                   | 76 |
| Figura 6.3: Comportamento dinâmico da curva centrada na média harmônica. Curva<br>em vermelho (dinâmica), curva em preto (FBM). Fonte: O autor . . . . . | 78 |
| Figura 6.4: Observações registradas por cada linha de ação. Proposta Fixa e Dinâmica.<br>Fonte: O autor . . . . .                                        | 79 |
| Figura 6.5: Distribuição das observações em região de gatilho <i>Faísca</i> e <i>Facilitador</i><br>com curva dinâmica. Fonte: O autor . . . . .         | 80 |
| Figura 6.6: Oito passos para implementação de projetos persuasivos. Fonte: Adaptado<br>de (Fogg, 2009b). . . . .                                         | 81 |

## LISTA DE TABELAS

|                                                                                    |    |
|------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabela 2.1: Utilização do FBM na literatura . . . . .                              | 30 |
| Tabela 3.1: Contribuição das variáveis na formação do eixo de Motivação . . . . .  | 38 |
| Tabela 3.2: Contribuição das variáveis na formação do eixo de Habilidade . . . . . | 40 |

# LISTA DE ABREVIATURAS

FBM Fogg Behavior Model

# 1 INTRODUÇÃO

A constante evolução computacional faz com que a utilização de recursos computacionais aplicados à diversas áreas do conhecimento favoreçam o rápido desenvolvimento de teorias e consequentemente, tornem-se importantes ferramentas para a implementação e continuidade de projetos que envolvam dimensões elevadas e análises cada vez mais complexas.

A sociedade atual está na era da informação e da tecnologia (Rahman, 2016). O desenvolvimento tecnológico faz com que dados sejam produzidos instantaneamente por diversas fontes e como consequência disso, o processo de transformação dessa informação em conhecimento pode ser utilizada em benefício da sociedade.

Com isso, o estudo de modelos matemáticos que sejam capazes de prever e descrever o comportamento de indivíduos envolve elevados custos, no ponto de vista da coleta de dados. Entretanto, com a correta modelagem, robustos algoritmos computacionais são capazes de simular essas interações sociais (Edmonds, 2008).

Dessa forma, a redução nos custos de implementação do experimento, validação do modelo e respostas em tempo muito mais hábil através de análises estatísticas, garantem que o procedimento simulado possa ser utilizado e condizente com uma realidade experimental esperada.

Em virtude disso, a implementação de estudos que viabilizem a interação humana pode resultar em um árduo processo. Portanto, adotar procedimentos que representem computacionalmente tais interações pode agilizar o processo reflexivo.

Logo, a modelagem computacional caracteriza-se por ser uma área interdisciplinar onde a meta é promover abordagens matemáticas, estatísticas e computacionais para o desenvolvimento de modelos e ferramentas capazes de representar o comportamento de fenômenos e sistemas relevantes enquanto objetos de estudo científico, transitando e dialogando com diferentes áreas do conhecimento e, consequentemente, adotando metodologias para o estudo e descrição no intuito de promover a compreensão de fenômenos mais complexos.

Exemplo dessa aplicabilidade é a área de Tecnologias Persuasivas (Fogg, 2003), sendo essa descrita como entidades computacionais atuantes como agentes na persuasão comportamental. Vale lembrar que diversos modelos para o estudo comportamental com abordagem persuasiva podem ser encontrados na literatura, tais como o Modelo de Fishbein, Modelo de Geller, Princípios de Cialdini, entre outros.

Entretanto, um modelo baseado no estudo comportamental que se destaca no auxílio a tomada de decisão em ambientes persuasivos é o FBM (*Fogg Behavior Model*, ou Modelo Comportamental de Fogg).

É ressaltado, porém, que um modelo é uma representação de um objeto, sistema ou ideia em alguma forma outra que não a própria entidade (Shannon, 1975). A utilização de modelos comportamentais caracterizam uma abordagem que visa o melhoramento de determinadas técnicas através do acompanhamento do comportamento de um indivíduo de maneira descritiva. Em virtude dessa avaliação é possível consequentemente estabelecer relações preditivas a respeito

de seu comportamento.

Essa entidade analisada pode ser o usuário de um determinado sistema computacional, e assim, os dados coletados através da utilização do próprio sistema podem servir como base para o estudo comportamental.

De posse do conjunto de dados, uma vez realizada a análise e compreendendo o comportamento desse indivíduo, diversas ações podem ser tomadas pelo agente de interesse. Essas ações podem proporcionar uma melhor qualidade na alimentação e controle do peso (Azar, 2013), promover o estudo de redução de velocidade em jovens condutores (Bergmans, 2013), ensinar procedimentos em caso de desastres naturais (Tsai, 2015), elevar a confiança e relações interpessoais (Hongqi, 2013), entre outros.

A análise de dados de comportamento através de recursos computacionais tornou-se uma opção viável devido a sua aplicabilidade, interesse na obtenção de conhecimento e facilidade de coleta de dados através de meios digitais. Dependendo do objeto e critério de estudo, é possível elaborar novos métodos para garantir que o ambiente persuasivo proposto esteja em melhor sintonia com o comportamento do usuário e dessa forma desenvolvendo um sistema mais específico e capaz de assegurar a efetiva persuasão do usuário.

Essas implementações caracterizam utilização de sistemas computacionais baseado em perfis persuasivos. Perfis persuasivos são coleções de estimções de efeitos esperados de diferentes princípios de influência para um indivíduo, e não de forma coletiva (Kaptein, 2015). Porém, tais sistemas podem adotar tanto uma abordagem explícita quanto implícita de coleta de dados para calibrar o ambiente na obtenção da persuasão de seu usuário.

Contudo, mesmo antes de um experimento com colaboradores reais para o objeto de estudo, pesquisadores podem simular a interação dos usuários através de um ambiente computacional (Edmonds, 2008). Com essa prática, é visível a redução de custos e delimitação do problema de uma maneira bem mais rápida através da utilização da computação.

Assim, a influência e contribuição da computação na produção científica atual é de grande importância e necessidade. Sem esses recursos, o tempo de produção, análise e interpretação de resultados aumentaria significativamente. O propósito do estudo em tecnologias persuasivas está em auxiliar no entendimento e contribuir com a mudança de comportamento dos usuários de um determinado serviço, em diversas áreas do conhecimento.

Com a criação de tecnologias persuasivas e consequentemente a implementação de sistemas persuasivos, torna viável a coleta de dados, podendo ser realizada de maneira quase automática. O estudo de mudança de comportamento através de modelos comportamentais para avaliação de processos persuasivos torna-se cada vez mais precisa e rápida a análise, execução e implementação.

Dessa forma, o estudo da mudança de comportamento, aliado aos recursos computacionais robustos, emergem para auxiliar usuários a ter uma vida mais saudável, segura e consequentemente mais produtiva.

Sendo assim, o presente trabalho visa contribuir com uma abordagem que transita entre o estudo teórico e aplicação prática do Modelo Comportamental de Fogg (FBM), possibilitando

a utilização desse modelo com um maior grau de certeza quando utilizado em um conjunto de dados, assim maximizando a interpretação de dados provenientes de implementações persuasivas.

## 1.1 Relevância e Contribuições

O FBM vem sendo utilizado como referência em diversas pesquisas<sup>1</sup> visando o estudo do comportamento de indivíduos baseados em persuasão aliadas a dispositivos de caráter tecnológico. Entretanto, atualmente é caracterizado e utilizado como um modelo empírico, capaz de auxiliar na tomada de decisão em processos baseados em tecnologias persuasivas.

Não foram encontrados na literatura estudos referente a análises das propriedades matemáticas do modelo no que diz respeito ao estudo do processo geral para formação dos eixos assim como obtenção e localização da curva limite de ativação comportamental. Esses dois itens são elementos essenciais para implementação do modelo. Dessa maneira, foi possível perceber que a utilização do FBM ocorre como este é apresentado, a um nível guia e comparativo, relacionando dados de um experimento à linha teórica proposta pelo FBM através de critérios *ad-hoc*.

A carência de uma modelagem matemática do FBM esconde a importância em compreender a contribuição de cada variável, que constitui o processo de formação de cada eixo do modelo, e não apenas a atribuição de valores motivacionais e de habilidade como pretexto justificativo para a implementação de gatilhos na tentativa de persuadir o indivíduo.

A contribuição desse trabalho está em estabelecer a relação matemática coerente no processo de obtenção do grau de Motivação e Habilidade, além do estudo da curva limite de ativação comportamental, seu posicionamento em relação ao conjunto de dados e sua relação intrínseca com eventos gatilhos, visto que essas, são questões em aberto na literatura.

Posteriormente, a validação do processo formal obtido a priori será conduzida via simulação baseada em agentes. Essa etapa visa verificar, devido a aleatoriedade da interação entre agentes, se a modelagem matemática proposta esta condizente com valores esperados quando aplicados a processos assim como validar o posicionamento da curva limite de ativação comportamental.

Por fim, os dados provenientes da simulação entre agentes, servirão como base para estudo e implementação de um pacote para o ambiente estatístico R<sup>2</sup> que desenvolvido, também nesse trabalho, para análise de dados provenientes de processos baseados em tecnologia persuasiva.

Esse ambiente estatístico é uma das principais ferramentas livres utilizadas na área estatística computacional e dessa forma, a contribuição teórica desse trabalho, resultará em uma ferramenta aplicável, que poderá ser utilizada em diversas áreas do conhecimento que necessitem de um suporte computacional, baseado na teoria de Fogg para o estudo de processos baseados em tecnologias persuasivas de maneira mais acurada.

---

<sup>1</sup>Vide Seção 5. Revisão Bibliográfica.

<sup>2</sup>R é uma linguagem de programação e um dos principais ambientes livres para desenvolvimento de estatística computacional. Disponível em <http://www.r-project.org> (R CRAN, 2016).

## 1.2 Objetivos

### 1.2.1 Objetivo Geral

- Formalizar as propriedades matemáticas do Modelo Comportamental de Fogg e validá-las através interações baseada em agentes.

### 1.2.2 Objetivos Específicos

- Decompor e estabelecer uma relação matemática entre as variáveis e a formação dos eixos de Motivação e de Habilidade.
- Estabelecer um critério de formação e posicionamento da curva limite de ativação comportamental.
- Estabelecer um critério para o identificação dos eventos gatilhos.
- Validar a modelagem matemática proposta através de simulação baseada em agentes
- Desenvolver um pacote para o ambiente estatístico R, para análise de dados provenientes de implementações persuasivas.
- Desenvolver uma aplicação desktop para análise de dados provenientes de implementações persuasivas.

## 1.3 Organização do trabalho

Essa pesquisa visa contribuir com uma abordagem teórica da utilização do modelo comportamental de Fogg formalizando as propriedades matemáticas intrínsecas desse modelo empírico, e consequente validação da modelagem proposta e desenvolvimento de uma ferramenta computacional para implementação em situações que necessitem de avaliação, segundo a teoria de Fogg, em processos baseados em tecnologias persuasivas.

Na seção *Revisão Bibliográfica*, serão apresentados os conceitos abordados nesse trabalho como as Tecnologias Persuasivas, Captologia, o Modelo Comportamental de Fogg, além dos trabalhos relacionados a utilização do FBM.

Dessa forma, uma vez verificadas as lacunas presente na literatura, a metodologia para essa dissertação segue o fluxo de trabalho descrito na Fig.1.1.

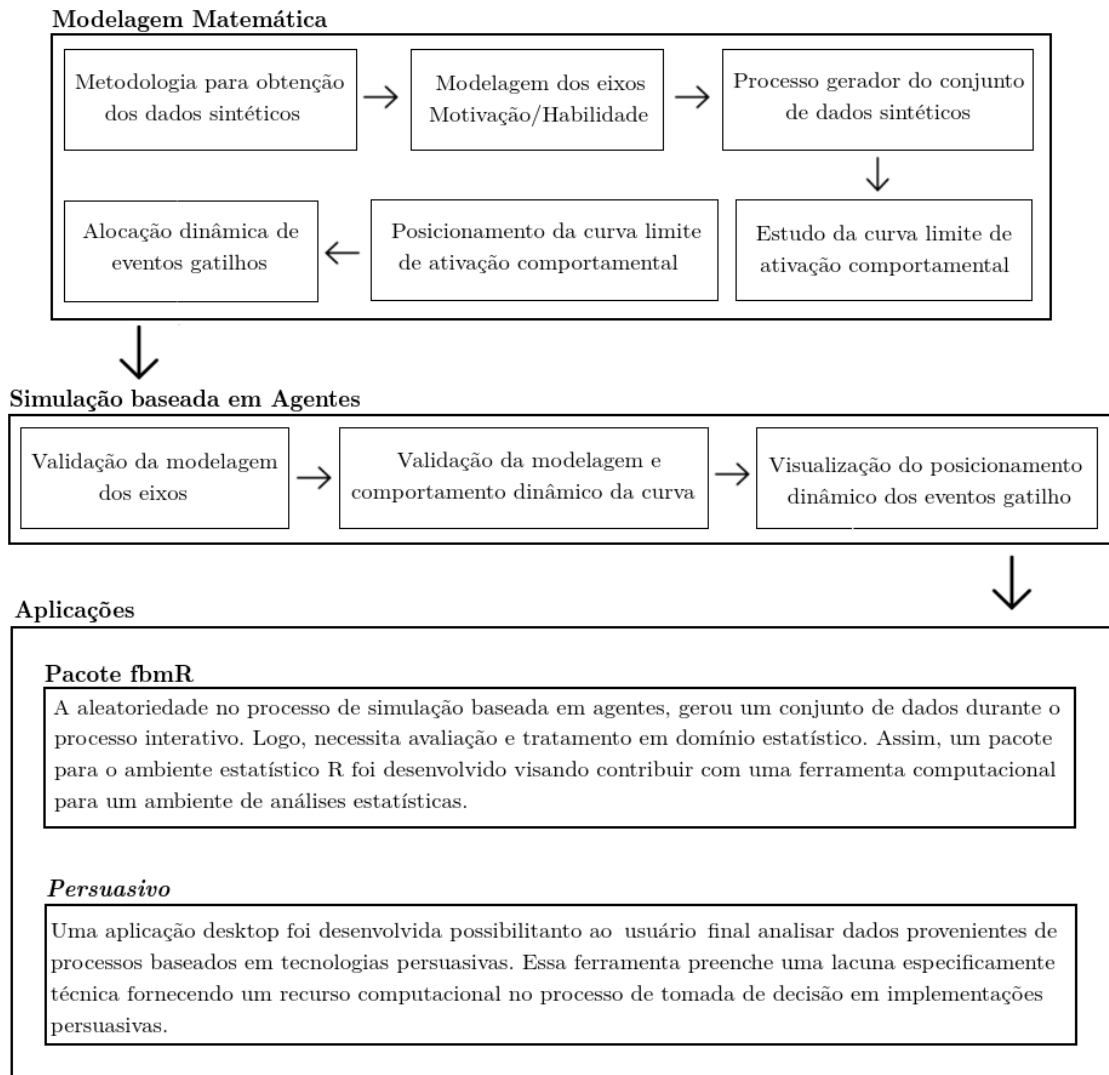


Figura 1.1: Organização do trabalho

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Tecnologias Persuasivas

Comportamentos são respostas ou escolhas a estímulos que nos fazem seguir objetivos ou nos afastar dos nossos medos (Silva, 2014). Na sociedade atual, a tecnologia desempenha um papel importante e dessa forma, com a correta utilização de recursos computacionais é possível analisar e propor estímulos comuns a comportamentos de indivíduos e assim predizer suas escolhas, analisar tendências e, conseqüentemente, persuadi-los.

Persuasão é definida como a habilidade de induzir crenças e valores em outras pessoas para influenciar seus pensamentos e ações (Hogan, 2004). O poder persuasivo da tecnologia pode passar despercebido ou completamente invisível em nosso cotidiano. Entretanto, essa prática esta sendo utilizada com mais frequência em diversas áreas da sociedade atual (Larson, 2014).

Estratégias de persuasão são amplamente utilizadas pelos profissionais do marketing para convencer as pessoas a comprar os produtos que eles anunciam (Silva, 2014), assim como toda propaganda, independentemente da mídia na qual é veiculada, utiliza princípios de persuasão como elemento base, com maior ou menor intensidade (Hogan, 2004). Um exemplo direto esta na sugestão de itens de compra, fornecendo assim ao usuário de um determinado serviço de venda *on-line* a comprar mais, e muitas vezes sem a real necessidade, mas apenas como impulso momentâneo, estimulado por fatores minuciosamente alocados na página de venda.

Outra maneira silenciosa de persuadir o usuário está na manipulação de conteúdo no *news-feed*<sup>3</sup> de notícias do Facebook. Através de simples mensagem positivas ou negativas é possível fazer com que o usuário absorva e reproduza, inconscientemente, o comportamento que está sendo absorvido (Kramer, 2014). Dessa forma, fica evidente como a tecnologia, aliada a uma boa intenção, torna-se uma ferramenta de persuasão do comportamento do usuário.

Entretanto, persuasão não possui definição única, e em algumas existentes são inclusive contraditórias. Mesmo assim, é possível encontrar teorias distintas nos campos da retórica, da psicologia, do marketing entre diversas outras áreas (Insaurriaga, 2012).

Aristóteles, um dos principais pensadores sobre o assunto, definia a retórica como a arte de determinar como persuadir em qualquer situação. Gregos estudavam formas de falar em público com o intuito de influenciar as ações de seus ouvintes. Hoje, com o domínio da tecnologia, é compreensível sua utilização como um instrumento de persuasão.

A partir das pesquisas realizadas na área da psicologia social, publicitários e profissionais de marketing investigaram sistematicamente o funcionamento da influência, desta vez com fins comerciais, no intuito de alavancar as vendas das empresas através da propaganda (Insaurriaga, 2012).

Com isso, a tecnologia persuasiva é definida como qualquer sistema computacional interativo que seja projetado para alterar atitudes ou comportamentos de um indivíduo (Fogg,

---

<sup>3</sup>Timeline ou linha do tempo. Local onde as mensagens de outros usuários podem ser visualizadas, compartilhadas, comentadas e/ou curtidas.

2003). Nesse contexto, o termo captologia surge como sinônimo de tecnologia persuasiva, e é um acrônimo dos termos Computadores como Tecnologias Persuasivas, do inglês *Computer As Persuasive Technology*. Assim, um dispositivo computacional pode ser objetivamente persuasivo ou conter elementos capazes persuadir seu usuário.

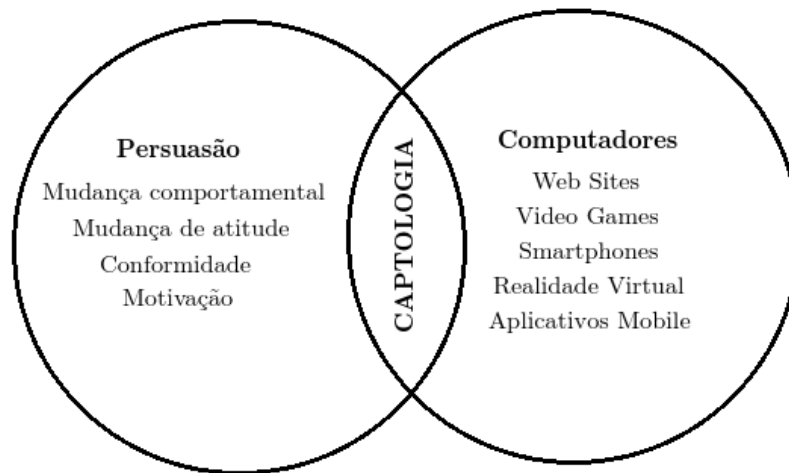


Figura 2.1: Captologia (Fogg, 2003)

É importante distinguir a persuasão da manipulação. A persuasão implica em uma mudança voluntária por parte do indivíduo, e por outro lado, a manipulação entra no campo da enganação. Enquanto a persuasão procura mudar comportamentos para beneficiar a ambos, persuasor e persuadido, através de estratégias específicas para induzir pessoas a adotar comportamentos diferenciados (Hogan, 2004), a manipulação beneficia apenas o persuasor (Silva, 2014).

Para o estudo da captologia, são consideradas apenas mudanças de atitude e comportamento pretendidos pelos projetistas de produtos de tecnologia interativa (Fogg, 2003). Essa restrição é importante ser definida, pois possíveis ações colaterais podem aparecer. Exemplo disso são os videogames, que podem levar as crianças gradualmente a diminuir sua interação social de maneira presencial. Porém, estes resultados são efeitos colaterais involuntários (Insaurriaga, 2012), assim, não foram planejados durante o desenvolvimento da ferramenta de persuasão.

Nesse contexto, os computadores não foram projetados com o propósito de persuasão. Seu desenvolvimento foi baseado para a manipulação de dados envolvendo cálculos, armazenamento e recuperação (Hillard, 2010).

Durante a década de 1970, surgiram os primeiros sinais do uso de tecnologia como objeto de persuasão. O sistema de informática BARN – *Body Awareness Resource Network* (Rede de Recursos de Consciência Corporal). Este projeto tinha como objetivo ensinar adolescentes sobre questões de saúde como fumo, drogas, exercícios físicos, etc. com foco na melhoria de comportamento dos adolescentes (Fogg, 2003).

Com a popularização da Internet e seu potencial de contato com diversos públicos das mais diversas áreas, a tecnologia persuasiva teve seu salto, com a proliferação de *web sites* projetados

visando mudar atitudes e comportamentos de seus usuários. Um *web site* de vendas, por exemplo, tenta persuadir a todo momento, oferecendo sugestões baseadas nas preferências dos usuários, coletadas durante visitas prévias e através de comentários de outros consumidores que compraram os mesmos produtos (Insaurreaga, 2012).

As técnicas de persuasão são mais efetivas quando são interativas, pois permitem aos persuasores ajustarem suas táticas de influência durante a evolução da situação. Máquinas não se cansam e não ficam frustradas com reações negativas, portanto podem persistir indefinidamente além do fator anonimato. Além disso, em algumas situações é mais fácil obter informações de forma anônima, por meio de um sistema, do que por outro ser humano (Fogg, 2003).

Assim, o desenvolvimento de um ambiente computacional capaz de avaliar dados de usuários de um determinado serviço torna-se uma ferramenta útil para o estudo de tecnologias persuasivas. Nesse contexto, o modelo comportamental proposto por Fogg, viabiliza a implementação de eventos gatilhos em busca de resultados mais persuasivos para a obtenção de um comportamento alvo.

A utilização de eventos gatilhos precisos e eficientes, garantem que o comportamento pode ser alcançado com maior eficiência. O presente trabalho visa através do correto posicionamento da curva limite de ativação comportamental, estabelecer um critério para a disposição de eventos gatilhos.

## 2.2 Modelos comportamentais

Um modelo pode ser definido como um esquema abstrato para representação de um fenômeno (Michaelis, 2016). Consequentemente, comportamento é definido como a ação de comportar-se, ou um conjunto de reações observadas em um indivíduo em seu meio social (Michaelis, 2016).

Assim, um modelo comportamental é a representação do conjunto de reações de um sujeito. A interpretação correta desse modelo pode fornecer informações do indivíduo observado assim como propiciar a predição de novos resultados baseados em um comportamento alvo.

Diversos modelos e processos podem ser empregados para o estudo da persuasão e promover a mudança comportamental em ambientes de ação tecnológica. Essa seção apresenta um breve resumo dos principais métodos capazes de auxiliar nessa tarefa, sendo esses apresentados em ordem cronológica.

### 2.2.1 Modelo Estendido de Fishbein

O modelo estendido de Fishbein consiste em um processo resultante da interação entre três fatores. Essencialmente, comportamento é resultado de consequências, expectativas e suas respectivas avaliações. Aplicado para o estudo comportamental principalmente na área de marketing, sua característica principal frente aos demais modelos é seu detalhado estudo abordando aspectos matemáticos e estatísticos dos elementos que constituem o modelo (Ryan, 1975).

Esse modelo é uma adaptação da teoria controle proposicional de Dulany <sup>4</sup> assim como a teoria cognitiva de aprendizagem verbal. O modelo é descrito por:

$$B \approx BI = [Aact]w_0 + \left[ \sum_{j=1}^k NB_j MC_j \right] w_1 \quad (2.1)$$

Onde  $B$  é o comportamento resultante,  $BI$  é o comportamento intencional,  $Aact$  é a atitude para realizar uma tarefa específica,  $NB$  é a influência normativa, ou seja, o senso comum a respeito da tarefa a ser executada,  $MC$  é a motivação em concordar ou não com as expectativas do coletivo.  $w_0$  e  $w_1$  são fatores empíricos de ponderação do comportamento.

O interesse na utilização desse modelo entre avaliações no comportamento, principalmente de clientes, reside no fato de que o modelo integra atitude e influência normativa do indivíduo quando relacionado ao comportamento. Além disso, o modelo é capaz de explicar e prever o comportamento através de avaliações em intenções não comportamentais como mediador.

### 2.2.2 Modelo Heurístico-Sistemático

Esse modelo apresenta características que explicam de maneira direta e compreensiva um determinado processo persuasivo. Diferente de outras abordagens, seu principal conceito é considerar uma mensagem com potencial persuasivo como pertencente dois modos: um que requer mais esforço por parte do agente receptor, e outro que a mensagem é absorvida quase que automática (Chaiken, 1980).

Contudo, enfatiza que indivíduos tendem a processar uma mensagem com maior qualidade quando sua motivação e habilidade são elevadas. Quando tal cenário ocorre, a mensagem é classificada como sistemática (Kruglanski, 2007). Assim, o modelo considera dois tipos de processamento da mensagem persuasiva:

- **Heurístico:** O processamento heurístico exige menos esforço para que a mudança de atitude seja alcançada. No lugar de realizar uma avaliação elaborada, essa rota utilizada uma abordagem mais intuitiva que favoreça a realização da tarefa de maneira simplificada por parte do indivíduo.
- **Sistemático:** O processamento sistemático requer uma dedicação maior por parte do indivíduo, visto que a mensagem persuasiva é analisada por parte do agente receptor. Contudo, essa abordagem não resulta em mudança de comportamento se o sujeito não apresentar motivação e habilidade para processar o conteúdo da mensagem de maneira concreta.

Uma abordagem utilizando o Modelo Heurístico-Sistemático tenta cobrir algumas simplificações metodológicas em um processo de avaliação persuasiva quando, por exemplo, não tem-se

---

<sup>4</sup>A Teoria de Dulany consiste em uma rede de preposições sobre o efeito de parâmetros em respostas verbais (Van Lange, 2011).

tempo hábil para realizar uma análise concisa do tema, ou existe alguma limitação de conhecimento por parte do agente receptor.

Com isso, uma abordagem heurística visa "simplificar" a condição de realização da tarefa, para que seu conteúdo seja transmitido, recebido e conseqüentemente com seu devido processamento por parte do agente receptor, possa ser implementado uma abordagem mais concreta através de procedimentos sistemáticos.

Contudo, por ser um modelo que mescla um pensamentos sistêmicos aplicados a processos heurísticos, não apresenta uma formulação matemática, apenas conceitual.

### 2.2.3 Modelo ELM

O Modelo ELM (*Elaboration Likelihood Model* ou Modelo de Elaboração de Verossimilhança, livre tradução) proposto na década de 80 por Richard E. Petty e John Cacioppo consiste em um modelo cognitivo interessado não no desenvolvimento de habilidades inexistentes mas sim no processo de alteração de atitudes presentes no indivíduo através da persuasão. Surgiu com o propósito de solucionar conflitos na interpretação da persuasão presente na literatura (Petty, 1986) e é diretamente decorrente do modelo Heurístico-Sistemático.

Amplamente utilizado nas áreas de Marketing e Publicidade, o modelo transita por duas rotas que visam promover a obtenção da mudança de atitude, uma periférica e outra central (O'Shaughnessy, 2004). A Figura 2.2 mostra o comportamento de uma mensagem e seu relacionamento com o modelo ELM.

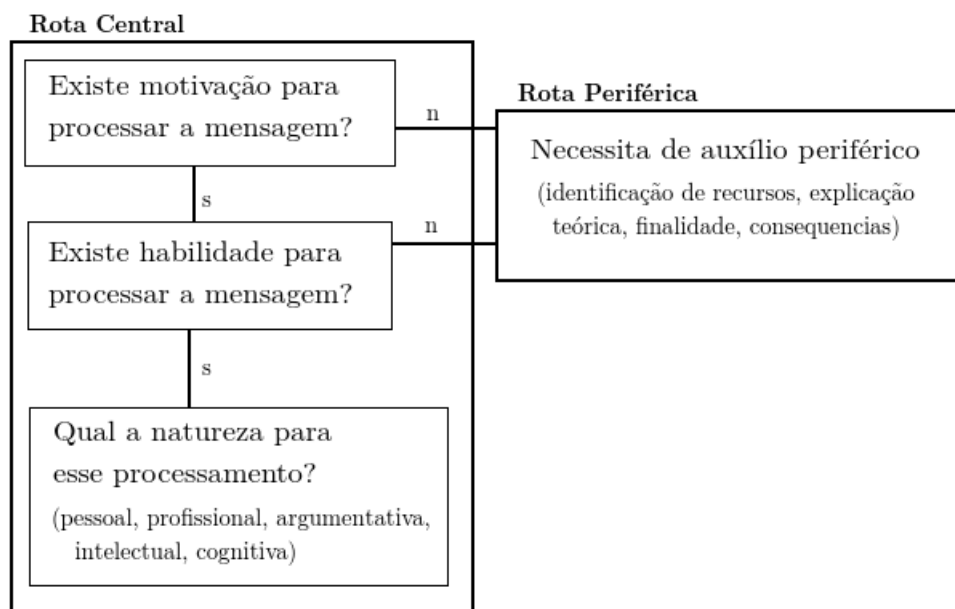


Figura 2.2: Descrição esquemática do processo de comunicação persuasiva e rotas central e periférica no ELM. Fonte: Adaptado de (Petty, 2009)

A rota periférica relaciona-se a persuasão como uma atitude de curto prazo de aceitação e duração. Esta baseada fortemente no que é mais socialmente aceitável.

Por outro lado, a rota central, consiste em um relacionamento persuasivo de longo prazo. Visto que a atitude resultante emerge através de reflexão sob a informação recebida. Essa rota não apenas pode garantir uma mudança na atitude do indivíduo, como também, por ser reflexo de um processo de amadurecimento intelectual da mensagem, pode acarretar em uma mudança de crença (O'Shaughnessy, 2004).

Dessa forma, não apenas a atitude pode ser alterar, mas a própria forma como o indivíduo acredita no que está realizando. A escolha por uma rota central assume que a audiência alvo possui grau de motivação e habilidade para processar a informação enviada pelo agente persuasor.

Com isso, de acordo com o modelo ELM o indivíduo deve estar motivado e capaz de processar a mensagem centralmente. Caso esse critério não seja satisfeito, é necessário que o processamento da mensagem, por parte do agente persuasor, seja realizada de maneira periférica (Witte, 2001). A importância na obtenção de uma atitude proveniente de um processamento centralizado está no fato de que essa via promove uma mudança de longo prazo e estável visto que corrobora com questões intrínsecas ao indivíduo.

#### **2.2.4 Modelo de Geller**

O modelo de Geller para mudança comportamental consiste em um processo abordando quatro estágios de ações e três tipos de intervenções, que contribuem para que o indivíduo avance sucessivamente para o próximo estágio até que alcance o comportamento alvo (Geller, 2002) definido no contexto de aplicação do problema.

Esse modelo é utilizado principalmente na área de sustentabilidade, quando essa estiver diretamente relacionada em aplicações baseadas em tecnologias persuasivas (Yun, 2013). O modelo de Geller assume três critérios para sua correta implementação:

- O progresso do indivíduo para o estágio seguinte em busca do comportamento idealizado é realizado de maneira linear.
- Sendo linear, o fluxo é contínuo e o progresso não retorna ao estágio anterior.
- O indivíduo avaliado possui compreensão plena do procedimento e do comportamento alvo, adotando um critério de avanço dicotômico.

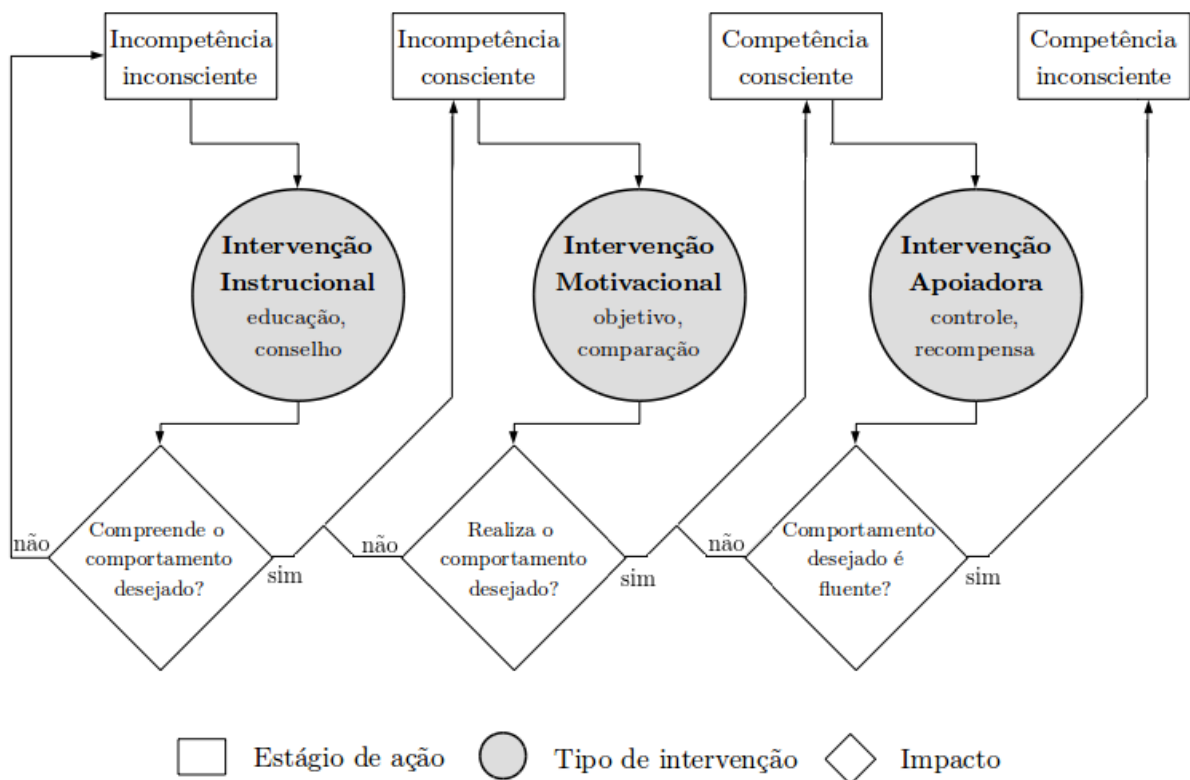


Figura 2.3: Estágios e intervenções do Modelo de Geller. Fonte: Adaptado de (Yun, 2013)

Os quatro estágios de ações são classificados por:

- **Incompetência inconsciente:** Processo na qual o sujeito desconhece suas habilidade necessárias para a realização da tarefa.
- **Incompetência consciente:** O indivíduo reconhece suas limitações para a realização do procedimento.
- **Competência consciente:** O sujeito possui conhecimento de suas habilidades para colaboração no procedimento a ser realizado.
- **Competência inconsciente:** O indivíduo desconhece ser capaz de realizar determinada ação, entretanto tem plenas condições de executá-la.

Consequentemente, as intervenções são classificadas como:

- **Instrucional:** Esse tipo de intervenção auxilia o indivíduo a compreender seu papel no processo que visa ser realizado, através de conselhos, atividades educadoras ou de monitoramento.
- **Motivacional:** Mesmo que o sujeito perceba seu papel no processo, isso não é garantia que suas atitudes sejam alteradas. Para isso, recursos que motivem o indivíduo a realizar ou iniciar um procedimento de mudança é apresentado nessa etapa. Simples ações

como comparações, definição de objetivos e engajamento com a causa, podem favorecer o desenvolvimento de um hábito.

- **Apoiadora:** Fatores motivacionais são efetivos mas temporários (Yun, 2013). Assim, para que a mudança seja mantida os comportamentos devem ser constantes. Para isso, procedimentos de recompensa, reconhecimento, controle e principalmente comunicação com o sujeito, são fundamentais para que seus hábitos sejam consistentes e, assim, seja alcançado o comportamento desejado.

Com esses procedimentos, é possível estabelecer uma política de implementação que viabilize o progresso do indivíduo até a obtenção plena do comportamento alvo. Nota-se que não é caracterizado como um modelo quantitativo, mas sim um conjunto de procedimentos conceituais. A definição correta dos estágios de ação e intervenções que são o cerne do modelo de Geller, e devem ser devidamente planejados de acordo com a proposta a ser implementada, visando assim maior sucesso na obtenção da mudança do comportamento no processo persuasivo de interesse.

### 2.2.5 Princípios de Cialdini

Estes princípios consistem em sete técnicas de influência capazes de intrinsecamente estabelecer uma relação cognitiva com o sujeito receptor e dessa forma propiciar a ação persuasiva (Cialdini, 2006).

Dessa maneira, quando o agente persuasor atua de acordo com algum princípio estabelecido, a característica explorada visa maximizar a obtenção da influência. Os princípios estão classificados como:

- **Contraste:** Essa característica está relacionada ao fato comparativo presente no sujeito. Uma tarefa pode ser relativamente "simples" quando realizada após uma tarefa mais difícil. Essa comparação ocorre quase que de maneira automática e assim, utilizando-a corretamente, é possível direcionar o indivíduo ao comportamento alvo.
- **Reciprocidade:** Este princípio afirma que indivíduos estão mais dispostos a realizar alguma tarefa quando lhes é oferecido algo em primeiro lugar. Assim, a condição de reciprocidade torna-se latente e consequentemente explorando-a é possível condicionar um hábito em busca de um comportamento.
- **Consistência:** Indivíduos tendem a realizar atividades que estejam, de alguma forma, relacionadas e consistentes com seus hábitos e comportamento prévio. Dessa maneira, a proposta a ser realizada tende a acontecer naturalmente e sem nenhum conflito interno de valores.
- **Autoridade:** De acordo com este princípio, a autoridade do agente emissor da mensagem é um fator determinante relacionado a credibilidade de seu conteúdo. Tende-se

intrinsecamente assumir que informações provenientes de um sujeito hierarquicamente superior é uma fonte mais segura. Consequentemente, essa característica pode ser utilizada contra o indivíduo de tal modo que um emissor com maior autoridade conduza o sujeito ao comportamento idealizado.

- **Validação Social:** A correta utilização desse princípio assegura que indivíduos tendem a seguir um comportamento coletivo. Em busca de uma inclusão em determinado meio social, é natural assumir o comportamento estabelecido por esse. Dessa maneira, tendências comportamentais são criadas no comércio, onde a marca do momento é capaz de fazer pessoas consumir seus produtos, mesmo sem necessidade, mas apenas para ser incluída nesse coletivo.
- **Escassez:** A disponibilidade de determinado objeto, situação ou serviço faz com que seja atribuído valor a esse. Assim, quanto mais raro foi tal item, mais impulsivamente o sujeito tende a agir. Essa prática é frequentemente vista em venda de produtos e serviços *on-line*, onde comumente é possível encontrar a frase “restam apenas 2 itens” ou “últimas vagas”. Tais frases geram um sentido de urgência, e através de um impulso o sujeito tende a fazer a aquisição do que está sendo oferecido.
- **Atração:** Esse princípio estabelece que indivíduos estão mais dispostas a concordar com aqueles de quem gostam ou possuem alguma relação afetiva. Com isso, tem-se o comportamento de fãs, que seguem as tendências ditadas por seus ídolos, pois acabam se considerando “similares”. Quando utilizado de maneira adequada, esse princípio pode resultar em eficientes práticas persuasivas, visto que age diretamente no emocional do agente receptor. Não por acaso, é fortemente utilizado na publicidade.

Esses princípios podem ser utilizados de maneira combinada ou conforme a necessidade em busca do comportamento alvo exija. Assim, essas técnicas de influência propostas por Cialdini são fundamentais para o entendimento do comportamento do indivíduo pois são respostas a estímulos intrínsecos (Simons, 2011). Consequentemente, sua correta utilização favorece, inicialmente uma mudança temporária de hábito, através de apelos emocionais, racionais e lógicos. Por conseguinte, a constância desses hábitos devem levar o sujeito ao desenvolvimento de um comportamento duradouro.

### 2.2.6 Modelo Hook

Um dos modelos mais recentes, proposto em 2014 por Nir Eyal é o Modelo Hook, que consiste em um processo conceitual de quatro fases dedicado especificamente a trabalhar com eventos gatilhos para formação de hábitos comportamentais no agente receptor (Eyal, 2014). A Figura 2.4 demonstra o ciclo de manutenção do modelo:



Figura 2.4: Estágios do Modelo Hook para formação de hábitos. Fonte: (Eyal, 2014)

O *gatilho* presente no Modelo Hook é um atuador comportamental e pode ser categorizado como externo ou interno. Por gatilho externo considera-se eventos capazes de despertar algum interesse no agente receptor. Por outro lado, um gatilho interno é intrínseco ao sujeito. Uma resposta emocional pode ser um gatilho interno, quando associado a uma fotografia (gatilho externo).

O processo de *ação* consiste literalmente em agir a partir do gatilho. Esse condicionamento não caracteriza um comportamento, mas pode resultar em um processo que levará o sujeito ao desenvolvimento de algum hábito.

Consequentemente, o processo de *recompensa variável* está associado ao grau de satisfação e realização que o indivíduo demonstra ao realizar determinada ação em função dos gatilhos definidos. Esse processo, intuitivamente gratificante, serve como base para o passo seguinte.

Através de um processo circular, o comportamento passa para a realização de uma ação por parte do indivíduo de modo que esse seja devidamente recompensado e dessa maneira, sinta-se satisfeito com o resultado.

A etapa final do modelo é denominada *Investimento* e serve como base para um processo retroalimentado capaz de definir um próximo gatilho e sucessivamente atingir a meta comportamental. O investimento está associado ao processo condicional estabelecido pelo indivíduo quando esse associa que para determinada ação, recebe algo em troca e sente-se motivado para realizar novamente. Esse processo repetitivo, condiciona o sujeito ao desenvolvimento de um hábito, que consequentemente pode levar a um comportamento.

## 2.3 Modelo Comportamental de Fogg

O modelo comportamental de Fogg, FBM, (Fogg, 2009a), destaca-se no contexto de aplicabilidade em processos baseados em tecnologias persuasivas. Proposto pelo Dr. B.J. Fogg <sup>5</sup> consiste em duas dimensões de dados correspondentes ao grau de Motivação e de Habilidade de um indivíduo arbitrário e uma curva limite de ativação para a mudança do comportamento assim como a implementação de eventos gatilhos capazes de promover a mudança comportamental.

Contudo, cada modelo descrito anteriormente aborda determinados critérios e apresentam lacunas em outros conceitos. Assim, por ser um modelo capaz de sintetizar Motivação, Habilidade e eventos gatilhos, o FBM vem se destacando como um suporte no processo de avaliação do comportamento quando aplicado em ambientes de tecnologias persuasivas, visto que aborda a combinação desses elementos característicos para a compreensão do comportamento e da persuasão.

Entretanto, sua demonstração formal através de critérios não subjetivos, é uma lacuna na literatura. Dessa maneira, suas propriedades são explicadas e exemplificadas pelo próprio Fogg de forma lúdica. A contribuição desse trabalho está no âmbito quantificar a teoria do FBM por uma perspectiva das ciências exatas, abordando a demonstração das propriedades matemáticas intrínsecas do FBM.

Caracteriza-se por ser um modelo empírico pois esse é resultado de experiências pessoais e por meio de erros e acertos sem a necessidade de fundamentação de postulados metodológicos. É prático, porém sem relação metódica ou teórica (Gravira, 2013). Contudo, é a estrutura para se chegar ao conhecimento científico.

A palavra motivação tem origem do latim *movere*, que significa mover, um propósito para ação, logo a motivação invoca um comportamento energético. Nesse contexto, a atual noção de motivação esta relacionada a comportamentos intrínsecos e extrínsecos. Por motivação intrínseca, associa-se a comportamentos com propósito próprio, ou seja, o indivíduo decide motivar-se por questões e valores próprios. Por outro lado, uma motivação extrínseca caracteriza-se pela associação de elementos e agente externos ao indivíduo. Seja esse alguma espécie de recompensa, aceitação ou opinião externa (Wright, 2007).

A Habilidade pode ser definida como qualquer competência que possa ser sensivelmente avaliada (Cooper, 2015). Assim, pode ser alguma capacidade mental, física ou fatores que promovam a obtenção dessas faculdades. É um conceito abstrato que se refere às capacidades encontradas ou aprendidas em indivíduos que sejam capazes de desempenhar alguma atividade (Howe, 2005). No contexto do FBM, quanto maior a habilidade do indivíduo, mais facilmente poderá ser implementada uma técnica para persuadi-lo.

Considerando individualmente cada eixo componente do FBM, tem-se que a Motivação é um valor resultante de seis variáveis. Analogamente, o eixo correspondente ao grau de Habilidade

---

<sup>5</sup>B.J. Fogg professor e responsável pelo laboratório de pesquisas em tecnologias persuasivas na Stanford University, EUA.

do indivíduo também apresenta uma relação entre seis variáveis.

Nesse trabalho, será investigado o processo de obtenção dos valores para os graus de Motivação e Habilidade adotando um critério que leve em consideração todas as variáveis proposta por Fogg que consistem na base de formação de cada eixos. A Figura 2.5 demonstra as duas dimensões de dados do FBM assim como as variáveis relacionadas a cada eixo.

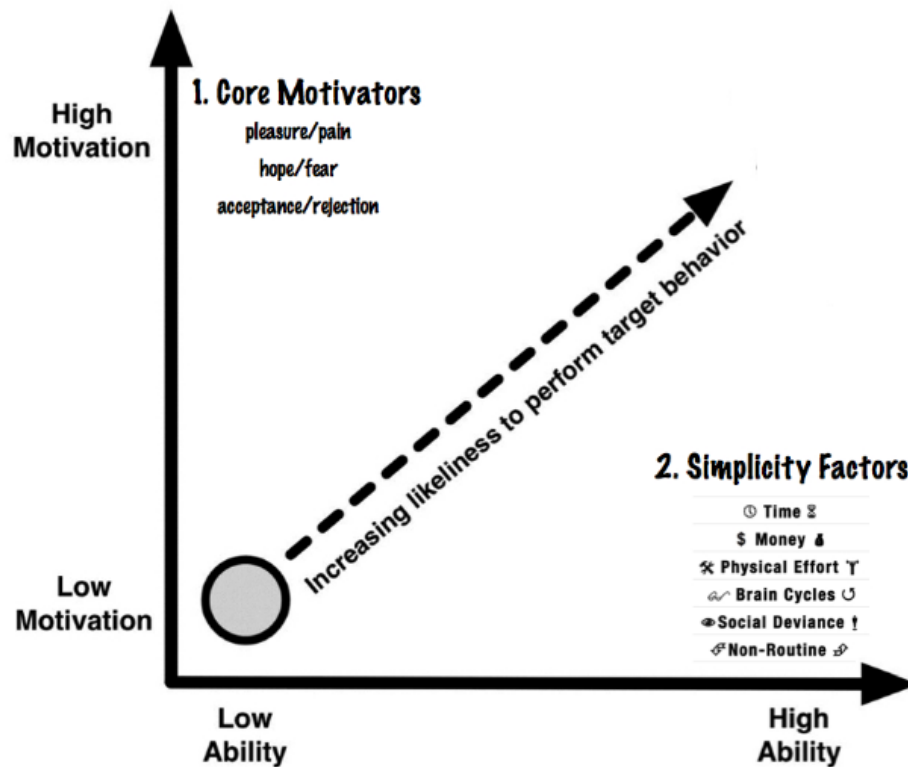


Figura 2.5: Variáveis dos eixos M e A. Fonte: (Fogg, 2009a)

O eixo Motivação/*Motivation* possui as variáveis:

- Prazer
- Dor
- Esperança
- Medo
- Aceitação
- Rejeição

As variáveis que constituem o eixo Habilidade/*Ability* são:

- Tempo
- Dinheiro

- Esforço Físico
- Esforço Mental
- Desvio Social
- Não Rotina

Além das dimensões de valores correspondente a graus de Motivação e Habilidade, o modelo apresenta uma curva limite de ativação comportamental que descreve a região onde o grau motivacional e de habilidade de um determinado indivíduo apresenta maior resposta ao um estímulo, denominado de evento gatilho (*trigger*), para que propicie a mudança de comportamento atual para um novo comportamento alvo desejado (Fogg, 2009a).

A Figura 2.6(a) demonstra a curva limite de ativação comportamento do FBM apenas como um guia conforme proposto por Fogg. Contudo, não estabelecendo um critério para seu devido posicionamento. Essa curva informa que indivíduo com valores de Motivação e Habilidade que estejam acima dessa curva apresenta a relação de que os eventos gatilhos teriam sucesso. Qualquer par (M, A) abaixo, resultaria em um gatilho ineficiente.

Entretanto percebe-se na Figura 2.6(b) que existe um relacionamento intrínseco do conjunto de dados com a posição de eventos gatilhos.



Figura 2.6: Posição teórica da curva e eventos gatilhos Fonte: (Fogg, 2009a)

Um dos objetivos específicos desse trabalho é justamente investigar essa relação intrínseca existente no posicionamento da curva limite de ativação comportamental e os eventos gatilhos. De acordo com Fogg, a Figura 2.7 ilustra intuitivamente, que existe um comportamento alvo a ser alcançado que justifica a implementação de técnicas persuasivas (Fogg, 2003).

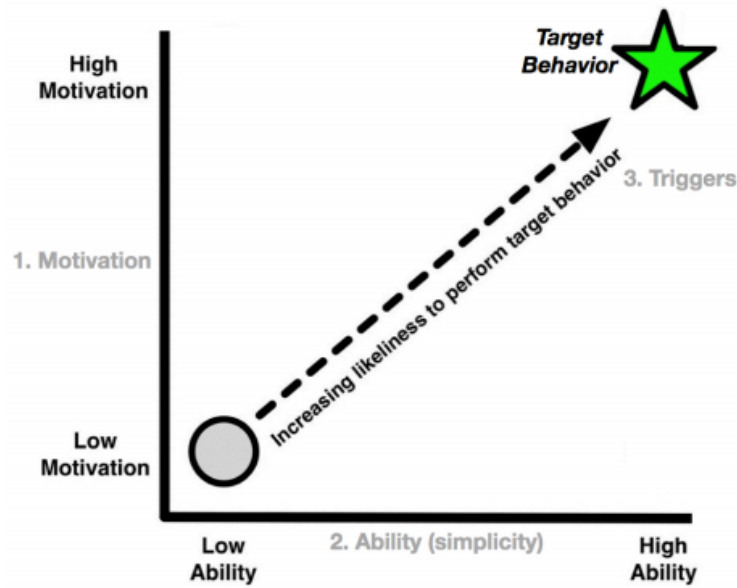


Figura 2.7: Comportamento alvo Fonte: (Fogg, 2009a)

Com isso, percebe-se que a implementação de técnicas persuasivas através de tecnologias visam estimular o indivíduo para obter maiores graus de Motivação e Habilidade para que o comportamento alvo seja devidamente alcançado.

Matematicamente o FBM é descrito pela equação:

$$B = MAT \quad (2.2)$$

A Eq.(2.2) não apresenta propriedades matemáticas explícitas por parte de Fogg. Ela é apenas uma representação algébrica de um relacionamento empírico. Ou seja, o comportamento (B do inglês Behavior) é resultado da interação entre Motivação (Motivation), Habilidade (Ability) e um evento gatilho (*trigger*). Nesse trabalho é proposto olhar para esses conceitos apresentados por Fogg por um viés matemático, visando estabelecer relações concretas e fundamentadas para a teoria proposta.

O modelo é basicamente composto por dois eixos, onde cada eixo é formado por variáveis capazes de descrever o seu propósito. O eixo M (Motivação) apresentam seis elementos agrupados em três grupos:

- Prazer / Dor

São elementos de motivação que possuem ação instantânea. Segundo Fogg, as indivíduos tendem a responder ao estímulo que está acontecendo. Portanto, indivíduos agem de maneira “automática” e assim quase “sem pensar” realizam o comportamento baseados em um retorno momentânea que satisfaça o Prazer ou a Dor.

- Esperança / Medo

Esses elementos visam incentivar a antecipação de um comportamento. Indivíduos tendem a considerar sua atitude em relação a uma determinada ação afim de evitar algo “ruim”

ou prever algo “bom”. Em relação aos elementos de Prazer/Dor tendem a ser mais eficientes pois são considerados em comportamentos para atitudes de longo prazo, e não uma resposta momentânea.

- Aceitação / Rejeição

Elementos fortemente relacionados com a postura social de um cotidiano. Indivíduos tendem a realizar atividades que não prejudique sua imagem frente a um coletivo. Ou seja, comportamentos que possam causar aceitação tendem a aumentar a motivação, por questões psicológicas do ato de “ser aceito”. Por outro lado, a rejeição contribui negativamente com a motivação pois tornar-se “não aceito” frente a opinião de um coletivo.

Para manter a estrutura da Eq.(2.2) será adotada a notação A para o eixo de Habilidade. O segundo eixo é A (Habilidade), onde por sua vez apresenta seis variáveis:

- Tempo

Elemento de Habilidade que mede a competência do indivíduo em qualquer domínio temporal em relação a possibilidade de alcançar o comportamento alvo.

- Dinheiro

Refere-se principalmente a disponibilidade orçamentária do indivíduo em realizar determinada tarefa. Esse orçamento pode ser algo físico ou digital, quando aplicado o FBM em um contexto onde unidade monetária possa ser algo não físico e ganho ou trocado apenas em ambiente tecnológico.

- Esforço Físico

O grau de capacidade física do indivíduo em realizar determinada tarefa. Entende-se no contexto do FBM que comportamentos que possam exigir alto esforço físico tendem a diminuir o grau de Habilidade do indivíduo.

- Esforço Mental

Atividades que exijam alta capacidade mental podem tornar-se de difícil realização, logo o esforço mental é considerado uma variável que mensura o poder cognitivo do indivíduo no processo de realização de determinada tarefa visando um comportamento alvo.

- Desvio Social

Elemento de Habilidade que avalia o retorno das atitudes do indivíduo perante o comportamento coletivo. É o desvio do que socialmente é considerado correto e o que o indivíduo realiza.

- Rotina

Atividades habituais tendem a ser realizadas de maneira mais automática e “fácil”. No contexto do FBM, o início de uma atividade muito diferente do habitual pode implicar em dificuldades.

O eixo de Habilidade pode ainda ser agrupando, seguindo o seguinte critério. Considerando cada parâmetro como recursos que podem ser utilizados para facilitar o acesso ao objetivo principal, mudança de comportamento, pode-se classificar esses parâmetros em três grupos:

**Recursos de esforço:** Esforço físico e mental

**Recursos de escassez:** Tempo e dinheiro

**Recursos de adaptabilidade:** Desvio social e rotina

Esses elementos que constituem cada eixo visam o refinamento de critérios capazes de contribuir de maneira individual como fatores que promovam a Motivação de Habilidade, respectivamente. Como citado anteriormente, um dos objetivos desse trabalho é estabelecer uma relação matemática que descreva esses fatores e forneçam valores para os eixos de Motivação e Habilidade.

Entretanto, para que de fato ocorra a mudança de comportamento, Fogg define que os valores MAT devem ocorrer simultaneamente. Na seção Modelagem Matemática do FBM serão apresentadas propriedades que visam garantir esse requisito do modelo proposto por Fogg.

Dessa forma, o FBM fornece a pesquisadores uma maneira sistemática de pensar sobre os fatores que possam contribuir para a mudança e influência no processo de mudança comportamental de um determinado indivíduo.

A mudança de comportamento somente ocorre quando o indivíduo possuir Motivação e Habilidade suficientes para alcançar a curva delimitada como um limite de ativação comportamental (Fogg, 2009a). Entretanto, outros mecanismos contribuem para esse feito. Além do grau de Motivação e Habilidade, um terceiro fator é fundamental para satisfazer a Eq.(2.2), os eventos gatilho (*triggers*). Mantendo a estrutura da Eq.(2.2) será utilizada a notação T para eventos gatilhos.

Dependendo do grau de Motivação e Habilidade do indivíduo, gatilhos diferentes devem ser utilizados (Fogg, 2009a) visando potencializar a mudança comportamental. Esses são classificados em três categorias:

#### **Faísca (*spark*)**

Eventos do tipo faísca são aplicados quando o indivíduo possui alto grau de habilidade e baixa motivação. Dessa maneira, considerando os elementos de motivação descritos anteriormente, implementar uma política que propicie o aumento da *esperança* ou *prazer* de um indivíduo, pode resultar no aumento do grau de motivação dessa maneira o valor do par Motivação/Habilidade tende ao comportamento alvo, intuitivamente descrito na Fig.2.7.

#### **Facilitador (*facilitator*)**

Se o indivíduo apresentar alta motivação e baixa habilidade, eventos do tipo *facilitador* devem ser empregados. Nesse cenário, adota-se uma postura que vise controlar as variáveis que contribuem na realização da tarefa específica. Com isso, promovendo um aumento na Habilidade do indivíduo e consequentemente a ação poderá ser realizada mais facilmente, possibilitando a aproximação ao comportamento alvo.

### Sinal (*signal*)

Indivíduos que apresentam alto grau de Motivação e Habilidade necessitam apenas de um gatilho (impulso) do tipo *signal* para a realização da tarefa. Não necessitando diretamente de agente motivacionais ou facilitadores, pois esse indivíduo encontra-se acima da curva limite de ativação comportamental e consequentemente mais próximo do comportamento alvo desejado.

Exemplo de um evento *signal*, tem-se o semáforo (Fogg, 2009a). Pessoas que estão dirigindo possuem alto grau de habilidade, ou seja, sabem conduzir o veículo e possuem motivação alta pois querem, ou necessitam, continuar seu trajeto. Quando o semáforo passa para verde, é um "*signal*", um estímulo ou um impulso mais básico, capaz de fazer com que o condutor continue em frente.

## 2.4 Trabalhos Relacionados

Foi verificado na literatura que o FBM é utilizado de uma maneira em que é assumido valores para o eixo de Motivação e Habilidade. Assim, admitindo que quando o valor motivacional e de habilidade de um determinado indivíduo encontrar-se em uma região aceitável, a mudança do comportamento é favorecida.

Entretanto, a obtenção desses valores para M e A são omitidos e obtidos através de critérios ad-hoc no contexto da pesquisa. Dessa forma, a utilização do modelo é realizada de maneira subjetiva, ingênua e apenas relacionando seus conceitos como pretexto justificativo para a implementação de ações com propósito persuasivo.

Esses trabalhos demonstram que as variáveis que formam os eixos do FBM são utilizados sem critérios bem estabelecidos. Outros definem métrica própria para obtenção de Motivação e Habilidade. Contudo, a curva limite de ativação comportamental é utilizada como um referência, fixo e subestimado, em uma análise para validação de abordagens persuasivas.

Como não foram encontrados trabalhos abordando um estudo detalhado da construção e posicionamento da curva limite de ativação comportamental, assim como questões relacionadas a localização dos eventos gatilhos, o presente trabalho contribui, de forma inovadora, com essas propriedades do modelo.

Essa dissertação visa estabelecer uma modelagem matemática para a formação de cada eixo do FBM, além que definir um critério para a formação e localização da curva limite de ativação comportamental assim como, consequentemente, o posicionamento dos eventos gatilhos.

Dessa maneira, fornecendo uma abordagem mais precisa, matematicamente fundamentada, para a implantação do FBM em processos baseados em tecnologias persuasivas. A Tabela 2.1 demonstra trabalhos que estão relacionados a utilização do FBM assim como a métrica utilizada para relacionar o modelo com a pesquisa desenvolvida.

Tabela 2.1: Utilização do FBM na literatura

| Referência                                                        | Objetivo Geral                                                                                                                     | Relação com FBM                                                                                                                                              | Métrica                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|-------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Lee, D., Helal, S., <i>et al.</i> , 2011                          | Avaliação de serviços eletrônicos relacionados a saúde pessoal                                                                     | Aborda a implementação de gatilhos                                                                                                                           | Conceitual, porém não apresenta resultados                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Azar, K., M.J., Lesser, L. I., Laing, B. Y., <i>et al.</i> , 2013 | Avaliar métodos de dieta/nutrição e antropometria disponíveis em <i>mobile apps</i> incorporando teorias de mudança comportamental | Instrumento adaptado do FBM para avaliação denominado “ <i>persuasive technology content survey</i> ”, baseado na presença ou ausência de componentes do FBM | Escala <i>ad-hoc</i> (0-6)<br>Motivação: ( <i>social praise</i> , <i>financial incentives</i> , <i>nonfinancial incentives</i> : 1 ponto cada); Atributos que diminuem motivação, tais como obstáculos na coleta de informação (1 ponto)<br>Gatilhos para promover o uso do aplicativo (1 ponto cada)<br>Máximo possível no denominado <i>Persuasive Technology Score</i> (PTS) é o característico numérico 6. |
| Vidvarth, J., Riecke, B., 2014                                    | Estudo do fenômeno <i>sonic cradle</i> <sup>a</sup>                                                                                | Motivação dos indivíduos foi relacionada ao FBM de maneira abstrata                                                                                          | Conceitual, escalas para euforia, calma, agitação e controle respiratório                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Masthoff, J., Grasso, F., Ham, J., 2014                           | Estudo sobre tecnologias persuasivas                                                                                               | Descritiva                                                                                                                                                   | Aborda os tipos de gatilhos e suas aplicações de acordo com o nível de Motivação e Habilidade                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |

<sup>a</sup>O *Sonic Cradle* é um ambiente imersivo para avaliação persuasiva onde o indivíduo fica suspenso em uma sala escura apenas recebendo estímulos sonoros.

| Referência                                        | Objetivo Geral                                                                                           | Relação com FBM                                                                                                                                                          | Métrica                                       |
|---------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| Albright, K., Krantz, M. J., <i>et al.</i> , 2015 | Aumentar o interesse em mudar a qualidade de vida                                                        | Tecnologia persuasiva baseada em mensagens em dispositivos móveis                                                                                                        | Conceitual e questionários                    |
| Cheek, C., Piercy, K. W., Grainger, S., 2015      | Utilização geral de conceitos do FBM                                                                     | Motivação foi categorizada como o interesse em ajudar o próximo. Habilidade foi considerada como a disponibilidade de recursos financeiro, de tempo e condições físicas. | Conceitual, análise descritiva dos resultados |
| Militello, L., Melnyk, B.M., <i>et al.</i> , 2015 | Avaliação cognitiva do comportamento                                                                     | Utilização de eventos gatilhos gerais através de mensagens SMS                                                                                                           | Conceitual, análise descritiva                |
| Jia, G., Yang, P., <i>et al.</i> , 2015           | Utilização da tecnologia mHealth para avaliar a falta de recursos médicos para cuidados da saúde pessoal | Promover aumento da habilidade do usuário na utilização do aplicativo                                                                                                    | Conceitual, análise descritiva                |

| Referência                                       | Objetivo Geral                                                    | Relação com FBM                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Métrica                                                                                                                                                                                                                                  |
|--------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Tsai, M-H., Chang, Y-L.,<br><i>et al.</i> , 2015 | Implementação de jogos persuasivos para educação em desastres.    | <p>Definido o comportamento alvo de aprender mais.</p> <p>Motivação: Vontade de jogar</p> <p>Prazer: sorrisos durante as partidas</p> <p>Esperança: Desejo de continuar jogando.</p> <p>Habilidade: Capacidade de jogar.</p> <p>Definido que um jogo é um gatilho tipo <i>Faísca/Spark</i>.</p> | Escala percepção externa.                                                                                                                                                                                                                |
| Filippou, J., Cheong, C.,<br>Cheong, F., 2015    | Aplicativo persuasivo para aprimorar o habito de estudo           | Combinação entre FBM e modelo persuasivo de Hook                                                                                                                                                                                                                                                | Conceitual, trabalhos futuros pretendem avaliar o desempenho do aplicativo                                                                                                                                                               |
| van Eijk, R.,M., 2015                            | Implementar um sistema persuasivo para treinamento em relaxamento | Conceitos gerais do FBM                                                                                                                                                                                                                                                                         | <p>Utilizou todas as variáveis do FBM com escalas de percepção.</p> <p>Gatilhos foram definidos com critérios próprios.</p> <p>Motivação e Habilidade foram obtidos por escala de percepção e sem métrica definida com as variáveis.</p> |

### 3 MODELAGEM MATEMÁTICA DO FBM

A modelagem matemática essencialmente consiste em transcrever problemas do mundo real em problemas matemáticos, obter a solução desses e interpretar tais soluções de acordo com o mundo real (Kapur, 2005).

De forma geral, as pessoas são motivadas ao estudo da matemática basicamente por duas razões. A primeira é com a intenção de compreender as estruturas abstratas que apresentam um nível complexo de entendimento e representam assim um desafio a ser superado. Outro motivo é em utilizar o grande poder que a matemática apresenta como uma linguagem e ferramenta para entender e descrever a ciência e a tecnologia. Esses conceitos referem-se respectivamente as áreas de matemática pura e matemática aplicada (Shier, 2000).

Um modelo matemático é uma simples idealização de uma realidade muito mais complexa, e é desenvolvido com o objetivo de promover maior entendimento sobre o mundo real através de investigações de diversas propriedades e implicações desse modelo.

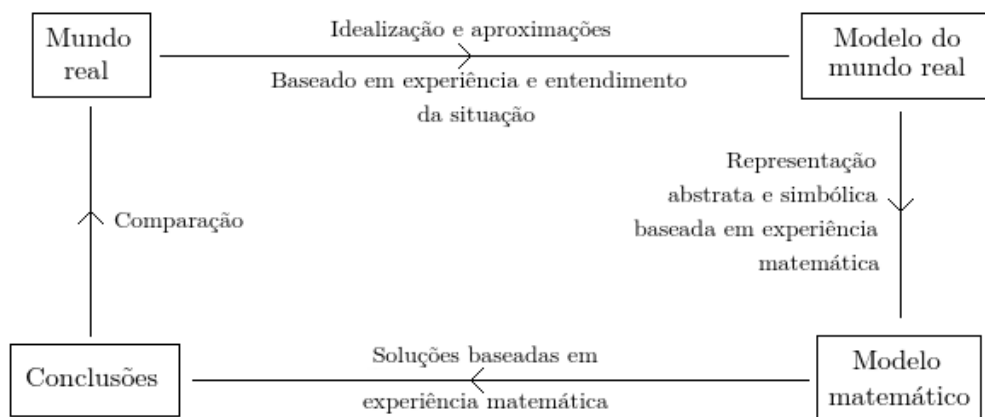


Figura 3.1: Processo de modelagem matemática. Fonte: (Kapur, 2005)

Com isso, o FBM representa um modelo pois é capaz de sintetizar uma realidade muito maior, e dessa maneira descrever, de forma generalizada, a relação entre diferentes pontos na obtenção de um critério para compreensão da persuasão em um contexto tecnológico.

O FBM é definido pela Eq.(2.2), onde é informado que para o comportamento  $B$  ocorrer,  $MAT$ , Motivação, Habilidade e um Evento gatilho respectivamente, devem ocorrer também ao mesmo tempo. De acordo com essa relação, pode-se assumir inicialmente que a interação entre os elementos  $MAT > 0$  deve ser um valor estritamente positivo. Caso contrário, para qualquer elemento nulo, implica em  $B=0$  e conseqüentemente a não ocorrência do comportamento.

Entretanto, pode-se avaliar cada elemento individualmente. Sabe-se que  $M$  corresponde a Motivação. Por sua vez,  $M$  é constituído por seis variáveis: prazer, dor, esperança, medo, aceitação e rejeição.

Embora possa parecer uma relação complementar do tipo  $p$  e  $q$  com  $q = 1 - p$  como utilizado na teoria de probabilidades (James, 2011), por se tratar, aparentemente de emoções opostas,

essas variáveis correspondem entidades subjetivas por parte de um indivíduo. Por sua vez, podem assumir qualquer valor quando avaliados por uma ótica quantitativa. Dessa maneira, a subseção 6.1 abordará métricas capazes de avaliar essas variáveis emocionais individualmente e dessa maneira garantindo que não implica em uma relação complementar.

Portanto, tem-se que a Motivação (M) corresponde a uma função de seis variáveis com a seguinte forma:

$$M = (\text{prazer, dor, esperança, medo, aceitação, rejeição})$$

Ou seja, cada uma dessas variáveis contribuem com a obtenção do grau de Motivação do indivíduo e são denominados Elementos de Motivação (Fogg, 2009a). Esse trabalho se encarregará de estabelecer uma relação matemática entre esses elementos a fim de obter um valor para o eixo de Motivação. Por outro lado, a Habilidade (A) também é determinada com uma função de seis variáveis:

$$A = (\text{tempo, dinheiro, esforço físico, esforço mental, desvio social, rotina})$$

Assim, essas variáveis contribuem com a obtenção da Habilidade do indivíduo e são denominados Elementos de Habilidade (Fogg, 2009a). Com isso, a modelagem matemática visando estabelecer uma relação entre essas variáveis, resulta em um característico numérico que informa o grau correspondente a Motivação e Habilidade do indivíduo.

Dessa forma, a metodologia adotada para a obtenção dos dados e o processo de modelagem do FBM serão apresentados na subseção seguinte.

### 3.1 Metodologia para obtenção dos dados

Para demonstração do processo de interação entre as variáveis, eixos, e obtenção do posicionamento da curva para o FBM, foi utilizado um ambiente com dados sintéticos, porém relacionados contextualmente a uma aplicabilidade real em virtude de não desviar o foco e manter a proposta.

Sendo assim, delimitar experimentos reais que resultem no processo de aquisição de dados para ser utilizado na modelagem matemática do FBM não caracteriza uma aplicação viável do ponto de vista prático, pois coletar dados para modelar matematicamente o FBM antes de conhecer o relacionamento de suas variáveis não define uma abordagem coerente, pois as interpretações seriam geradas a partir da limitação dos dados coletados.

Portanto, dados provenientes de um sistema computacional, baseado em simulação, serão utilizados para a modelagem matemática dos objetivos propostos nesse trabalho. Contudo, para a construção de modelos e consequente utilização para descrever o comportamento de fenômenos é necessária a seleção correta de variáveis significativas (Gravira, 2013).

Nesse contexto, as variáveis estão bem definidas, pois serão considerados as variáveis constituintes de cada eixo. Assim, os elementos de Motivação serão as variáveis capazes de descrever

o comportamento da Motivação sendo essas prazer, dor, esperança, medo, aceitação e rejeição. Análogo para obtenção do grau de Habilidade considerando as variáveis tempo, dinheiro, esforço físico, esforço mental, desvio social e rotina.

Um sistema é definido como um grupo de objetos reunidos em alguma interação a fim de se alcançar um propósito comum (Banks, 1996). Dessa forma, adotando o processo da Fig. 3.2, tem-se condições de modelar um sistema que relacione o processo de obtenção dos dados para estudo do formal de constituição do FBM.

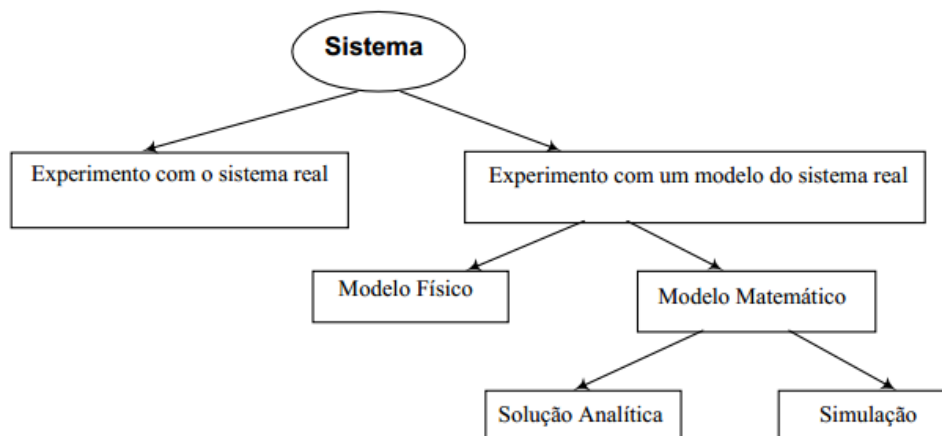


Figura 3.2: Processo para obtenção de dados. Fonte: (Law, 1991)

De acordo com o processo para obtenção de dados, conforme Figura 3.2, tem-se a definição de um experimento, sendo essa etapa dividida em Experimento com o sistema real ou Experimento com um modelo do sistema real. Nessa etapa será utilizado um experimento com um modelo do sistema real. Visto que o processo de obtenção de dados através do sistema real visa estabelecer um conjunto de regras aplicáveis em um âmbito concreto e consequentemente envolvendo custos de desenvolvimento e implementação (Gravira, 2013).

Outro passo importante é definir sobre o modelo físico ou matemático. A aplicação de modelos físicos são caracterizadas pela utilização de representações do mundo real por um viés icônico, tais como réplicas (Gravira, 2013). Uma abordagem com modelos matemáticos, ou abstratos, visa a representação do sistema através de relações lógicas e quantitativas, afim de observar como as variáveis do modelo se comportam e consequentemente como o modelo se comportaria.

Uma vez definido claramente o tipo de experimento e o modelo sendo matemático, deve-se obter uma solução através do método analítico ou por simulação do comportamento do sistema. Essa etapa tem por finalidade determinar respostas aos dados manipulados visando estabelecer uma relação entre o modelo e a resposta na aplicabilidade em situações reais.

De acordo com a complexidade do caso, a solução analítica torna-se um processo inviável, e a simulação computacional, ou seja, a experimentação numérica para as soluções do problema é a melhor alternativa para verificar a relação entre a entrada de informação. Esse procedimento tem por objetivo determinar como os dados afetam as saídas, ou respostas, e dessa maneira

medir o desempenho do sistema (Gravira, 2013).

A obtenção de cada variável dos eixos pode ser realizada através de um experimento real adotando como critério a utilização de testes psicométricos. Nesse trabalho, foi adotado um ambiente simulado com padronização dos valores correspondentes a um processo de simulação da aplicação desses teste.

Testes psicométricos consistem no processo de avaliação de propriedades e medidas de traços psicológicos através de procedimentos criados para a aferição de características latentes no comportamento do indivíduo (Pasquali, 1996). Ressalta-se que de acordo com o procedimento COSMIN<sup>6</sup> uma abordagem considerando os testes psicométricos para obtenção dos valores das variáveis de formação de cada eixo do FBM caracteriza-se como um recurso robusto no ponto de vista de estimação.

Na literatura é possível encontrar procedimentos para padronizar a escala de um teste psicométrico para o intervalo  $[0,1]$  através do processo de normalização dos resultados (Coley, 2010). Contudo, caso não seja possível assumir um teste capaz de avaliar determinado traço ou no contexto de aplicação de determinada pesquisa não seja de interesse adotar tal abordagem, foi considerado o critério análogo para obtenção do valor na escala  $[0, 1]$  através de um procedimento denominado percepção externa.

O conceito de percepção externa caracteriza-se pela avaliação de traços e julgamentos de valores presentes no outro através de valores do próprio avaliador (Brentano, 2015). Com isso, medir o elemento de Habilidade Dinheiro ou Tempo, pode ser considerado uma percepção externa e um valor em escala percentual.

Por outro lado, caso o indivíduo seja capaz de informar seu grau de Habilidade referente ao elementos de Habilidade, através de sua autopercepção no domínio do problema, também é possível ser aceito na modelagem do eixo, visto que a autopercepção visa avaliar o traço de modo que seja ponderado pelo julgamento do indivíduo (Kleinke, 1978).

É ressaltado que não serão aplicados testes psicométricos para obtenção dos valores de cada variável. Por questões de consistência na modelagem matemática do FBM, é ilustrado que uma das formas de obtenção dos valores para as variáveis consiste em adotar uma abordagem que implemente o resultado proveniente de testes psicométricos, ou escalas de percepção.

Dessa forma, a modelagem proposta aqui torna-se robusta e independe do método adotado para obtenção dos valores das variáveis. Contudo, é necessário que essas sejam utilizadas em uma escala padronizada. Assim, assumindo que a probabilidade de ocorrência de qualquer ponto amostral de alguma métrica adotada seja distribuída uniformemente em todo intervalo de aplicação da avaliação, foi adotada a distribuição de probabilidade uniforme para obtenção dos valores das variáveis constituintes dos eixos de Motivação e Habilidade.

A Figura 3.3 ilustra a distribuição de um modelo Uniforme à escala padronizada de um teste psicométrico ou escalas de percepção aplicado no contexto de modelagem na obtenção das

---

<sup>6</sup>O procedimento COSMIN consiste em uma ferramenta padronizada para estudo da qualidade de medição em testes psicométricos, levando em consideração a medição de propriedades como consistência interna, medidas relativas, erro de medição, validade do conteúdo, validade estrutural e inter-cultural do teste. (Mokkink, 2010)

variáveis dos eixos do FBM.

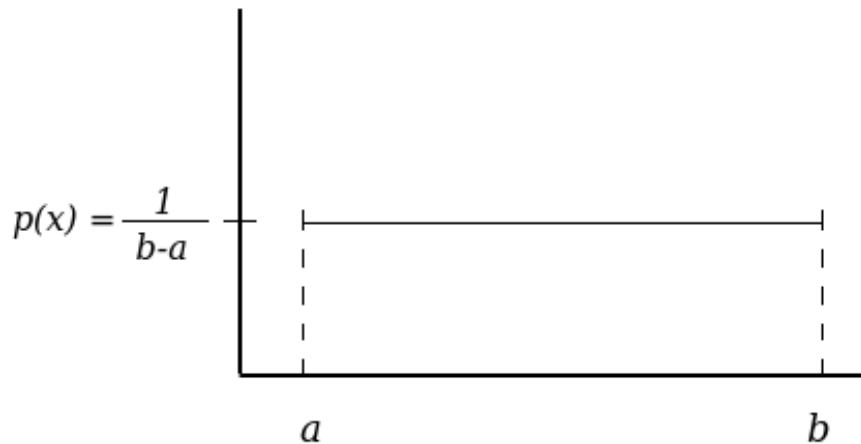


Figura 3.3: Distribuição Uniforme na obtenção das variáveis do FBM. Fonte: O autor

A uniformidade dos dados garante que a probabilidade de ocorrência de qualquer ponto amostral, seja essa aplicada via teste psicométrico ou escalas de percepção interna ou externa, possuam a mesma probabilidade de ocorrência. Dessa forma, independentemente do procedimento adotado para a obtenção do valor da variável, o processo de modelagem matemática resultante para a obtenção dos valores para as variáveis dos eixos garante que qualquer valor obtido seja um resultado probabilisticamente possível e não tendencioso.

### 3.2 Proposta de modelagem do eixo de Motivação

O objetivo para projetar o eixo de Motivação, ou simplesmente eixo M, consiste conceitualmente, em mover o indivíduo sempre para um nível mais elevado na escala do eixo (FOGG, 2009). O eixo de Motivação pode ser subdividido em seis variáveis. Essas são classificadas como *elementos de motivação*. Podem ser agrupados seguindo a estrutura:

- Prazer / Dor
- Esperança / Medo
- Aceitação Social / Rejeição

O primeiro conjunto é denominado Sensação ou Retorno Imediato pois lida com emoções bases, tais como a sensação de prazer e dor que alguma tarefa pode causar. O segundo conjunto é denominado Antecipação, ou seja, sensações que são pré avaliadas pelo indivíduo mas que não constituem um fato, mas sim caracterizam o pré julgamento referente a tarefa proposta. A Aceitação Social e Rejeição são agentes motivacionais que pertencem ao grupo Coesão Social. Caracterizam-se pelo contexto coletivo no qual o indivíduo esta inserido.

Dessa maneira, a seguinte relação pode ser estabelecida. A Tabela 6.1 demonstra como as variáveis promovem o aumento da Motivação ou sua redução (Fogg, 2009a).

Tabela 3.1: Contribuição das variáveis na formação do eixo de Motivação

| Variável     | Prazer | Dor | Esperança | Medo | Aceitação | Rejeição |
|--------------|--------|-----|-----------|------|-----------|----------|
| Contribuição | +      | -   | +         | -    | +         | -        |

Das seis variáveis que formam o eixo M, percebe-se que três apresentam relação positiva, ou seja, contribuem para o aumento de M. Por outro lado, outras três variáveis atuam como a diminuição de M. Para o restante do trabalho, será adotada a seguinte notação para tais variáveis:

$m_1$ : Prazer,  $m_2$ : Esperança,  $m_3$ : Aceitação,  $m_4$ : Dor,  $m_5$ : Medo,  $m_6$ : Rejeição

Portanto, existem dois grupos básicos que formam o eixo. Contribuindo esses com valores que promovem o aumento ou diminuição da Motivação. Logo, seja o grupo das variáveis com influência positiva dado por:

$$M^+ = \sum_{i=1}^3 m_i \quad (3.1)$$

Análogo para o grupo com variáveis que contribuem de maneira negativa.

$$M^- = \sum_{i=4}^6 m_i \quad (3.2)$$

Dessa forma, define-se por  $\bar{M}$  o valor total da contribuição das variáveis para a formação do eixo M. Respeitando o fato de que  $M^+$  contribui de forma positiva com o valor M, e  $M^-$  de maneira negativa e  $\forall m_i \in [0, 1]$ .

$$\bar{M} = M^+ - M^- = \sum_{i=1}^3 m_i - \sum_{i=4}^6 m_i \quad (3.3)$$

Com isso,  $M^-$  assume valor negativo na Eq.(3.3) visto que esse grupo penaliza a obtenção do valor de M. Analisando a Eq.(3.3), e considerando um cenário extremo, onde apenas variáveis positivas contribuam para a formação de  $\bar{M}$ , e o valor do grupo negativo seja nulo, avalia-se nesse contexto que:

$$\max(\bar{M}) = \arg \max_{m \in [0,1]} \left( \sum_{i=1}^3 m_i - \sum_{i=4}^6 m_i \right) = 3 \quad (3.4)$$

Visto que cada variável recebe um valor probabilístico de ocorrência, para simular esse valor foi adotado um valor probabilístico de acordo com a distribuição de probabilidade Uniforme no intervalo entre  $[0, 1]$ . Tem-se o correspondente para apenas contribuições negativas, logo:

$$\min(\bar{M}) = \arg \max_{m \in [0,1]} \left( \sum_{i=1}^3 m_i - \sum_{i=4}^6 m_i \right) = -3 \quad (3.5)$$

Entretanto apenas o valor de  $\bar{M}$  não é suficiente para obter a Motivação. Como a escala de  $\bar{M}$  está em um intervalo negativo, Eq.(3.5), e não existe motivação negativa/nula no contexto do modelo de Fogg, deve-se através dessa variável obter o valor para o eixo M que seja mínimo e não nulo.

Nesse trabalho, será utilizado o modelo logístico para realizar a transformação de  $\bar{M}$  para a escala com  $0 \leq M \leq 1$ . O modelo logístico é dado por:

$$\frac{1}{1 + e^{-x}} \quad (3.6)$$

Foi adotado tal modelo pois a função exponencial presente na Eq.(3.6) permite calcular um valor no intervalo  $[0,1]$  relacionando uma quantidade baixa e suficiente de valores resultantes da combinação linear entre variáveis constituintes dos eixos no FBM.

Assim, é possível encontrar valores extremamente baixos para M em algum determinado momento, entretanto não nulo. Esse critério é importante e satisfaz a condição de  $M > 0$ , que não viola a Eq.(2.2).

Seja  $x = \bar{M}$ , o valor do eixo M é obtido por:

$$Motivacao = M_{(\bar{M})} = \frac{1}{1 + e^{-\bar{M}}} \quad (3.7)$$

Assim a Fig. 3.4 demonstra que dado um indivíduo arbitrário no conjunto de dados gerado, pode-se obter o valor para M através da Eq.(3.7).

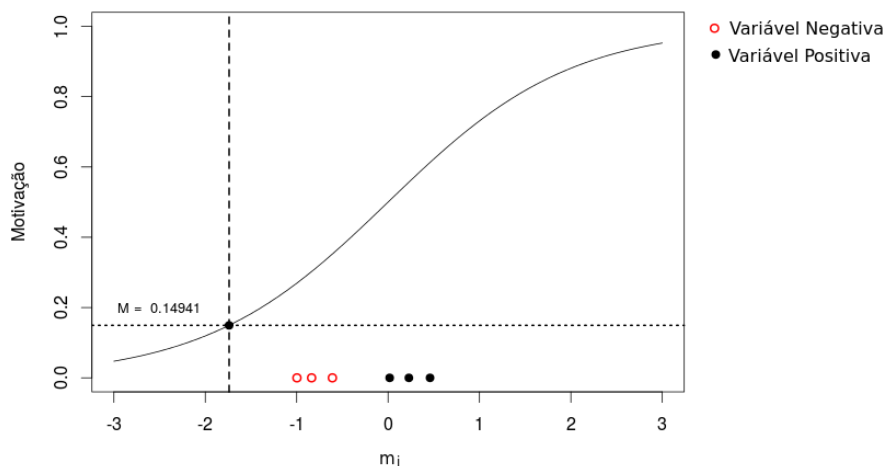


Figura 3.4: Obtenção do valor para Motivação. Fonte: O autor

Como valores de variáveis que contribuem de maneira negativa para M tendem a diminuir a motivação, percebe-se que dado um indivíduo arbitrário no conjunto de dados, tem-se que  $\bar{M} = -1.739236$  assim, como esperado, a Motivação resulta em um valor baixo.

Essa proposta de modelagem do eixo de Motivação satisfaz a Eq.(2.2), pois considera todas as variáveis e resulta em um valor de  $M$  quando necessário, baixo e não nulo. Mesmo que  $\bar{M}$  seja nulo, dado por:

$$\bar{M} = \max_{m \in [0,1]} \sum_{i=1}^3 m_i - \max_{m \in [0,1]} \sum_{i=4}^6 m_i = 0 \quad (3.8)$$

Através da transformação logística da Eq.(3.7), é possível obter um valor de que faz sentido no contexto de aplicação do FBM pois na modelagem proposta, um valor  $\bar{M} = 0$  implica em  $M = 1/2$ , ou seja, um valor de Motivação neutro no domínio.

Dessa forma, pode-se estender esse conceito para a modelagem do eixo de Habilidade.

### 3.3 Proposta de modelagem do eixo de Habilidade

O eixo de Habilidade, ou simplesmente eixo A (do inglês *Ability*), contém seis variáveis que contribuem para a realização de uma tarefa. Essa tarefa, de acordo o valor resultantes, pode ser uma atividade de fácil ou difícil execução. Dessa forma, essas variáveis são agentes que promovem a obtenção do valor do eixo A.

Com essa lógica, comprar um par de tênis toda semana pode ser uma tarefa de difícil execução, pois é necessário grande quantidade de dinheiro. Por outro lado, se os recursos financeiros são ilimitados, então essa tarefa é de fácil execução (Fogg, 2009a). Esse exemplo, demonstra como a variável *dinheiro* contribui para a formação do eixo de Habilidade.

Consequentemente, Habilidade alta implica em fácil execução de uma tarefa e Habilidade baixa implica em difícil execução conforme ilustra a Fig.2.6(a). Análogo ao eixo M, será realizada a modelagem para o eixo A.

Esse eixo é constituído por seis variáveis. Nota-se com a Tab.3.2, a contribuição de cada variável presente nesse eixo para a obtenção de um característico numérico resultante da Habilidade.

Tabela 3.2: Contribuição das variáveis na formação do eixo de Habilidade

| Variável     | Tempo | Dinheiro | Rotina | Esforço Físico | Esforço Mental | Desvio Social |
|--------------|-------|----------|--------|----------------|----------------|---------------|
| Contribuição | +     | +        | +      | -              | -              | -             |

Conforme mencionado, algumas variáveis contribuem de maneira positiva, ou seja, elevando a Habilidade do indivíduo. Entretanto, outras possuem efeito contrário, assim, contribuindo de maneira negativa para o valor de Habilidade.

Para o restante desse trabalho será utilizada a seguinte notação para as variáveis do eixo A:

$$\begin{array}{ll} a_1: \text{Tempo} & a_4: \text{Esforço Físico} \\ a_2: \text{Dinheiro} & a_5: \text{Esforço Mental} \\ a_3: \text{Rotina} & a_6: \text{Desvio Social} \end{array}$$

Essas variáveis podem ser colocadas em dois grupos de ações. Sendo essas ações caracterizadas como negativas ou positivas, ou seja, ações que visam contribuir com a diminuição ou com o aumento da Habilidade no processo de realização de alguma tarefa.

Assim, tem-se os dois grupos definidos como:

$$A^+ = \sum_{i=1}^3 a_i \quad (3.9)$$

Análogo para o grupo negativo.

$$A^- = \sum_{i=4}^6 a_i \quad (3.10)$$

Portanto, é possível identificar a contribuição de cada conjunto de variáveis para a formação do eixo de Habilidade. Sabe-se que  $\forall a_i \in [0, 1]$ , é possível obter o somatório total dos grupos positivos e negativos. Análogo ao caso do eixo M, variáveis com efeito negativo tendem a diminuir o valor do eixo A. Por esse motivo, o somatório das variáveis de  $A^-$  entra penalizando a obtenção de  $\bar{A}$ .

$$\bar{A} = A^+ - A^- = \sum_{i=1}^3 a_i - \sum_{i=4}^6 a_i \quad (3.11)$$

De acordo com a contribuição de cada variável demonstrada na Tab.3.2, nota-se que, quanto maior a contribuição da variável  $a_1$ , *tempo*  $\in A^+$ , o indivíduo tiver a seu dispor, mais fácil será a realização de alguma determinada tarefa pois, como consequência, o valor do eixo A tende a aumentar.

Por outro lado, quanto maior o valor da variável  $a_6$ , *desvio social*  $\in A^-$ , ou seja, quanto menos natural ao senso comum é a atividade que será realizada, mais difícil será sua execução. Dessa maneira, o valor dessa variável contribui de maneira negativa, penalizando a formação do eixo A, e assim, promovendo a diminuição do valor resultante do eixo.

Contudo, verifica-se que as propriedades avaliadas para o eixo M são também aplicáveis no eixo A. Considerando um cenário extremo onde contém apenas influência positiva, é obtido o valor máximo para A:

$$\max(\bar{A}) = \arg \max_{a \in [0,1]} \left( \sum_{i=1}^3 a_i - \sum_{i=4}^6 a_i \right) = 3 \quad (3.12)$$

De maneira equivalente, o valor mínimo possível de ser obtido para o eixo de Habilidade é dado pelo somatório da contribuição mais elevada de todas as variáveis negativas. Assumindo que toda e qualquer influência positiva seja nula.

$$\min(\bar{A}) = \arg \max_{a \in [0,1]} \left( \sum_{i=1}^3 a_i - \sum_{i=4}^6 a_i \right) = -3 \quad (3.13)$$

Consequentemente, através do modelo logístico dado pela Eq.(3.6) e usando  $x = \bar{A}$  é possível obter o valor final do eixo A, dado por:

$$Habilidade = A_{(\bar{A})} = \frac{1}{1 + e^{-\bar{A}}} \quad (3.14)$$

Com o resultado obtido para o eixo A através da Eq.(3.14), a Fig.3.5 informa o valor da Habilidade de um determinado indivíduo no conjunto de dados.

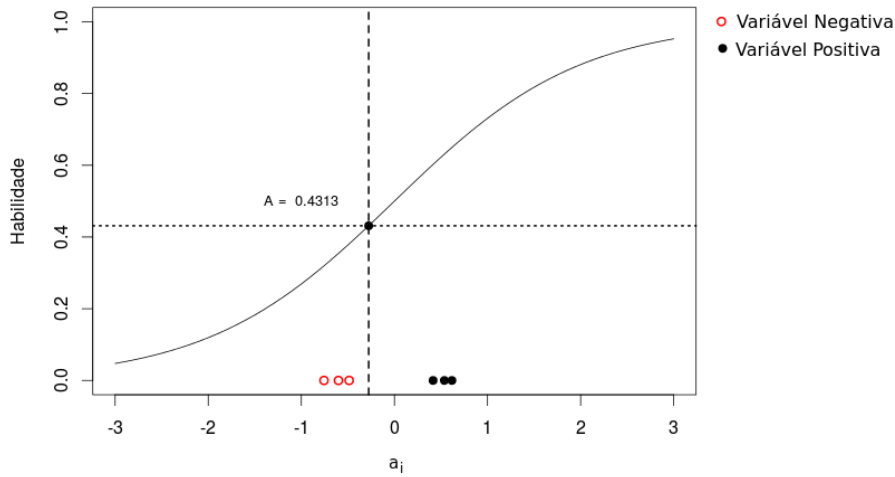


Figura 3.5: Obtenção do valor para Habilidade. Fonte: O autor

A Fig.3.5 apresenta um indivíduo com valor de Habilidade resultante em  $A = 0.4313$ , ou seja, um valor relativamente aproximado de 0.5. No contexto do FBM uma observação com  $\bar{A} = 0$  resultaria em Habilidade neutro.

Contudo, percebe-se que os valores das variáveis da observação do conjunto de dados avaliado representam  $\bar{A} = -0.276549$ , que pode ser interpretado como um valor próximo a zero. Dessa maneira, quando aplicado  $\bar{A}$  na Eq.(3.14) o característico numérico para a Habilidade, como esperado, resulta em um valor próximo da região correspondente a  $1/2$  e considerada de Habilidade neutra.

### 3.4 Generalização da modelagem dos eixos

Com a modelagem matemática dos eixos de Motivação e Habilidade foi possível verificar a ocorrência de um padrão de formação no cálculo para obtenção tanto do valor de M quanto de A. Isso reside no fato de que o FBM pode ser considerado um modelo simétrico em relação a seus eixos e suas variáveis.

Como é composto por dois eixos principais e cada eixo contém seis variável, inicialmente pode-se agrupar seus elementos de motivação que formam o eixo M da seguinte maneira:

$$M^+ = \sum_{i=1}^3 m_i \quad M^- = \sum_{i=4}^6 m_i \quad (3.15)$$

Para os grupos que constituem o eixo A, tem-se:

$$A^+ = \sum_{i=1}^3 a_i \quad A^- = \sum_{i=4}^6 a_i \quad (3.16)$$

Portanto, cada eixo é constituído por dois grupos, e esses grupos representam variáveis que atuam de maneira positivas e negativas no processo de obtenção do valor de Motivação ou Habilidade. Assim, é possível generalizar a formação desses grupos, para ambos eixos, como segue:

O atual modelo FBM contém apenas três variáveis para cada grupo, conforme Tab.6.1 e Tab.3.2. Entretanto, nada impede de que essa quantidade seja alterada. Um critério necessário é que a quantidade de variáveis positivas deve ser igual a de variáveis negativas. Portanto uma quantidade total par, tal que:

$$\arg \max_{m \in [0,1]} \left( \sum_{i=1}^{\frac{n}{2}} m_i - \sum_{i=\frac{n}{2}+1}^n m_i \right) + \arg \max_{m \in [0,1]} \left( \sum_{i=1}^{\frac{n}{2}} m_i - \sum_{i=\frac{n}{2}+1}^n m_i \right) = \max(M^+) + \min(M^-) = 0 \quad (3.17)$$

Análogo para o eixo de Habilidade. Isso se faz necessário e suficiente, para não haver viés na obtenção do valor do eixo avaliado.

Dessa forma, seja  $n$  uma quantidade arbitrária par, de variáveis, tem-se a equação geral para cada grupo dada da seguinte forma:

Para o eixo M:

$$M^+ = \sum_{i=1}^{\frac{n}{2}} m_i \quad M^- = \sum_{i=\frac{n}{2}+1}^n m_i \quad (3.18)$$

Para o eixo A:

$$A^+ = \sum_{i=1}^{\frac{n}{2}} a_i \quad A^- = \sum_{i=\frac{n}{2}+1}^n a_i \quad (3.19)$$

Generalizando os eixos, seja  $\beta^\alpha$ , com  $\alpha = +$  para o grupo que contém variáveis positivas e  $\alpha = -$  para o grupo que contém variáveis negativas. Além disso,  $\beta$  assume valores correspon-

dentes a M e A, sendo assim relacionados aos eixos de Motivação e Habilidade.

Com isso, seja  $x_i$  cada variável do respectivo grupo (variável  $m$  para Motivação ou variável  $a$  para Habilidade), onde  $\forall x_i \Rightarrow \forall m_i, a_i \in [0, 1]$ , fica estabelecido sua formação como:

$$\beta^\alpha = \sum_{i=1}^n x_i \quad (3.20)$$

Logo, é possível estabelecer a equação geral para formação dos eixos do FBM:

$$\bar{\beta} = \beta^+ - \beta^- = \sum_{i=1}^{\frac{n}{2}} x_i - \sum_{i=\frac{n}{2}+1}^n x_i \quad (3.21)$$

E conseqüentemente, a equação geral para obtenção do grau de Motivação e Habilidade:

$$\beta_{(\bar{\beta})} = \frac{1}{1 + e^{-\bar{\beta}}} \quad (3.22)$$

Essas equações são gerais e podem ser aplicadas no banco de dados contendo as variáveis indicadas no processo de formação de cada eixo. Dado um indivíduo arbitrário, a Fig.3.6 informa a obtenção do valor de M e A conforme estabelecido nas seções anteriores.

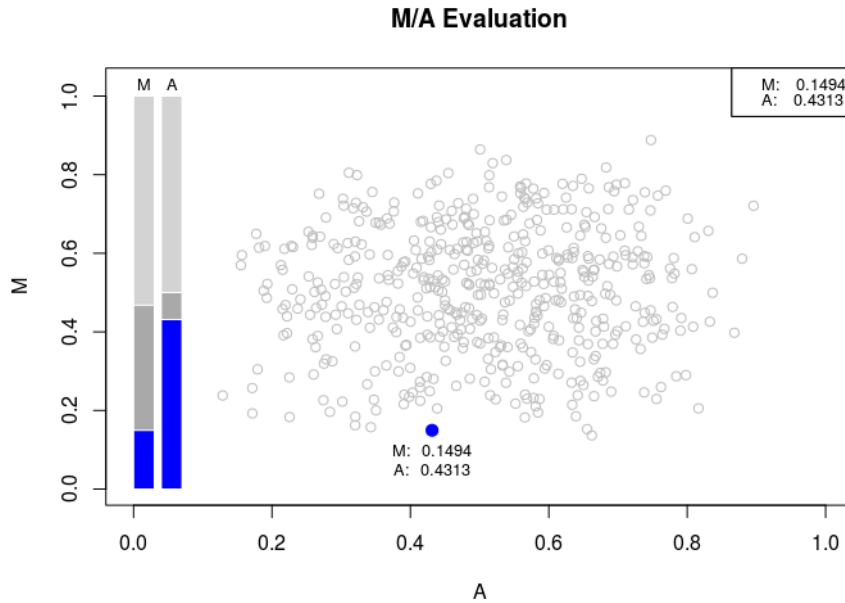


Figura 3.6: Posicionamento dos valores para M e A. Fonte: O autor

Assim, é possível verificar através da Fig.3.6, a posição dos valores de Motivação e Habilidade de um indivíduo arbitrário quando comparado com os demais valores cálculos para o restante dos indivíduos do conjunto de dados.

### 3.5 Processo gerador do conjunto de dados sintéticos

De acordo com a modelagem matemática definida na seção anterior e segundo o processo geral de obtenção dos eixos de Motivação e Habilidade, torna-se necessário analisar um conjunto de dados capaz de representar todas interações possíveis para que o estudo da curva limite de ativação comportamento possa ser devidamente avaliada.

Assim, dados sintéticos<sup>7</sup> foram simulados via ambiente estatístico R e o código gerador encontra-se no Apêndice 1.

Dessa forma, para esse trabalho é obtido um conjunto de dados completo, apresentando valores para M e A, assim como todas seis variáveis contidas em cada eixo, possibilitando portanto a realização de estudos sobre as propriedades do modelo.

Os dados sintéticos foram preferencialmente escolhidos como base para esse trabalho visto a inviabilidade em modelar e implementar um ambiente real que coletasse todos valores necessários e significativos para o estudo formal completo do modelo.

Portanto, como o objetivo geral é o estudo formal do FBM, e não a coleta dos dados, um ambiente de dados sintéticos garante a liberdade em avaliar a consistência da modelagem matemática do FBM e não deixando margem para que o estudo possa apresentar um viés dependente de possíveis dados coletados ou qualquer limitação por esses produzidos.

### 3.6 Estudo da curva limite de ativação comportamental

Nessa seção, será estudado o comportamento da função teórica proposta no FBM e consequentemente demonstrado porque essa curva pode ser indicada para auxiliar na visualização do comportamento dos indivíduos no conjunto de dados em relação a implementação de eventos gatilhos. Importante salientar que não é encontrado na literatura a função matemática para essa linha de ação. Nesse trabalho, será apresentada uma proposta de função matemática que descreva o que Fogg apenas informa em um nível empírico.

A curva limite de ativação comportamental (do inglês *threshold*) ou linha de ação (do inglês *action line*) consiste em um limite teórico (Fogg, 2009a) onde informa que, para valores acima desse limite, a mudança de comportamento do indivíduo necessita apenas de um evento gatilho do tipo sinal. Indivíduos acima dessa curva possuem grau de Motivação e Habilidade considerados suficientemente elevados que favorecem a mudança de comportamento de maneira simplificada.

De acordo com o FBM (Fogg, 2009a), essa curva serve como um guia para identificar onde o grau de Motivação e Habilidade do indivíduo esta, e possui forte relação com o tipo de evento gatilho que deve ser utilizado para melhor persuadir seu comportamento.

Com isso, o estudo de suas propriedades e posicionamento é fundamental para a compreensão do comportamento coletivo em um conjunto de dados. Visto que em uma abordagem visando

---

<sup>7</sup>Dados sintéticos são valores resultantes de um processo de simulação não caracterizando dados coletados de maneira experimental mas que apresentam propriedades consistentes para servir como base de estudos específicos.

a implementação persuasiva procura atender as necessidades individuais. O estudo da curva limite de ativação comportamental resultará em propriedades matemáticas capazes de auxiliar na tomada de decisão com maior eficácia.

Dessa maneira, é assumido que seu correto posicionamento está intrinsecamente relacionado ao conjunto de dados.

Inicialmente, será avaliada sua constituição através do questionamento ao FBM, ou seja, assumindo que essa linha de ação possa ser estabelecida por alguma outra função. O relacionamento entre eixos mais simples a ser considerado para o estudo preliminar de uma linha de ação consiste em estabelecer uma relação seguindo um critério linear entre os eixos.

Pode-se definir uma reta entre os eixos M e A, que tente informar a posição de um indivíduo em relação ao conjunto de dados. Em virtude desse processo adotado, é propriedade do FBM que indivíduos acima da linha de ação apresentem valores de Motivação e Habilidade suficientemente elevados. Com isso, a Fig.3.7 mostra como os dados seriam apresentados de acordo com o critério de formação de um referencial linear.

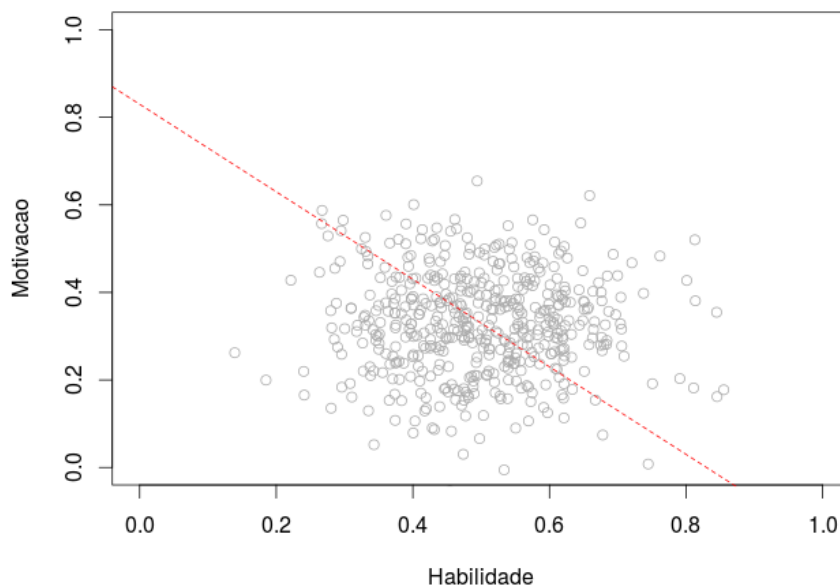


Figura 3.7: Limite de ativação comportamental: Caso linear. Fonte: O autor

A relação linear fica estabelecida, então, e centrada em uma medida de tendência central, no caso, a média aritmética do conjunto de dados. Verifica-se que essa função apresenta algumas características que imediatamente violam certas propriedades estabelecidas conceitualmente pelo FBM. Nesse caso, é assumido que existem valores para  $A = 0$  ou  $M = 0$ , o que implica diretamente no produto entre  $B = MAT = 0$ , ou seja, não há ocorrência da mudança de comportamento por parte do indivíduo.

Assim, de acordo com os dados exibidos na Fig.3.7, a reta intercepta os eixos com valores para Motivação e Habilidade em um valor arbitrário não nulo. Verificando essa relação linear com valores dos eixos, tem-se que com  $M = \epsilon \neq 0$  implica em  $A \neq 0$ . A recíproca é verdadeira.

Entretanto, nota-se que existe um valor  $\epsilon > 0$  que implica em Motivação ou Habilidade nulo. Por outro lado, qualquer outro valor arbitrário  $\epsilon > 0$  implica em algum nível de comportamento, visto que de acordo com a Equação 5.1 tem-se  $B \neq 0$ . Isto está relacionado diretamente considerando a equação da reta para os eixos:

$$M = \eta A + \epsilon \quad (3.23)$$

e assim, adotando o critério linear é possível verificar que não é válido  $\forall A \neq 0 \Rightarrow M \neq 0$ . Pois,

$$\exists M \neq 0 \Rightarrow \exists A = 0 \quad (3.24)$$

violando as propriedades intrínsecas da Eq.(2.2).

Considerando a proposta generalizada de modelagem dos eixos (Seção 3.4) tem-se que o valor máximo que o eixo de Motivação e Habilidade podem assumir é 1. Desse modo, verifica-se que para satisfazer a Eq.(2.2) são necessários graus de Motivação e Habilidade estritamente positivos. Visto que no contexto do FBM não faz sentido obter valores de Motivação ou Habilidade nulos, pois assim, a mudança de comportamento não ocorre e a Eq.(2.2) não é satisfeita.

Contudo, assumindo o centro do conjunto de dados como critério para posicionamento da reta de referência, caso esse ponto médio esteja muito extremo dentro do domínio de estudo  $[0,1]$ , resultara na obtenção de uma reta localizada fora do domínio, violando assim outra propriedade, estabelecida na modelagem dos eixos.

Com isso, a Fig.3.8 mostra que, independente do posicionamento do conjunto de dados, estabelecer uma curva limite de ativação comportamental da forma linear está descartada, pois viola as propriedades básicas que constituem qualquer análise interpretativa na aplicação do FBM.

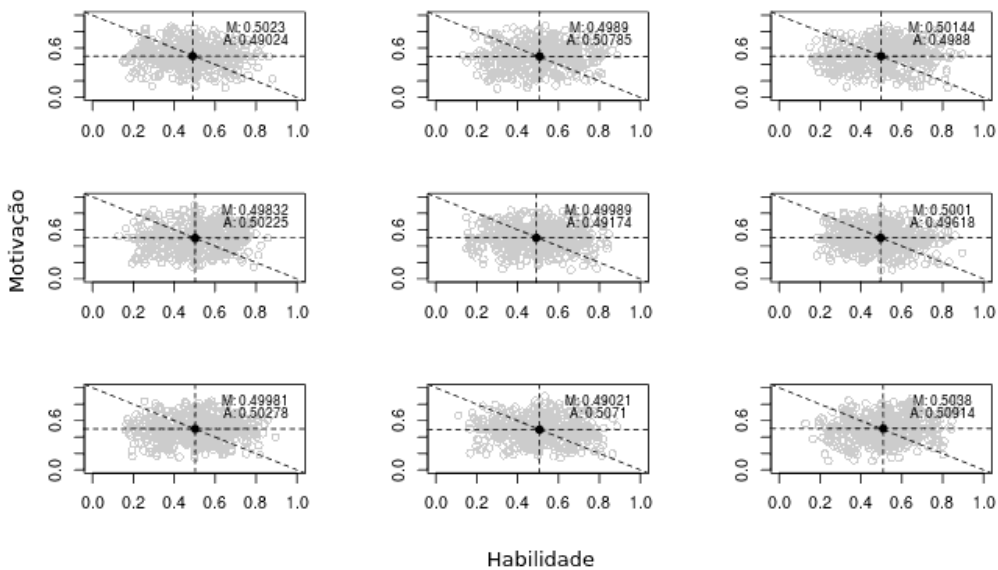


Figura 3.8: Simulações com diferentes tendências centrais: Caso linear. Fonte: O autor

Por outro lado, é necessário investigar a curva limite de ativação comportamental teórica proposta no FBM. Essa linha de ação descreve um comportamento assintótico tanto para o eixo M como para o eixo A.

Inicialmente essa função teórica é válida, intuitivamente, pois garante que existem valores extritamente positivos para M ou A, ou seja, esses valores podem ser extremamente baixos, mas não nulos, o que garante a obtenção de valores para  $B \neq 0$ , conforme a Eq.(2.2) intrinsecamente estabelece. Mesmo que esse valor de  $B$  não seja um resultado esperado para a mudança de comportamento, é garantido que esse valor existe e seja não nulo.

A curva limite de ativação comportamental proposta no FBM consiste aproximadamente na função:

$$f(x) = \frac{1}{x} \quad (3.25)$$

no domínio  $\mathbb{R}^+$ . Vale ressaltar que essa função não é mencionada na literatura. Esse trabalho apresenta uma modelagem matemática formal do estudo descrito apenas de maneira conceitual por Fogg. Assim, conforme estudo realizado para o proposta linear, será verificado e demonstrado as propriedades dessa curva em relação ao conjunto de dados sintéticos e seu relacionamento com a teoria do FBM.

Conforme a Fig.3.9, é mostrado o posicionamento da curva de acordo com o conceito informado no FBM. Contudo, é necessário contextualizá-la de acordo com o conjunto de dados, para constatar se tal proposta garante um recurso visual que informe a localização de indivíduos com graus de Motivação e Habilidade necessários para a implementação de eventos gatilhos.

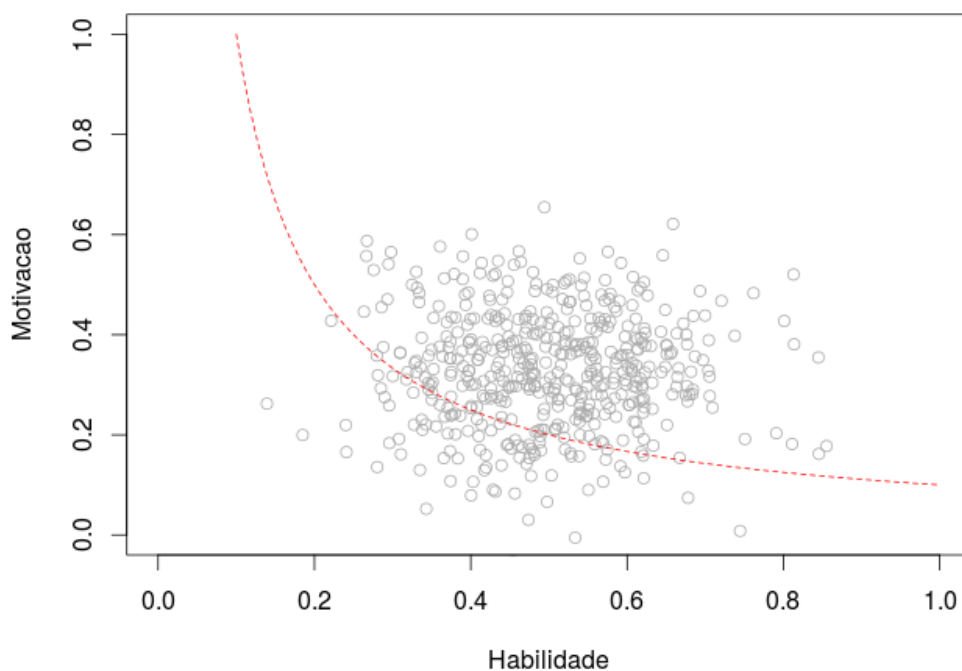


Figura 3.9: Curva limite de ativação comportamental: Curva teórica. Fonte: O autor

Por ser apenas um referencial teórico (Fogg, 2009a), nessa seção serão investigadas as propriedades formais para obtenção e posicionamento dessa curva limite de ativação comportamental. Dessa maneira, através do conjunto de dados, o objetivo é fornecer uma fundamentação mais robusta para a utilização de eventos gatilhos com maior eficiência.

Inicialmente, a Fig.3.10 mostra que independente da localização do conjunto de dados, a curva proposta no modelo é um referencial fixo, ou seja, é assumido apenas a função dada pela Eq.(3.25). De fato, intuitivamente esse instrumento descreve uma linha de ação teórica. Mas para aplicações práticas será necessário estabelecer critérios mais rigorosos visto que visualmente não apresenta informações significativas.

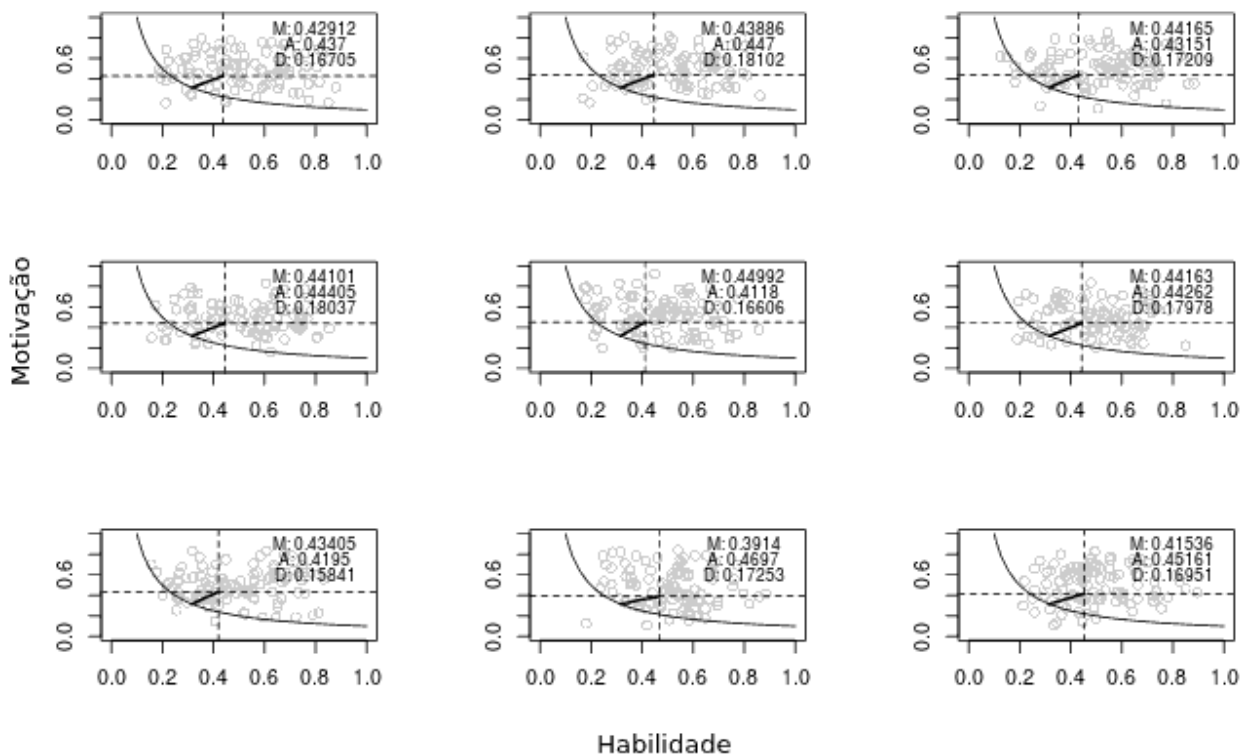


Figura 3.10: Curva teórica, posicionamento fixo. Fonte: O autor

Entretanto, é possível perceber que, conforme o conjunto de dados recebe novos valores, a distância (D, na Fig.3.10) entre a curva teórica e a média do conjunto de dados é alterada. Isso sugere que o comportamento do conjunto de dados seja dinâmico, como esperado, visto que é processo resultante de constantes interações e cálculos de Motivação e Habilidade.

Em virtude disso, a medida de tendência central e dispersão dos dados tendem a ser alteradas de maneira contínua e automática.

Assim, adotar uma linha de ação para avaliação da efetividade do comportamento de indivíduos, assumindo em um instrumento matemático fixo não satisfaz a demanda do problema proposto por Fogg. Dessa maneira, é natural assumir que, para tal função ser considerada um referencial que descreve a localização dos indivíduos para a implementação de eventos gatilhos, é necessário que essa seja deslocada de acordo com o comportamento do conjunto de dados.

Para a demonstração matemática das propriedades da curva teórica do modelo dada pela Eq.(3.25), será utilizada uma relação à Média de Kolmogorov, que consiste na generalização das médias mais familiares, tais como aritmética e geométrica adotando uma função  $f$  e sua inversa (Slaev, 2013).

Por definição, se  $f$  é uma função que mapeia o intervalo  $I$  da reta real, é contínua e injetiva, então pode-se definir a média de Kolmogorov como: Sejam os números  $x_1$  e  $x_2 \in I$ ,

$$M_f(x_1, x_2) = f^{-1}\left(\frac{f(x_1) + f(x_2)}{2}\right) \quad (3.26)$$

análogo para  $n$  números  $x_1, x_2, \dots, x_n \in I$

$$M_f(x_1, x_2, \dots, x_n) = f^{-1}\left(\frac{f(x_1) + f(x_2) + \dots + f(x_n)}{n}\right) \quad (3.27)$$

Para que exista a função inversa,  $f^{-1}$  é necessário garantir que a função  $f$  seja injetiva. Alguns casos devem ser considerados:

- Se  $I = \mathbb{R}$  e  $f(x) = x$ , ou seja, um função linear com  $x \mapsto a.x + b$  e  $a \neq 0$ , tem-se que a média de Kolmogorov corresponde a média aritmética.
- Se  $I = \mathbb{R}^+$  e  $f(x) = \log(x)$  então a média de Kolmogorov corresponde a média geométrica.

O interesse desse trabalho corresponde a um terceiro item, pois apresenta a função que está presente no FBM.

- Se  $I = \mathbb{R}^+$  e  $f(x) = \frac{1}{x}$  então a média de Kolmogorov corresponde a média harmônica.

Com isso, a Eq.(3.25) será utilizada como base para o restante da demonstração. Entretanto, é necessário verificar se a função proposta, de fato satisfaz a definição da média de Kolmogorov.

A função  $f$  dada por  $f(x) = 1/x$  é definida no domínio  $(0, +\infty)$  para aplicação no contexto do FBM. Assim, seja  $f$  uma função no domínio  $x \in X$ ,  $f$  é dita injetiva  $\forall x, y \in X$  se  $f(x) = f(y) \Rightarrow x = y$ , com efeito:

$$f(x) = \frac{1}{x} \Rightarrow y = \frac{1}{x} \Rightarrow x = \frac{1}{y} \quad (3.28)$$

Logo a função  $f(x) = 1/x$  é injetiva. A injetividade também pode ser obtida diretamente pelo fato de que a função dada no domínio  $(0, +\infty)$  é decrescente, e toda função decrescente é injetiva (Figueiredo, 1973).

Por consequência, seja  $I$  o intervalo  $(a, +\infty)$  com  $a = 0$ , a função  $f : I \rightarrow \mathbb{R}$  se diz contínua no intervalo  $I$  se for contínua em todos os pontos de  $I$ . Ao restringir o domínio  $\forall x \in (0, +\infty)$  elimina-se a descontinuidade em  $x = 0$  e com isso, tem-se o comportamento assintótico em:

$$\lim_{x \rightarrow 0^+} \frac{1}{x} \quad e \quad \lim_{x \rightarrow +\infty} \frac{1}{x} \quad (3.29)$$

Assim,  $\forall x \in I$  a função  $f(x) = \frac{1}{x}$  é contínua.

Provando a injetividade e a continuidade da função  $f$  é possível encontrar sua inversa. Defini-se como inversa de uma função  $f$  a função  $f^{-1} : f(x) \rightarrow X$  que tem por domínio a imagem  $f(x)$  e por contradomínio o conjunto  $X$  (Figueiredo, 1973), logo:

$$f(x) = \frac{1}{x} \Rightarrow y = \frac{1}{x} \Rightarrow x = \frac{1}{y} \Rightarrow (x)^{-1} = \left( \frac{1}{f(x)} \right)^{-1} \Rightarrow f^{-1}(x) = \frac{1}{x} \quad (3.30)$$

Assim, seja  $f : I \rightarrow \mathbb{R}$  uma função contínua decrescente no intervalo  $I$ , então sua função inversa  $f^{-1} : f(I) \rightarrow \mathbb{R}$  é também contínua.

Substituindo as Eq.(3.25) e Eq.(3.30) na Eq.(3.27) encontra-se:

$$M_f(x_1, \dots, x_n) = f^{-1} \left( \frac{\frac{1}{x_1} + \dots + \frac{1}{x_n}}{n} \right) \quad (3.31)$$

$$M_f(x_1, \dots, x_n) = \left( \frac{1}{\frac{\frac{1}{x_1} + \dots + \frac{1}{x_n}}{n}} \right) = \frac{n}{\frac{1}{x_1} + \dots + \frac{1}{x_n}} = \frac{n}{\sum \frac{1}{x_i}} \quad (3.32)$$

Que corresponde a média harmônica para  $n$  observações.

Uma vez verificadas as propriedades da Eq.(3.25), e que essa satisfaz as propriedades da Média de Kolmogorov, assumi-se que a curva limite de ativação comportamental do FBM corresponde a um referencial teórico que informa a localização de indivíduos em relação à provável mudança de comportamento. Contudo, quando relacionada a Média de Kolmogorov apresenta um relacionamento de tendência central no conjunto de dados que corresponde a média harmônica.

Para o conjunto de dados proveniente da avaliação individual e que vise estabelecer um relacionamento que descreva alguma tendência comportamental, utilizar a média harmônica ao invés da média aritmética como principal medida de tendência central é plausível no contexto prático do FBM.

Visto que a média aritmética é diretamente influenciada por valores extremos, caso os dados apresentem valores para motivações ou habilidades muito elevadas, poderia deslocar a média geral e dessa forma influenciar, de maneira não positiva, a obtenção de um critério para avaliação geral do comportamento.

A média aritmética fortemente influenciada por valores extremos (Silva, 2011). Para que esse fator seja minimizado, uma medida que relaciona o peso de cada contribuição no conjunto de dados de acordo com um valor inversamente proporcional é a média harmônica (Silva, 2011). Com isso, tem-se um valor não afetado por extremos e observando a aplicabilidade do FBM, resulta em uma interpretação mais confiável. Nesse contexto, a utilização da média harmônica prevalece como uma métrica mais coerente.

Contudo, é necessário ainda posicionar corretamente a curva limite de ativação comportamental em relação ao conjunto de dados para que essa assuma um critério visual que auxilie na identificação de indivíduos em relação a implementação de eventos gatilhos. Caso contrário, a implementação de gatilhos sem eficiência pode ser realizada, resultando em sistemas com baixo

poder de persuasão (Fogg, 2009a). A Fig.3.11 mostra o posicionamento incorreto da curva limite de ativação comportamental em relação ao conjunto de dados devido seu caráter fixo.

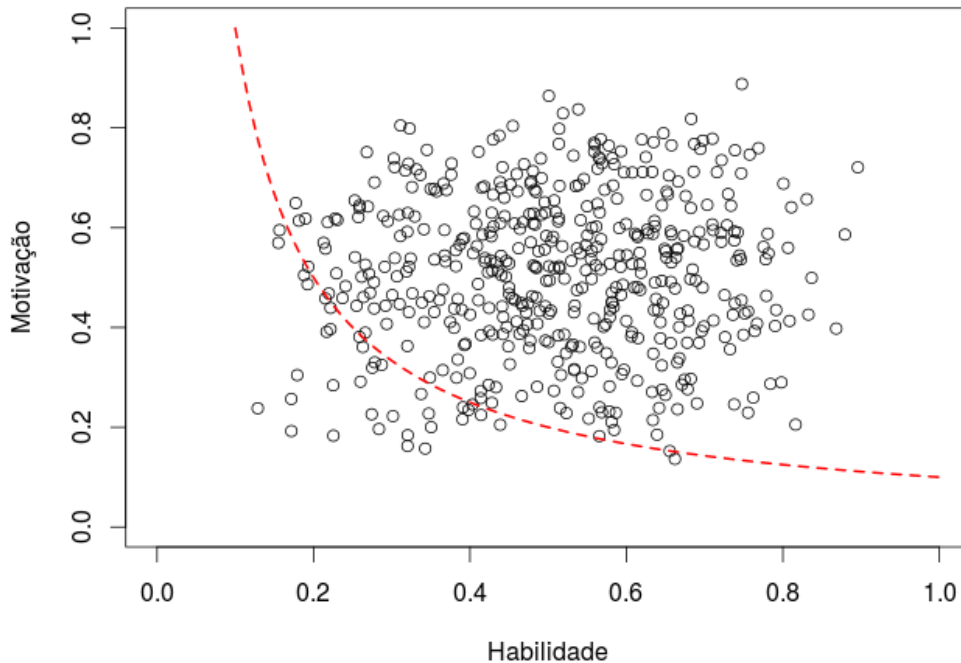


Figura 3.11: Posicionamento incorreto da curva de ativação comportamental: Critério Fixo.  
Fonte: O autor

Considerando o posicionamento da Fig.3.11, é assumido como incorreto pois a curva está fixa em relação ao conjunto de dados. Entretanto, percebe-se que a maioria dos indivíduos do conjunto de dados estão acima da curva limite de ativação comportamental. De acordo com essa característica, não importa a dispersão ou tendência central dos dados, a curva estará sempre invariável.

Entretanto, considerando que sua localização esta incorreta, pois seu comportamento não deve ser rígido, mas sim adaptável ao conjunto de dados para que cumpra o propósito de servir como um referencial para avaliação no processo de identificação e implementação de eventos gatilhos, é necessário realizar um deslocamento dessa curva.

Para isso, conforme demonstrado anteriormente, a média de Kolmogorov quando utilizada com a Eq.(3.25) corresponde a média harmônica do conjunto de dados. A Fig.3.12 demonstra que, considerando o centro do conjunto de dados através da média harmônica é possível estabelecer uma nova relação entre a curva limite de ativação comportamental e os dados.

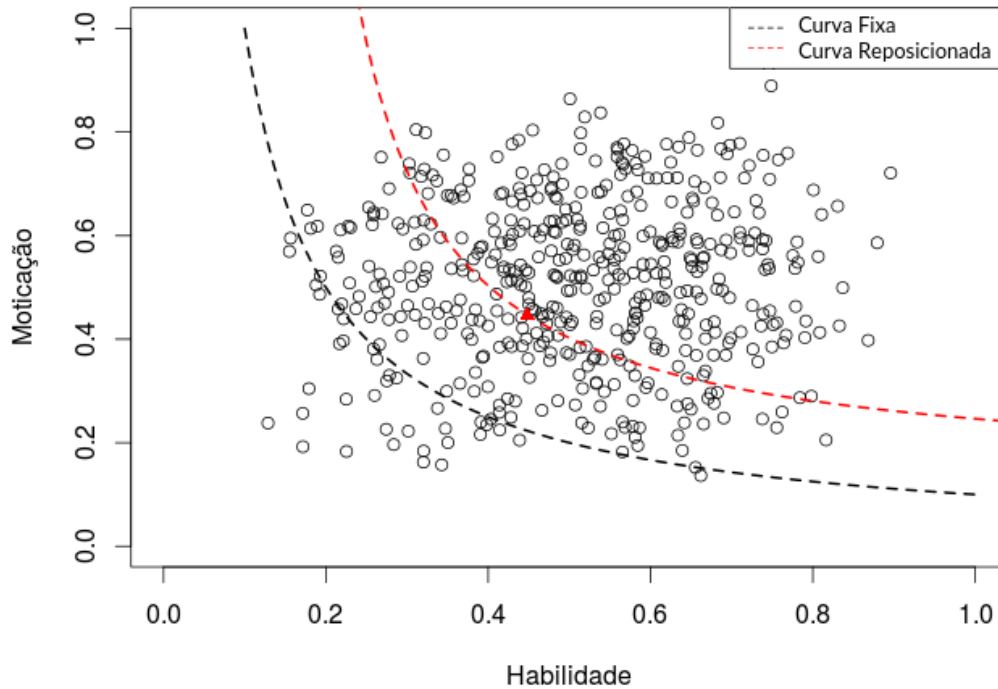


Figura 3.12: Curva de ativação comportamental posicionada em relação a média harmônica.  
Fonte: O autor

Com esse critério, posicionando a linha de ação centralizada na média harmônica resulta em outra análise do conjunto de dados. Primeiro, a quantidade de registros acima da curva diminui. Esse fato é consistente pois sugere que a curva caracteriza-se como um critério visual que viabiliza a identificação de indivíduos com graus de Motivação e Habilidade relativamente elevados. Segundo, adotando esse critério da linha de ação, ser móvel de acordo com os dados, resulta em um guia dinâmico para avaliação de eventos gatilhos a ser devidamente implementados.

Sua realocação em função da média harmônica reside no fato de que a média de Kolmogorov, utilizando a Eq.(3.25), representa essa tendência central, Eq.(3.32). Assim, a curva proposta não viola nenhum pressuposto do FBM, e apresenta comportamento assintótico avaliada como condizente com as propriedades do modelo.

Matematicamente, será definido o critério para deslocamento da curva limite de ativação comportamental para que essa assuma um caráter de referencial visual. Dessa forma, suas relações são preservadas e caracterizam um mecanismo capaz de auxiliar na redução dos dados em busca de indivíduos para a implementação do gatilho devido.

Dessa forma, é obtido um menor número de eventos gatilhos do tipo *signal* a ser implementado, pois a quantidade de registros acima dessa curva diminuiu. A modelagem através dessa curva limite pode potencializar a correta utilização de eventos gatilhos. Visto que gatilhos sem eficiência não resultam em mudança de comportamento (Fogg, 2009a).

Contudo, para que esse deslocamento seja possível, considerando a Eq.(3.25) no domínio  $[0,1]$ , tem-se que o centro da função está nos valores correspondente ao ponto  $x = y = 0.315$  conforme Fig.3.13.

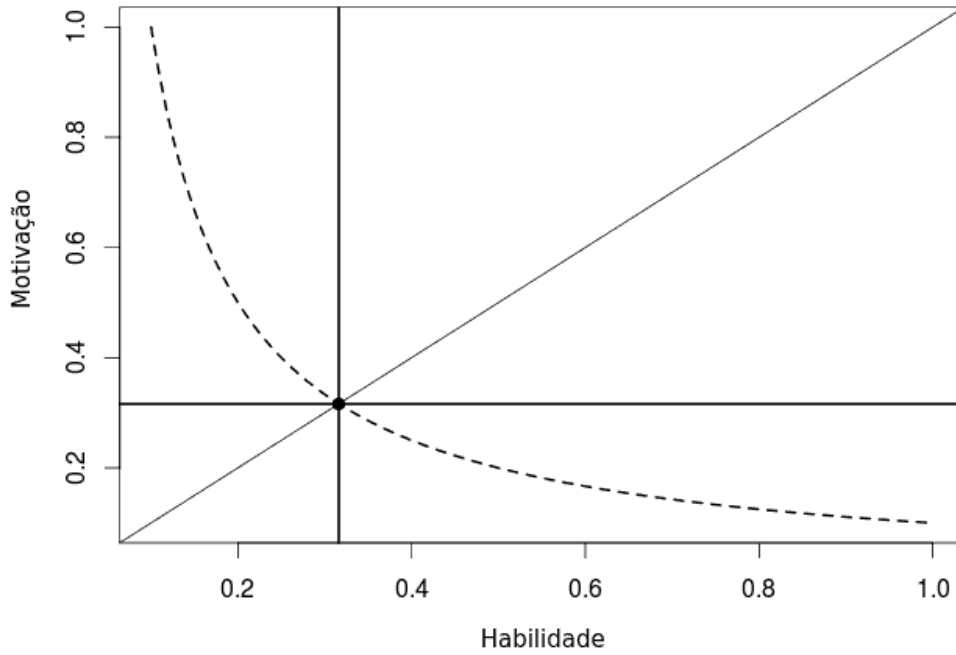


Figura 3.13: Centro da função teórica. Fonte: O autor

Dessa maneira, o deslocamento dessa curva teórica em função da média harmônica (mh) fica definido como:

$$Motivacao = x + mh(M) - 0.315 \quad (3.33)$$

$$Habilidade = y + mh(A) - 0.315 \quad (3.34)$$

Contudo, o critério estabelecido nas Eq.(3.33) e Eq.(3.34) define um novo centro para a função  $f(x) = \frac{1}{x}$ . Seja  $\alpha = 0.315$ , esse deslocamento faz com que o centro da função fique localizado nos valores correspondentes as médias harmônicas do eixo de Motivação e Habilidade e considerando o valor central da curva original proposta no modelo. Dessa maneira, um novo centro é definido e a função é definida como:

$$\left( y - \frac{n}{\sum_{j=1}^n \frac{1}{m_j}} + \alpha \right) = \frac{1}{\left( x - \frac{n}{\sum_{j=1}^n \frac{1}{a_j}} + \alpha \right)} \quad (3.35)$$

tal que,

$$y = \frac{1}{\left( x - \frac{n}{\sum_{j=1}^n \frac{1}{a_j}} + \alpha \right)} + \frac{n}{\sum_{j=1}^n \frac{1}{m_j}} - \alpha \quad (3.36)$$

considerando que a variação no deslocamento em  $x$  e  $y$  seja dado por,

$$\Delta_m = \frac{n}{\sum_{j=1}^n \frac{1}{m_j}} - \alpha \quad (3.37)$$

$$\Delta_a = \frac{n}{\sum_{j=1}^n \frac{1}{a_j}} - \alpha \quad (3.38)$$

Portanto, obtém-se a equação de deslocamento da curva limite de ativação comportamental, assumindo um caráter dinâmico, dado por:

$$f(x) = \frac{1}{(x - \Delta_a)} + \Delta_m \quad (3.39)$$

A Eq.(3.39) é capaz de atuar como um recurso visual para a identificação intrínseca do posicionamento de eventos gatilhos definidos no FBM. Ressalta-se que o vínculo estabelecido com o conjunto de dados garante que a linha de ação esteja de fato relacionada ao comportamento das observações e dessa maneira caracterizando-se como um recurso particular de acordo com os critérios definidos na implementação persuasiva.

### 3.7 Identificação dos graus de Motivação e Habilidade

O processo de obtenção dos graus de Motivação e Habilidade esbarra em uma etapa onde Fogg define como graus de Motivação e Habilidade elevados. De acordo com o valor obtido, o indivíduo será classificado em algum evento gatilho. Entretanto, não é especificado na literatura o que pode ser considerado um grau elevado tanto de Motivação quanto de Habilidade.

Para isso, é proposto nesse trabalho adotar uma abordagem estatística, visando definir que graus de Motivação e Habilidade elevados são todos os valores do par (M,A) tal que sejam maiores do que  $\Phi$  medidas de dispersão do conjunto de dados (Bussab, 2012) com  $\Phi \in \mathbb{N}$ .

Contudo, a utilização da regra empírica 68-95-99 é aplicável apenas se o conjunto de dados estiver distribuído normalmente (Miller, 2010). Para obter uma generalização, ou seja, uma regra que descreva qualquer distribuição dos valores de M/A é utilizado o Teorema de Chebyshev.

O Teorema de Chebyshev afirma que, independente da distribuição dos dados, 75% das observações estão entre dois desvios, e 88,89% das observações estão contidas até o terceiro desvio (Black, 2011). Esse critério será utilizado na seção de *Validação baseada em Agentes* visto que, como esse trabalho visa uma generalização matemática do FBM, não pode-se assumir que os requisitos do Teorema do Limite Central<sup>8</sup> serão devidamente satisfeitos.

Entretanto, o desvio padrão, usualmente utilizado como medida de dispersão, leva em consideração a distância entre as observações e a média aritmética. Utilizar esse procedimento como

---

<sup>8</sup>O Teorema do Limite Central afirma que uma distribuição de dados tende a assumir uma aproximação à distribuição Normal conforme o número de observações aumenta significativamente (Bussab, 2012).

dispersão nesse trabalho é inconsistente visto que a tendência central dos dados corresponde a média harmônica. Dessa forma, adotar a dispersão dos dados baseado na média aritmética implica em valores subestimados na obtenção da variabilidade dos dados.

Para demonstrar essa relação utiliza-se a desigualdade de Cauchy (Apostol, 1979):

$$\sum a^2 \sum b^2 \geq \left( \sum ab \right)^2 \quad (3.40)$$

Com isso, pode-se assumir que  $\forall x_i > 0$  existe  $x_i^2$  sem perda de generalidade.

Escrevendo a média aritmética  $A_n$  como:

$$\frac{1}{n} \sum x_i^2 \quad (3.41)$$

e a média harmônica como  $1/H_n$  tal que:

$$\frac{1}{n} \sum \frac{1}{x_i^2} \quad (3.42)$$

Assim, multiplicando  $A_n$  por  $1/H_n$  resulta:

$$\frac{A_n}{H_n} = \frac{1}{n} \left( \sum_{i=1}^n x_i^2 \right) \frac{1}{n} \left( \sum_{i=1}^n \frac{1}{x_i^2} \right) \quad (3.43)$$

Utilizando Eq.(3.40) obtem-se:

$$\frac{A_n}{H_n} = \frac{1}{n} \left( \sum_{i=1}^n x_i^2 \right) \frac{1}{n} \left( \sum_{i=1}^n \frac{1}{x_i^2} \right) \geq \frac{1}{n^2} \left( \sum_{i=1}^n x_i \frac{1}{x_i} \right)^2 = \frac{1}{n^2} \left( \sum_{i=1}^n 1 \right)^2 \geq 1 \quad (3.44)$$

Logo,

$$\frac{A_n}{H_n} \geq 1 \Rightarrow A_n \geq H_n \quad (3.45)$$

Para contornar essa situação, será utilizado o desvio harmônico do conjunto de dados, que corresponde a uma medida de dispersão análoga ao desvio padrão, porém calculado o desvio entre as observações em torno da média harmônica do conjunto de dados. O desvio harmônico será definido por:

$$dh = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left( x_i - \frac{n}{\sum_{j=1}^n \frac{1}{x_j}} \right)^2} \quad (3.46)$$

Dessa maneira, adotando a variável  $x$  na Eq.(3.46), independente do índice, representando observações do par (M,A), define-se as equações do desvio harmônico para os eixos do FBM, como:

$$dh_M = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left( x_i^M - \frac{n}{\sum_{j=1}^n \frac{1}{M_j}} \right)^2} \quad (3.47)$$

$$dh_A = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left( x_i^A - \frac{n}{\sum_{j=1}^n \frac{1}{A_j}} \right)^2} \quad (3.48)$$

Assim, é possível perceber na Fig.3.14 que relação dada por  $H_n \pm \Phi dh$ , com  $\Phi \geq 1$ , é preservada e apresenta a variabilidade dos dados e informa os registros considerados elevados tanto para Motivação quanto Habilidade. Leia-se  $\Phi$  como o fator de ponderação referente a quantidade de desvios harmônicos.

Contudo, caso dois desvios harmônicos resulte em uma quantidade nula de observações, no contexto de aplicabilidade do FBM é possível assumir que valores elevados estão contidos em um desvio harmônico. Esse critério pode ser adotado para viabilizar a classificação das observações em suas respectivas zonas de gatilho.

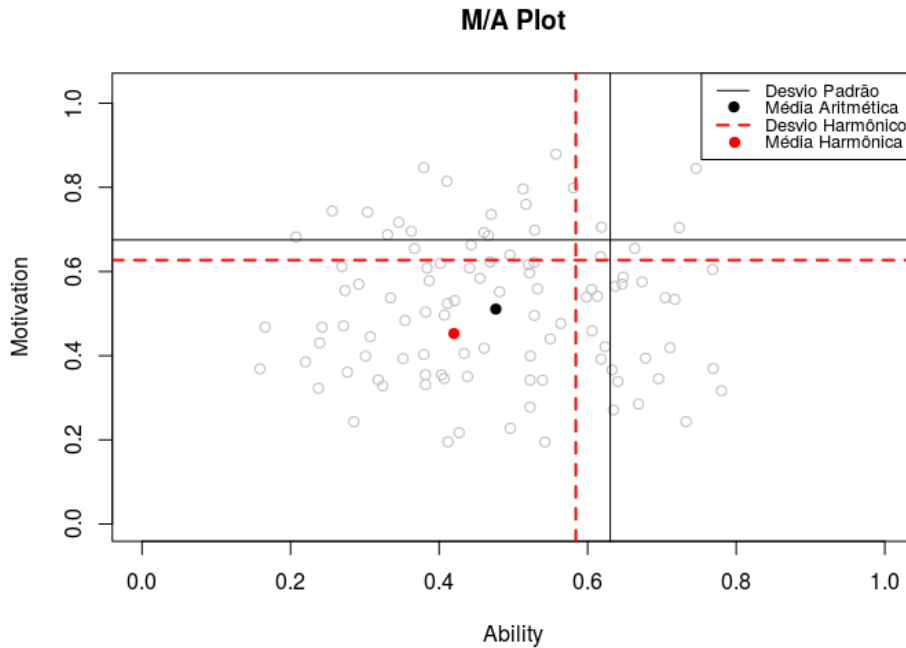


Figura 3.14: Comparação entre medidas de dispersão de dados de Motivação e Habilidade.  
Fonte: O autor

Dessa maneira, fica definido neste trabalho que observações que representam graus elevados para Motivação e Habilidade são aqueles registros acima de  $\Phi$  desvios harmônicos no conjunto de dados, com  $\Phi \geq 1$ . Assim, independente da distribuição dos valores de M/A, aproximadamente 1/4 das observações representam valores não usuais ao conjunto de dados (Black, 2011).

Essa relação estabelecida para elevado grau de Motivação e Habilidade pode ser estendido ao raciocínio análogo para baixo grau de Motivação e Habilidade. De acordo com a dispersão dos

dados, dessa maneira, é possível ter informações relevantes a sua distribuição e dessa maneira melhor categorizar suas observações.

É importante não confundir o conceito sobre observações acima da curva limite de ativação comportamental com valores elevados de  $M/A$ . O fato do valor observado estar acima da linha de ação define qual tipo de gatilho deve ser utilizado, no caso um gatilho do tipo *signal*. Entretanto, valores de Motivação elevados e Habilidade baixa descrevem um comportamento de gatilho *Facilitador*, por outro lado, Motivação baixa e Habilidade elevada caracteriza um gatilho do tipo *Faísca*. Tais valores são encontrados próximos e abaixo da linha de ação.

Portanto, com a identificação da dispersão dos dados e consequente obtenção de registros com elevado grau de Motivação ou Habilidade possibilita verificar, não apenas a localização do indivíduo mas também se determinado registro já esta na região comportamental alvo, ou seja, com Motivação e Habilidade na região ideal no contexto do processo persuasivo que estiver sendo avaliado.

### 3.8 Eventos Gatilhos

Os eventos gatilhos (do inglês *Trigger*) são estímulos que o sujeito avaliado deve receber de modo que sua compreensão seja realizada de maneira plena, e assim favorecer a realização da ação necessária em busca do comportamento alvo desejado.

Para isso, existem três regiões principais para tais estímulos. De acordo com o nível de Motivação e Habilidade, um gatilho específico deve ser enviado ao indivíduo. Contudo, o ideal é garantir que os valores de  $(M,A)$  estejam acima da curva limite de ativação comportamental (Fogg, 2009a).

Esse critério é fundamental pois assim, um gatilho do tipo *signal* deve ser enviado. Tais estímulos caracterizam-se por serem os mais simples, e de acordo com o grau de Motivação e Habilidade do sujeito a eficiência desse estímulo em busca do comportamento alvo é realizado de maneira quase automática e natural.

#### 3.8.1 Posicionamento dos eventos gatilhos

A localização de eventos gatilhos está intrinsecamente relacionada ao posicionamento da curva limite de ativação comportamental. Dessa maneira, a proposta em utilizar a linha de ação dinâmica estabelecida nesse trabalho torna-se coerente quando relacionada ao correto posicionamento de eventos gatilhos.

Percebe-se empiricamente as regiões conforme demonstra a Fig.2.6. Contudo, nessa seção serão apresentadas as equações que descrevem essa relação conceitual quando utilizada conjuntamente com a curva limite de ativação comportamental dinâmica.

O FBM informa três regiões que definem os tipos de eventos gatilhos:

- **Faísca:** Toda observação com elevado grau de Habilidade e baixa Motivação.

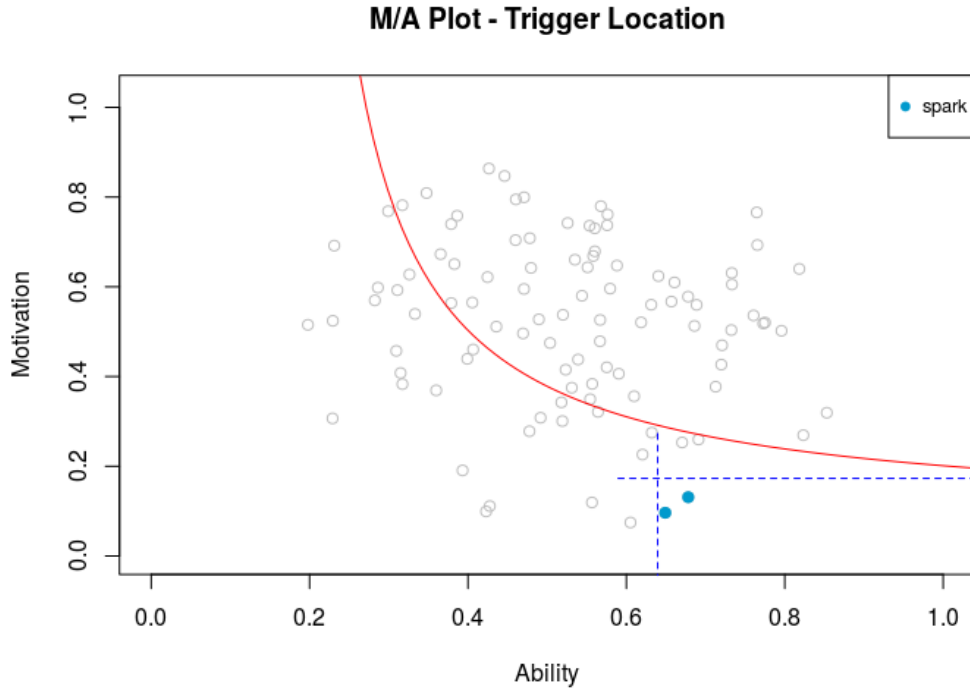


Figura 3.15: Observações na região do evento gatilho *Faísca*. Fonte: O autor

Matematicamente, essa relação é dada por:

$$\forall x_i; M < \left\{ \frac{n}{\sum_{j=1}^n \frac{1}{m_j}} - \Phi \left[ \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left( x_i - \frac{n}{\sum_{j=1}^n \frac{1}{m_j}} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \right\} \quad (3.49)$$

$$\forall x_i; A > \left\{ \frac{n}{\sum_{j=1}^n \frac{1}{a_j}} + \Phi \left[ \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left( x_i - \frac{n}{\sum_{j=1}^n \frac{1}{a_j}} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \right\} \quad (3.50)$$

Com o conceito definido por Fogg de que tal gatilho aplica-se a observações com elevada Habilidade e baixa Motivação e conforme definido anteriormente, é possível estabelecer o equacionamento que descreve a região correspondente ao evento gatilho do tipo *faísca*.

- **Facilitador:** Toda observação com elevado grau de Motivação e baixa Habilidade.

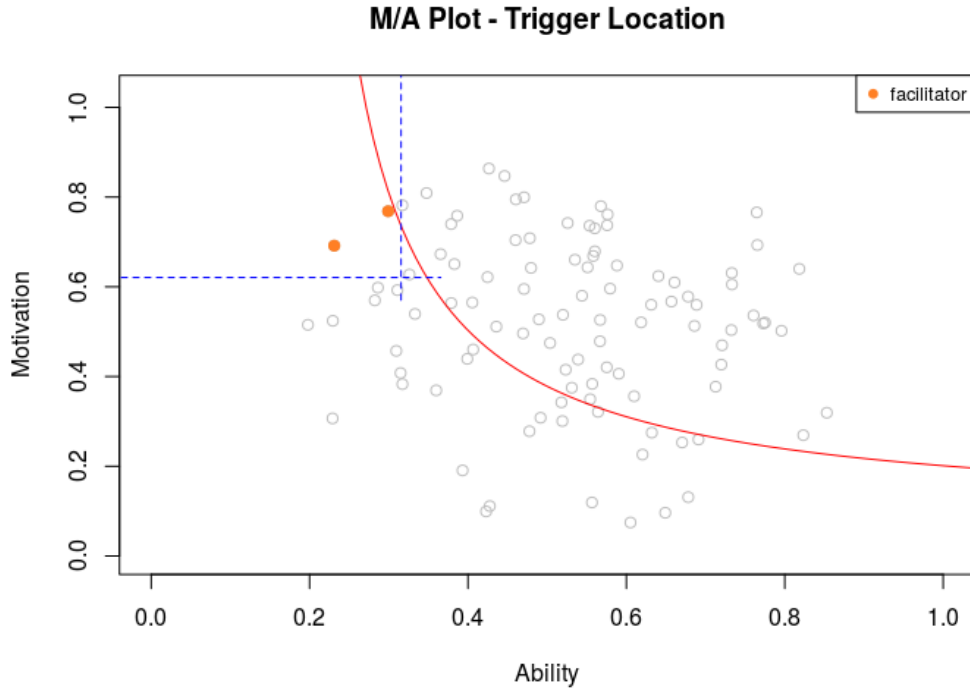


Figura 3.16: Observações na região do evento gatilho *Facilitador*. Fonte: O autor

Matematicamente, essa relação é dada por:

$$\forall x_i; A < \left\{ \frac{n}{\sum_{j=1}^n \frac{1}{a_j}} - \Phi \left[ \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left( x_i - \frac{n}{\sum_{j=1}^n \frac{1}{a_j}} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \right\} \quad (3.51)$$

$$\forall x_i; M > \left\{ \frac{n}{\sum_{j=1}^n \frac{1}{m_j}} + \Phi \left[ \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left( x_i - \frac{n}{\sum_{j=1}^n \frac{1}{m_j}} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \right\} \quad (3.52)$$

O raciocínio análogo é estabelecido na definição desse evento gatilho. Dessa forma, uma observação com elevado grau de Motivação e baixa Habilidade deve ser empregado um estímulo que facilite a execução da tarefa a um nível de habilidade. O equacionamento definido é capaz de identificar observações do conjunto de dados que estejam contidas nessa região conceitualmente definida por Fogg.

- **Sinal:** Toda observação acima da curva limite de ativação comportamental.

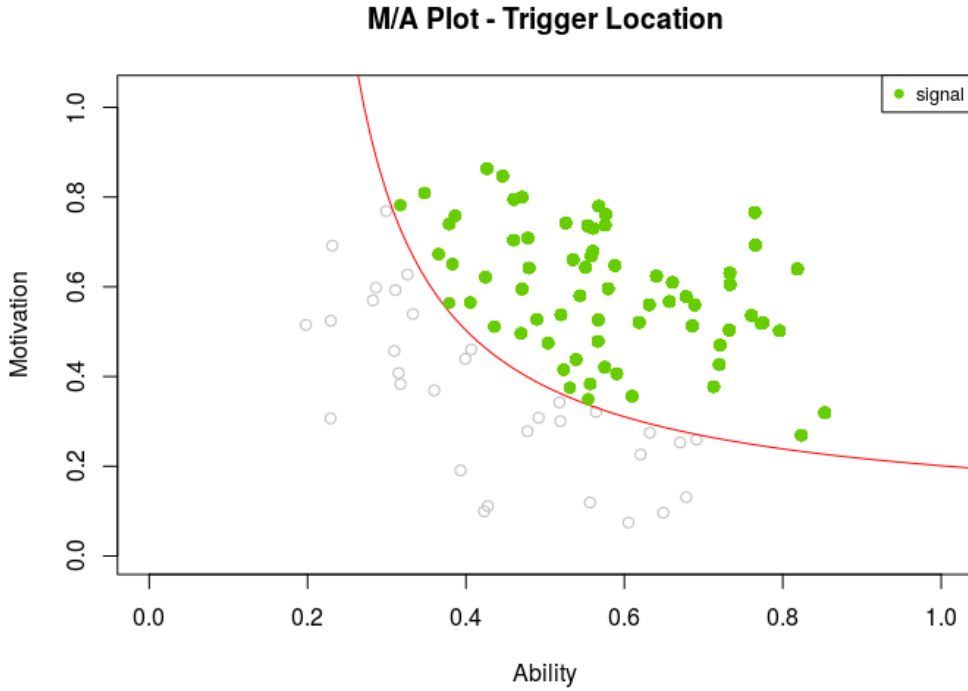


Figura 3.17: Observações na região do evento gatilho *signal*. Fonte: O autor

Matematicamente, essa relação é dada por:

$$\forall(M, A); (M, A) > \left[ \left( y - \frac{n}{\sum_{j=1}^n \frac{1}{m_j} + \alpha} \right) = \frac{1}{\left( x - \frac{n}{\sum_{j=1}^n \frac{1}{a_j} + \alpha} \right)} \right] \quad (3.53)$$

com  $x \in [0, 1]$ . O evento gatilho do tipo *signal* é considerado o mais fácil de ser implementado pois assume que os indivíduos possuem grau de Motivação e Habilidade relativamente elevados para que um estímulo simples possa desencadear o comportamento esperado (Fogg, 2009a). De acordo com esse conceito, a utilização da curva limite de ativação comportamental posicionada dinamicamente em relação a tendência central dos dados assegura uma quantidade coerente de observações que enquadram-se nessa categoria de gatilho.

Em virtude dessa modelagem matemática, é necessário avaliar se o equacionamento está conciso e condizente com uma aplicação baseado no FBM. No próximo capítulo, será apresentado um ambiente baseado em agentes para a validação da modelagem e averiguação do comportamento da linha de ação assim como o posicionamento de eventos gatilhos.

## 4 VALIDAÇÃO BASEADA EM AGENTES

Um sistema multiagente consiste em múltiplas entidades denominada *agentes* que interagem em um ambiente compartilhado com o interesse em satisfazer algum objetivo individual ou coletivo. Por outro lado, simulação consiste na avaliação de um modelo operacional ao longo do tempo (Uhrmacher, 2009). A utilização de simulação baseada em agentes tem por objetivo avaliar o comportamento de um conjunto de operações em função do tempo, caracterizadas por um domínio de aplicação dinâmico.

O processo de modelagem via agentes foi adotado para emular um ambiente capaz de satisfazer as condições para implementação do FBM baseado em simulação de interações sociais (Mangina, 2010). Para isso, foi utilizada a ferramenta livre Netlogo<sup>9</sup>. A estrutura da simulação consiste em:

- Cada agente é inicializado com todas as variáveis de Motivação e Habilidade.
- Existe uma probabilidade intrínseca a cada agente de ser influenciado ou não. Esse recurso serve para justificar como pessoas de fato operam. Nem sempre o indivíduo está receptivo a alguma influência. No contexto do problema, a cada interação, uma probabilidade de influência é gerada e comparada com a probabilidade intrínseca de ser influenciado pelo agente em contato. Caso seja maior o agente é influenciado, caso contrário nada ocorre. Esse critério serve como ponderação pois a mudança de comportamento, na prática, não é constante. Logo, nem sempre um agente é influenciado, ou é um agente difícil de ser influenciado.
- Conforme as interações entre agentes ocorrem, dois contadores são atualizados. O contador **pos** informa a quantidade de interação que o agente entrou em contato com outros agentes apresentando influência positiva. Análogo para agentes negativos e o contador **neg**. Esse critério foi implementado de modo a garantir que, conforme o convívio social, existem influências tanto de maneira positiva quanto negativa. Contudo, esse recurso é de caráter apenas visual, ou seja, positividade ou negatividade não está relacionada com a intensidade de Motivação ou Habilidade.
- Em função dessa quantidade de interação positiva e negativa, caso o agente não apresente uma quantidade superior a 5% comparada com a influência oposta<sup>10</sup>, esse é então rotulado como um agente neutro, ou seja, não tem pré disposição para representar um agente positivo ou negativo.
- Caso o agente apresente mais contato com agentes positivos, aquele assume a cor azul. Sendo agente negativo assume a cor vermelha e neutro a cor cinza.

---

<sup>9</sup>O Netlogo consiste em uma linguagem de programação e um ambiente integrado para o desenvolvimento de processos baseados em agentes. Disponível em <https://ccl.northwestern.edu>

<sup>10</sup>Regra empírica para relacionar o fato de que indivíduos tendem intuitivamente a um comportamento positivo ou negativo.

- Se o agente apresentar uma tendência correspondente a 25% superior a oposta<sup>11</sup>, esse agente será classificado como um *agente recruta*.
- Devido a constante interação entre agentes, o sistema não converge.

Para a modelagem do problema foram consideradas quatro categorias de agentes: Regulares, Influenciadores, Recrutas e Extremos.

**Agentes Regulares:** São considerados entidades comuns, em um ambiente social estariam relacionados a pessoas ordinárias. Contudo, são classificados como neutro, positivos ou negativos. Essas categorias refletem a tendência individual em promover o aumento ou diminuição de atributos motivacionais. No convívio social, é notável a presença de sujeitos com atitudes neutras, positivas e negativas.

**Agentes Influenciadores:** São considerados aqueles que possuem um nível de Motivação e Habilidade mais elevado. Nesse trabalho, foi considerado valores de M/A entre dois e três desvios harmônicos do conjunto de dados. Vale ressaltar que o conceito de desvio harmônico é análogo ao desvio padrão, apenas considerando a tendência central como a média harmônica dos dados. Os agentes Influenciadores possuem um poder maior na obtenção da Motivação ou Habilidade. Sujeitos influenciadores na sociedade são aquelas pessoas capazes de promover um questionamento interno no sujeito receptor, tanto de maneira positiva quanto negativa.

**Agentes Recrutas:** Como cada agente apresenta um contador de interações positivas e negativas, caso o agente ainda não seja classificado como influenciador, devido ao valor de M/A, esse agente com alta contagem positiva ou negativa, passa a “recrutar” agentes neutros. No convívio social são aquelas pessoas que não são de fato influenciadores mas caracterizam-se por serem indivíduos com uma tendência comportamental latente.

**Agentes Extremos:** São aqueles que apresentam grau de Motivação e Habilidade extremamente elevados (acima de três desvios harmônicos). São entidades capazes de promover um aumento significativo na Motivação e Habilidade de outros agentes, sejam regulares, influenciadores ou recrutas quando em contato com esses. Na sociedade, tais pessoas podem ser descritas como os “gurus”, palestrantes motivacionais ou autores de livros de autoajuda.

O processo de interação entre os agentes e seu comportamento foi definido de acordo com o fluxograma apresentado na Fig.4.1. Nesse trabalho, é considerado uma interação entre agentes quando ocorrer o contato entre um agente e seu vizinho.

---

<sup>11</sup>Essa regra empírica está analogamente associada com o primeiro quartil de uma distribuição de dados.

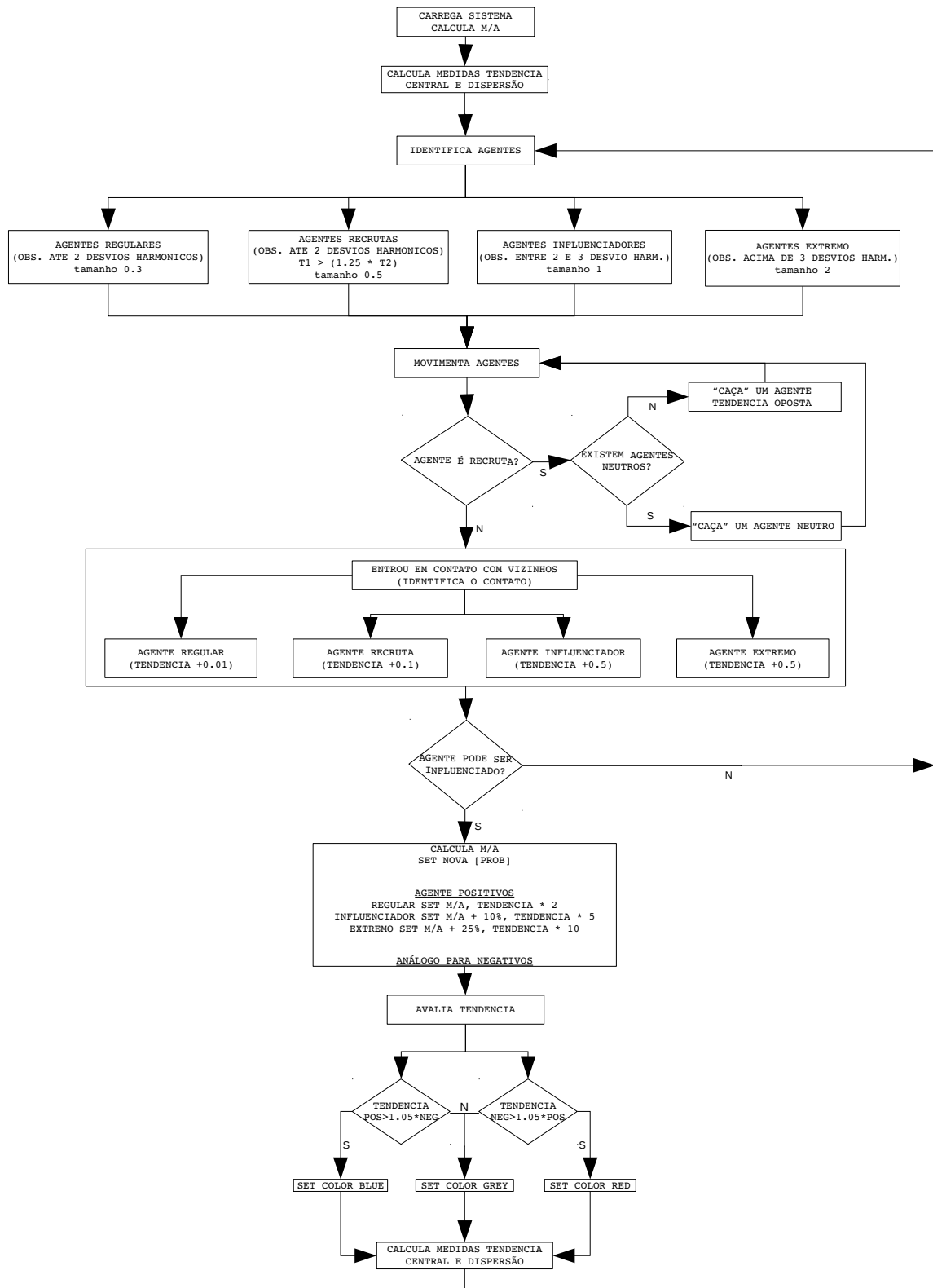


Figura 4.1: Processo interativo entre agentes. Fonte: O autor

O código implementado em ambiente Netlogo pode ser encontrado no Apêndice 2.

De acordo com o tipo do agente, a Motivação e Habilidade serão calculadas e incrementadas. Quando ocorrer a interação entre agentes regulares, o novo valor para M/A é calculado randomicamente. A interação com um influenciador promove um aumento dos valores de M/A em 10%. Esse fator serve para destacar que agentes influenciadores apresentam um poder maior de persuasão. Análogo para interação com um extremo onde ocorre um incremento de 25%. Proporção análoga para decremento em agentes influenciadores e extremos negativos.

Dado a aleatoriedade do sistema, valores de M/A para qualquer agente pode ser aumentado ou diminuído. Com isso, o sistema apresenta um caráter não convergente, o que é válido pois relaciona-se fortemente com o esperado em um comportamento social.

O sistema apresenta um controle de todas as variáveis do FBM, conforme demonstra a Fig.4.2. Assim, é possível perceber como a contribuição de cada variável influencia no deslocamento do conjunto de dados e na curva limite de ativação comportamental.

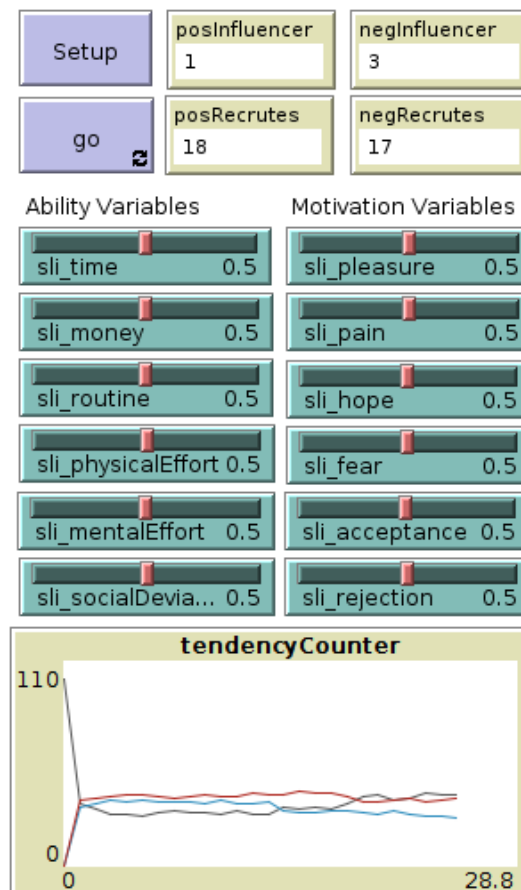


Figura 4.2: Controle das variáveis do FBM no ambiente baseado em agentes. Fonte: O autor

A curva limite de ativação comportamental foi implementada no ambiente de simulação baseado em agentes. Conforme o cálculo de  $M/A$  é realizado e atualizado no conjunto de agentes, a tendência central é recalculada. Consequentemente a linha de ação dinâmica proposta nesse trabalho é reposicionada.

Com esse painel implementado, é possível verificar o comportamento dos pares  $(M,A)$  através de um gráfico bidimensional, além do posicionamento da curva fixa, proposta por Fogg. Dessa maneira, como a curva limite de ativação comportamental com caráter dinâmico é notável a constante obtenção das regiões correspondentes aos eventos gatilhos. A Figura 4.3 demonstra a configuração desse painel auxiliar.

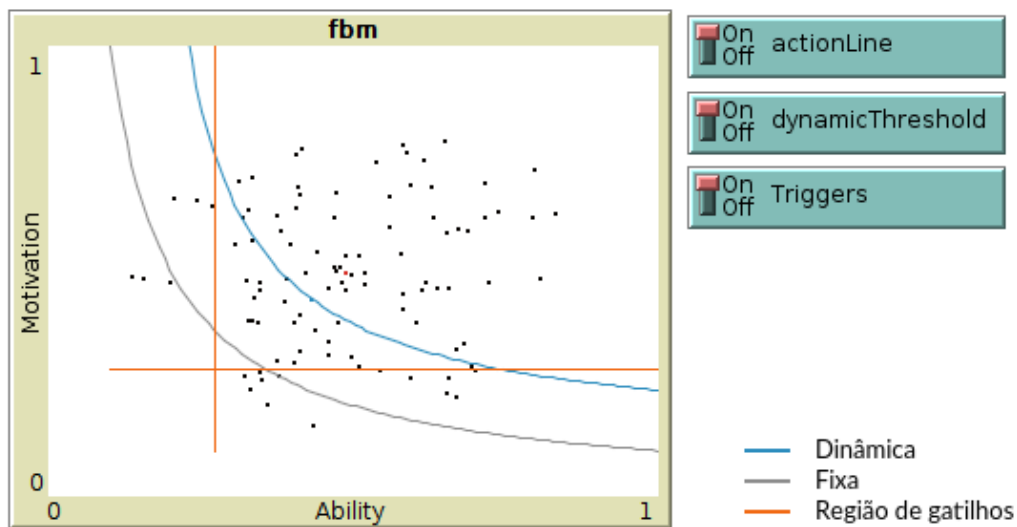


Figura 4.3: Visualização da curva limite de ativação comportamental teórica e dinâmica no ambiente baseado em agentes. Fonte: O autor

Contudo, a Fig.4.4 demonstra o sistema completo e dois painéis gráficos implementados para verificar visualmente o comportamento das médias dos valores de Motivação e Habilidade. O primeiro localizado na parte inferior esquerda demonstra a tendência dos agentes regulares classificados como positivo, negativo ou neutro. O segundo, localizado na parte inferior direita, fica evidente o caráter dinâmico da interação entre os agentes assim como verificar, que a cada variável alterada manualmente, o valor respectivo para  $M/A$  tende a ser instantaneamente alterado.

O painel central, ou *grid*, apresenta os agentes no sistema. Nota-se que são apresentados em diferentes tamanhos. Os menores são agentes regulares e recrutas. Tamanho mediano são agentes influenciadores e os agentes extremos são os maiores. Na Figura 4.4 é possível notar um agente extremo positivo.

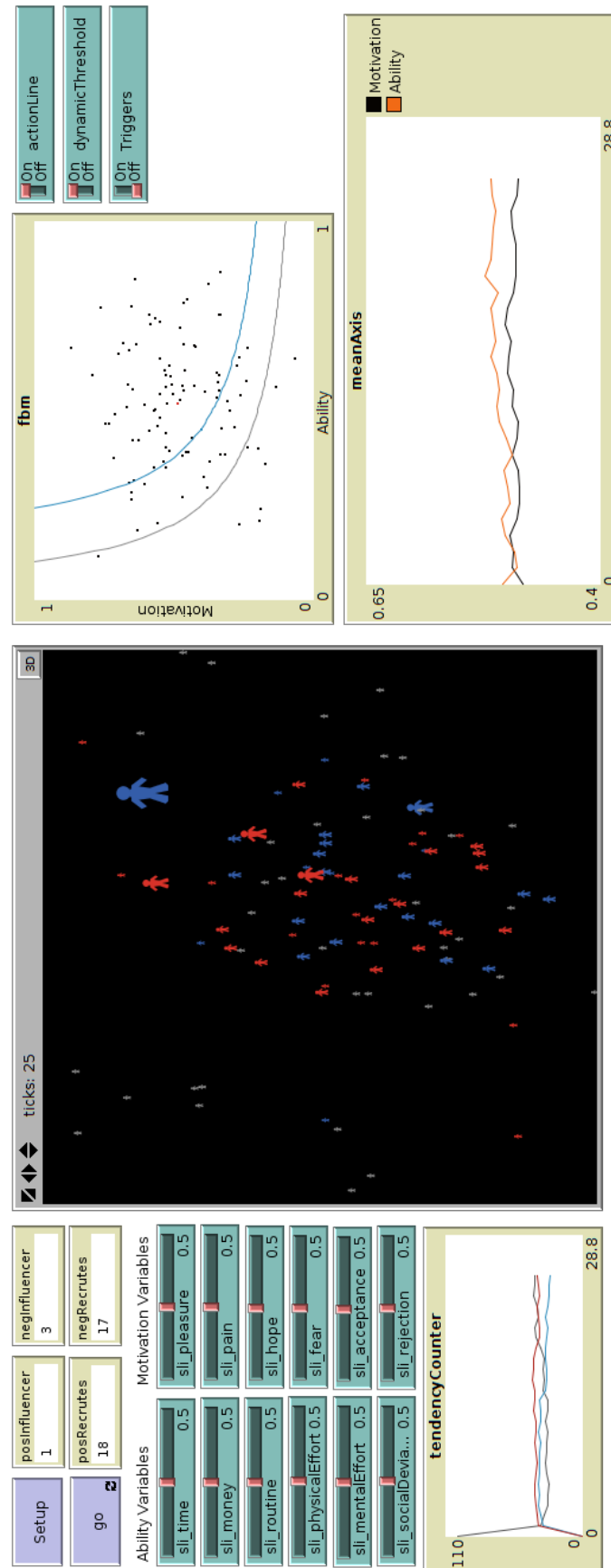


Figura 4.4: Ambiente baseado em agentes completo. Fonte: O autor

## 5 APLICAÇÕES

Nesse capítulo, serão apresentadas as aplicações desenvolvidas com base na teoria apresentada nesse trabalho. Uma aplicação, visa preencher uma lacuna na área de estatística computacional. Foi desenvolvido um pacote para o ambiente estatístico R para contribuir com um recurso capaz de auxiliar no estudo de dados resultantes de ambientes persuasivos.

Consequentemente, caso o agente tomador de decisão do processo persuasivo não possua conhecimento suficiente do ambiente R, foi desenvolvido um aplicativo para avaliação de dados provenientes de processos baseados em tecnologia persuasiva que necessite uma abordagem alinhada com a teoria de Fogg.

Essas duas aplicações garantem recursos computacionais, até então inexistentes para análise de dados oriundos de ambientes persuasivos baseados no FBM, assim como visualização e viabilidade de implementação de eventos gatilhos mais eficientes.

### 5.1 Pacote **fbmR**

Os dados gerados pelo processo de interação entre agentes resultou em um conjunto que serviu como base de dados para o desenvolvimento de um pacote para o ambiente estatístico R. Esse pacote, visa suprir uma lacuna na área de análise estatística de processos baseados em tecnologias persuasivas.

Com essa ferramenta, é possível avaliar dados oriundos de uma implementação baseada no FBM e dessa forma maximizar o controle do sujeito tomador de decisão na busca para persuadir indivíduos visando um comportamento alvo.

Esse recurso, denominado **fbmR**<sup>12</sup> apresenta os principais recursos necessários para avaliação de um processo persuasivo através da teoria de Fogg, e modelados matematicamente de acordo com o proposto nesse trabalho.

As funções **axis.Ability()** e **axis.Motivation()** são capazes de calcular o valor para o eixo de Habilidade ou Motivação de acordo com as variáveis informadas. Caso alguma variável esteja ausente, é possível estimá-la de acordo com a modelagem matemática demonstrada. Uma vez calculado o valor de M/A, o modelo FBM pode ser avaliado através da visualização das regiões correspondente aos eventos gatilhos assim como o comportamento da linha de ação. Essa função não apresenta recurso gráfico, pois consiste no processo de obtenção de valores para os eixos.

Outra função chave desse pacote é a **plotMA()**. Com essa função, um recurso visual informa a localização dinâmica da curva limite de ativação comportamental exibindo ao usuário conforme demonstra a Fig.5.1 e a comparando com a curva teórica fixa.

---

<sup>12</sup>O pacote esta disponível gratuitamente no repositório [github.com/Guimaraesmvf/fbmR](https://github.com/Guimaraesmvf/fbmR)

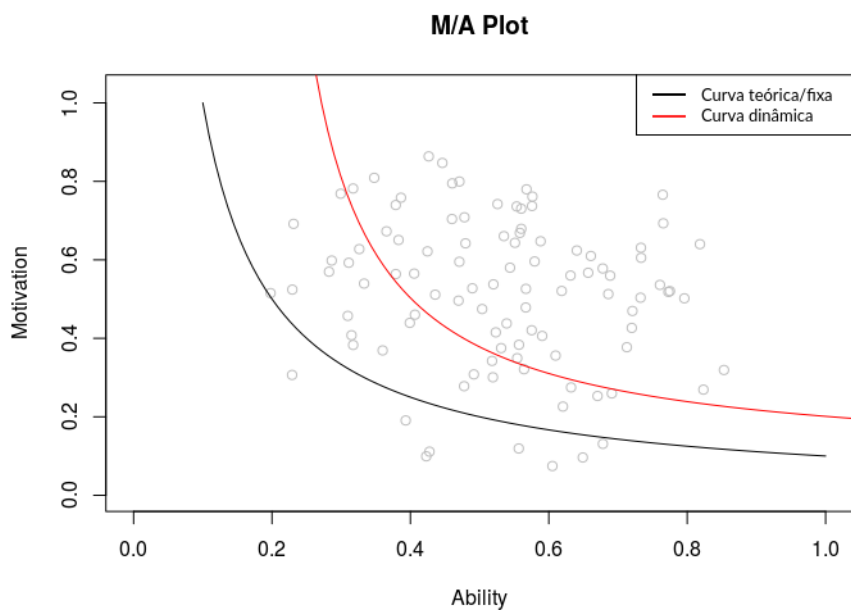


Figura 5.1: Posicionamento da linha de ação no conjunto de dados resultante da interação via agentes. Fonte: O autor

Utilizando a opção `id` presente nessa função, é possível avaliar um indivíduo específico. A Figura 5.2 mostra que o sistema automaticamente identifica sua posição no gráfico e informa qual tipo de evento gatilho e melhor indicado no console do ambiente R.

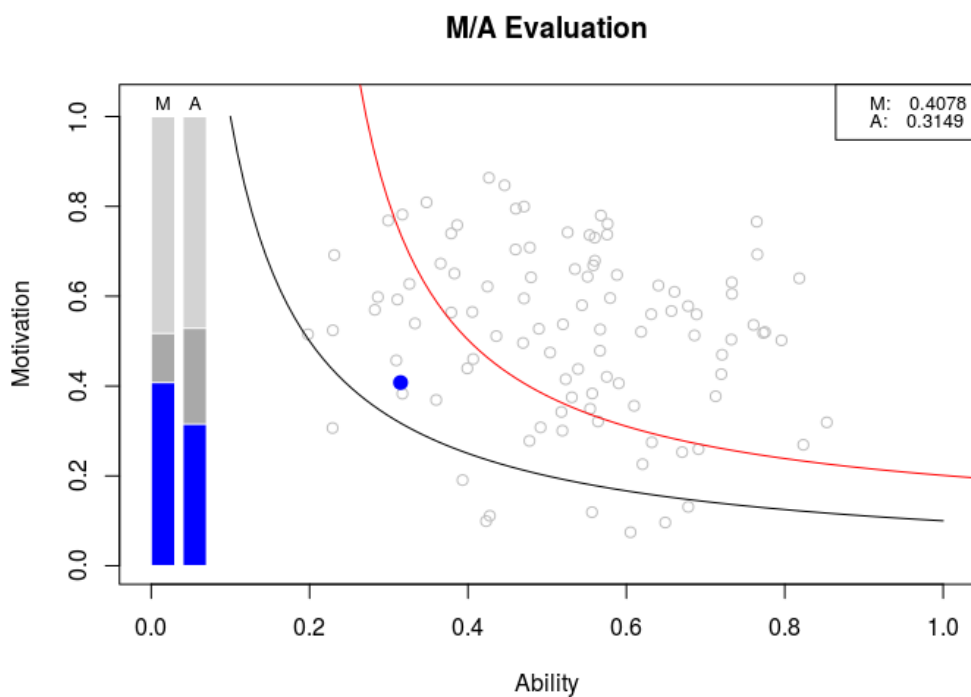


Figura 5.2: Identificação individual no gráfico e recomendação de evento gatilho. Fonte: O autor

```
> plotMA(a.est, m.est, id=1, dynamic.threshold = T, fbm.threshold = T)
Summary on observation: 1
Motivation: 0.4078
Ability: 0.3149
```

```
Recommended Trigger: Not Available
```

Com a opção `id` alguns recursos adicionais são exibidos. Nota-se na parte esquerda da janela gráfica a presença de duas colunas. Elas representam os valores dos eixos de Motivação e Habilidade do indivíduo pesquisado (azul), assim como o valor da média geral de M/A do conjunto de dados (cinza). O sujeito também aparece em destaque no gráfico, para que dessa maneira seja possível sua localização visual.

Contudo, na Fig.5.2 fica evidente a importância do relacionamento da curva limite de ativação comportamental com conjunto de dados e não apenas como um característico fixo. O sujeito avaliado possui valores de M/A abaixo da média. Além disso, não está em nenhuma região possível para aplicação de eventos gatilhos. Dessa forma, o sistema identifica como **Recommended Trigger: Not Available**.

Entretanto, caso a linha de ação adotada fosse a fixa proposta por Fogg, esse indivíduo estaria classificado equivocadamente como um evento gatilho do tipo *signal*. Cabe ressaltar, que a implementação de um evento gatilho não eficiente, acarreta custos tanto de tempo como financeiro na implementação de processos baseados em tecnologias persuasivas.

A identificação dos registros do conjunto de dados de acordo com o tipo de evento gatilho é crucial no FBM. Para isso, com o auxílio da função `trigger.status()` é possível identificar no console do ambiente R a proporção de observações encontrada em de cada região correspondente a um tipo de evento gatilho.

```
> trigger.status(a.est, m.est, plot = T)
Observations on each trigger type
n = 100
```

```
SPARK:      2      2 %
FACILITATOR: 2      2 %
SIGNAL:     69     69 %
```

Visualmente, como mostra a Fig.5.3, a função `findTriggers()` é capaz de informar quais observações pertencem a cada categoria de evento gatilho assim como a identificação das linhas correspondente aos desvios harmônicos do conjunto de dados.

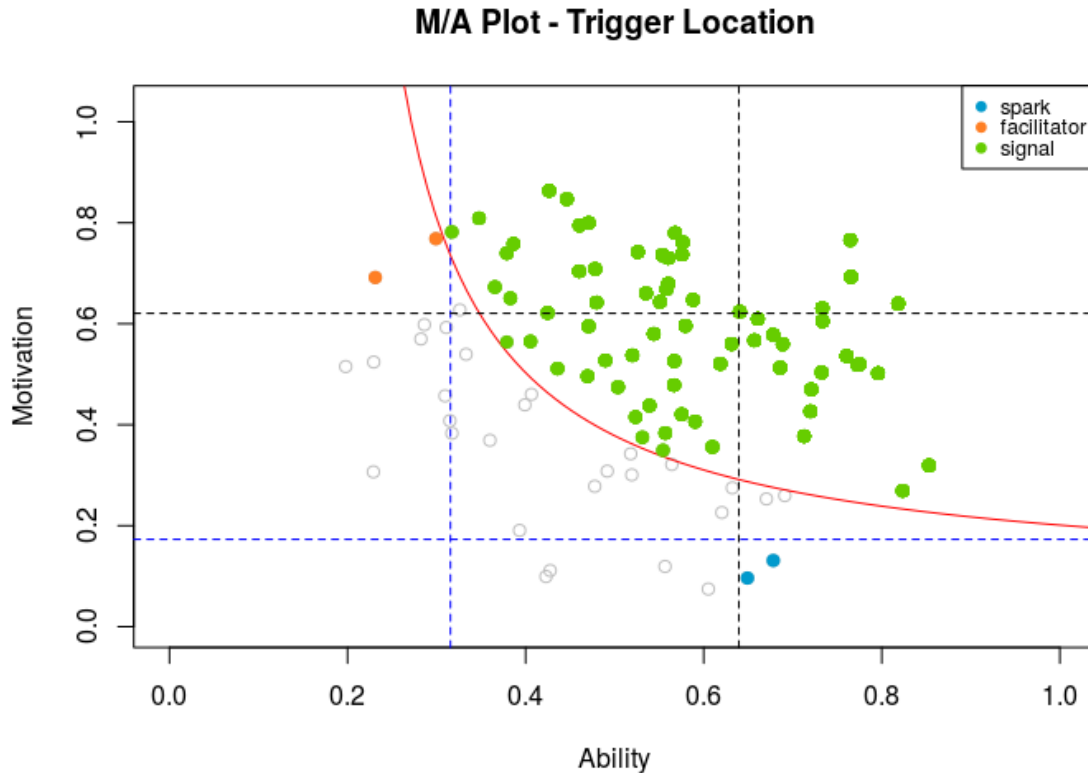


Figura 5.3: Identificação visual das observações do conjunto de dados em cada região de evento gatilho. Fonte: O autor

De acordo com o desvio harmônico do conjunto de dados, as regiões de eventos *faísca* e *facilitador* são definidas. Nota-se que com essa condição, observações imediatamente abaixo da linha de ação serão afetadas no momento em que forem avaliados os registros do evento *faísca*. Análogo para observações próximas a curva e relacionadas a eventos do tipo *facilitador*.

Essas são as principais funções implementadas no pacote **fbmR** que descrevem a funcionalidade e utilização do FBM. Essa ferramenta possibilita uma abordagem computacional robusta em um ambiente próprio para a estatística computacional. Cada função apresenta diversos parâmetros que auxiliam a refinar a interpretação de processos persuasivos de acordo com o FBM. Uma descrição completa das funções pode ser encontrada no Apêndice 3.

## 5.2 Aplicação *Persuasivo*

A aplicação *Persuasivo* visa contribuir com um ambiente computacional para análise de dados oriundos de processos baseados em implementações do FBM. Contribui tecnicamente preenchendo uma lacuna na área pois, conforme mencionado nos trabalhos relacionados, a utilização do FBM é realizada muitas vezes como um pretexto justificativo para implementação de critérios *ad-hoc*.

Com essa ferramenta, é possível interpretar dados gerados a partir de experimentos condizentes com o FBM e, caso necessário, ainda estimar valores para variáveis ausentes. Dessa maneira, essa aplicação resulta em um sistema capaz de gerar conhecimento através de informações coletadas de acordo com a teoria de Fogg.

A Fig.5.4 demonstra a tela inicial do sistema. Para iniciar o procedimento de análise dos dados é necessário que sejam informadas as variáveis utilizadas no processo. Para demonstração dessa aplicação, foram utilizadas as variáveis de Motivação *Pleasure*, *Fear*, e de Habilidade *Time*, *Mental Effort*, *Social Deviation* provenientes do processo de simulação baseada em agentes. As demais variáveis foram estimadas pelo sistema *Persuasivo* a partir da modelagem proposta nessa dissertação.



Figura 5.4: Configurações iniciais da aplicação *Persuasivo*. Fonte: O autor

Na Fig.5.4.(1) é informado a quantidade da amostra de dados. Se os dados forem carregados a partir de um arquivo, o sistema identificara o  $n$  amostral. Caso todas variáveis sejam estimadas, é necessário informar o número de observações.

A Fig.5.4.(2) é demonstrado as variáveis para formação do eixo de Habilidade. Após informar todas as variáveis, seja a partir de dados coletados ou estimados, o sistema libera a

possibilidade de geração do eixo conforme Fig.5.4.(3). Raciocínio análogo para a formação do eixo de Motivação. Somente após o processo de formação dos eixos estar concluído o sistema autoriza a inicialização da análise dos dados, conforme Fig.5.4.(4).

A Fig.5.5 mostra a etapa seguinte do procedimento de análise, que consiste em uma área destinada para avaliação e interpretação do comportamento do conjunto de dados.

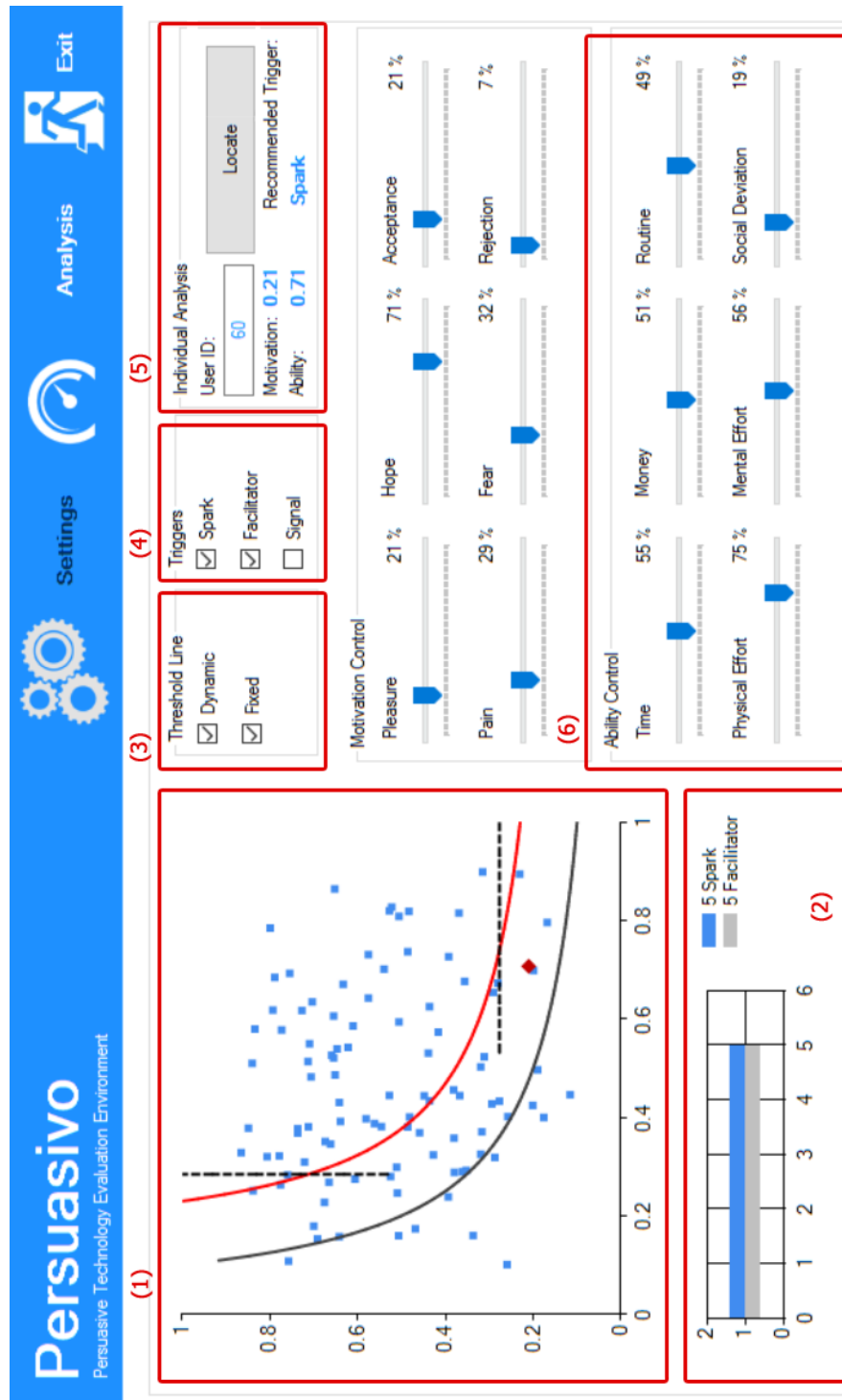


Figura 5.5: Análise dos dados na aplicação *Persuasivo*. Fonte: O autor

O painel presente na Fig.5.5.(1) mostra um gráfico de dispersão dos valores obtidos para Motivação e Habilidade. Essa janela gráfica é o centro visual de análise e as atualizações de valores de variáveis serão aqui apresentados.

O sistema ainda apresenta a proporção de registros encontrado em cada região de aplicação de um evento gatilho conforme Fig.5.5.(2). Assim, o administrador do ambiente persuasivo tem o controle de qual gatilho é melhor indicado no estado atual do sistema.

No conjunto de controles apresentados na Fig.5.5.(3) o sistema auxilia na visualização da curva limite de ativação comportamental fixa, proposta por Fogg, ou dinamicamente alocada de acordo com a tendência central do conjunto de dados.

Os controles seguintes, Fig.5.5.(4) informam a região correspondente aos tipos de eventos gatilhos, assim adicionando outro recurso visual na janela gráfica Fig.5.5.(1).

O painel Fig.5.5.(5) atua como um recurso individual. Nessa opção, é possível analisar apenas uma observação. Dessa maneira, seja uma observação latente no conjunto de dados, que necessite averiguação específica, é possível estudá-la através desse controle. Com isso, informações adicionais como valores de Motivação e Habilidade individual são fornecidas assim como o evento gatilho recomendado, esse calculado automaticamente pelo sistema *Persuasivo*<sup>13</sup>.

Os controles individuais de cada variável dos eixos de Motivação e Habilidade, Fig.5.5.(5), fornecem um recurso adicional e visual para a investigação de novos valores. Com esse controle, é possível verificar, em tempo real, qual variável é melhor indicada para alteração de tal forma que favoreça a obtenção do comportamento alvo.

Essa aplicação visa preencher uma lacuna na área de análise de dados provenientes de ambientes persuasivos que utilizem o FBM. Através da modelagem matemática proposta nesse trabalho, foi desenvolvido um sistema que apresenta funcionalidades necessárias para o estudo e implementação de ambientes persuasivos. O controle fornecido sobre cada variável é fundamental para que eventos gatilhos com maior eficiência sejam investigados.

---

<sup>13</sup>O sistema *Persuasivo* está disponível no repositório [github.com/Guimaraesmvf/Persuasivo](https://github.com/Guimaraesmvf/Persuasivo)

## 6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A modelagem matemática do processo de formação dos eixos do FBM apresentada nesse trabalho garante um recurso teórico indisponível, até o momento, na área de implementação persuasiva utilizando Fogg. A utilização de todas as variáveis propostas no FBM garante a integridade da formação dos eixos.

Para a obtenção do característico numérico de cada variável é sugerido a utilização de testes psicométricos. Tais procedimentos são capazes de mensurar traços latentes do indivíduo. Contudo, caso não seja possível ou por opção não utilizá-los, é condizente adotar um critério de valores resultante por escalas de percepção.

Não foram coletados dados reais por inviabilidade de tempo e definição de um processo coerente sobre a teoria de Fogg. Para contornar essa situação foi utilizado um procedimento gerados de resultados para as variáveis através da distribuição uniforme. Essa distribuição de probabilidade foi adota sob qualquer outra pois garante que qualquer ponto amostral assume mesma probabilidade de ocorrência. A utilização de outras distribuições de probabilidade assumiria a prerrogativa de que existe uma determinada tendência central e dispersão nos dados.

Dessa maneira, a modelagem proposta satisfaz os requisitos de formação dos eixos, pois utiliza todas variáveis e estima valores condizentes com resultados experimentais, quando esses adotados via testes psicométricos, escalas de percepção interna ou externa ou procedimentos mistos que englobem essas técnicas.

Com o ambiente de interação baseado em agentes implementado, foi possível avaliar o comportamento dos eixos. As variáveis foram implementadas em forma de controles para a realização de ajustes quando necessário.

Inicialmente, a Fig.6.1 mostra os resultados do ambiente baseado em agentes implementado, que possibilitou a visualização do comportamento da modelagem matemática proposta para a formação dos eixos de Motivação e Habilidade do FBM.

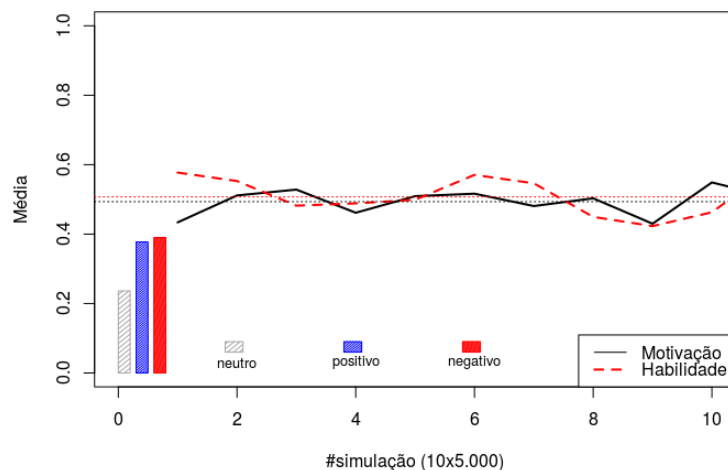


Figura 6.1: Comportamento dos valores obtidos para os eixos. Fonte: O autor

Nota-se que após 50.000 simulações, o comportamento dos eixos de Motivação de Habilidade ainda atua de maneira dinâmica. Esse resultado fornece a garantia de que o sistema não converge, e a constante interação entre os agente satisfaz com que diferentes valores para as variáveis sejam obtidos. Dessa forma, em um momento arbitrário um agente pode aumentar sua Motivação por apenas reduzir a variável *Dor* ou aumentar a *Esperança*. Raciocínio análogo para valores do eixo de Habilidade.

Contudo, observa-se que a tendência média dos agentes satisfaz todas as classes. São encontrados agentes positivos e negativos com uma proporção semelhante. Entretanto, uma proporção menor de agentes neutros é informada. Pelo sistema apresentar característica não convergente, essa proporção também tende a comportar-se de maneira dinâmica.

Se um fator de distúrbio for incluído no sistema, ou seja, forçar o aumento de alguma variável, a Fig.6.2 mostra que os valores dos eixos são sensivelmente afetados. Foram utilizados valores para *Esperança* e *Esforço Mental*.

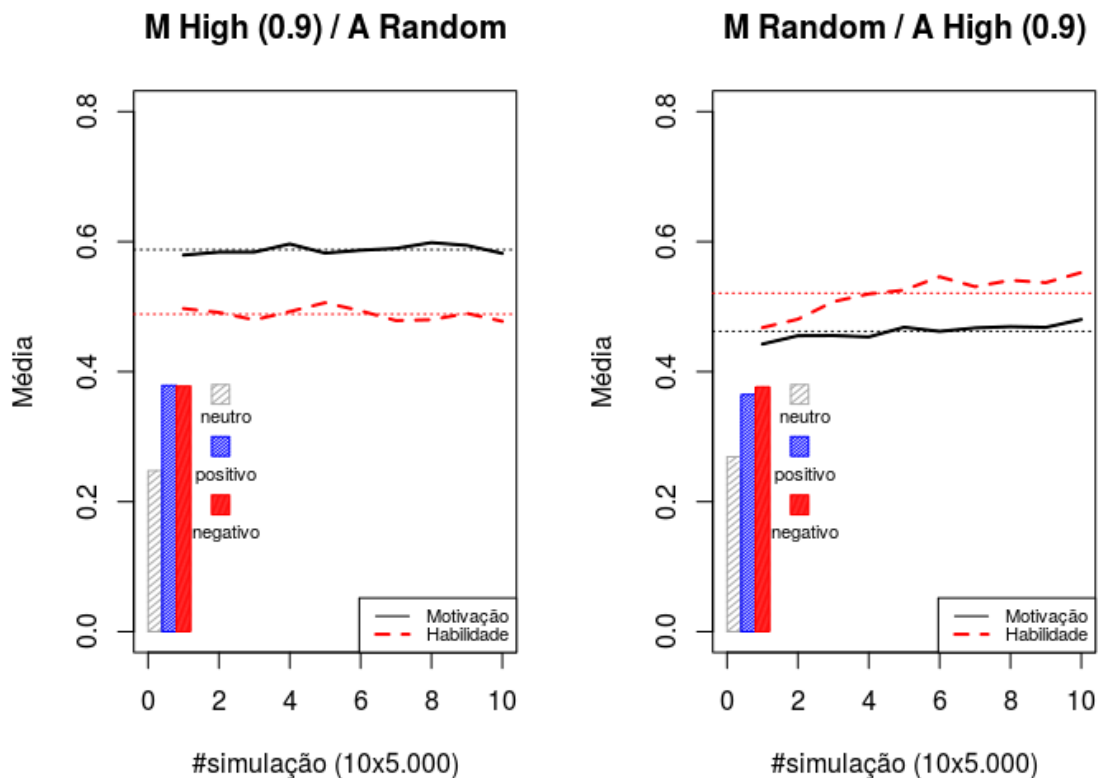


Figura 6.2: Comportamento dos valores obtidos para os eixos com distúrbio em uma variável. Fonte: O autor

O fato da proporção de tendência estar aproximado entre os dois resultados demonstra que nem Motivação nem Habilidade estão relacionados ao fato de um agente apresentar comportamento positivo ou negativo. Assim, Motivação alta não implica em positividade. Análogo para Habilidade. Um sujeito pode estar altamente motivado para realizar uma atitude negativa, algum ato ilícito por exemplo. Portanto, é importante não confundir a tendência positiva ou negativa com os graus de Motivação ou Habilidade.

De acordo com essa modelagem matemática, foi possível gerar um conjunto de dados sintéticos para avaliação dos demais recursos presente no FBM. A etapa seguinte consistiu em verificar as propriedades da curva limite de ativação comportamental ou linha de ação.

Conforme demonstrado, utilizar uma função que apresente relação linear entre os eixos, embora seja matematicamente mais simples, não resulta em uma abordagem válida para a demanda do FBM. Isso porque  $\exists A; M = 0$ . Logo, a equação  $B = MAT$  não é satisfeita pois resulta em  $B = 0$ , que significa não ocorrência de comportamento.

Por outro lado, é assumido que a curva proposta por Fogg é válida. Contudo, tal função apresenta uma relação intrínseca quando relacionada com eventos gatilhos conforme demonstra a Fig.2.6. Fato esse que é subestimado na literatura. Por ser um tópico inexplorado e sem referencial teórico, por muitas vezes é completamente desconsiderado em análises de implementações baseadas no FBM.

Nenhum dos trabalhos relacionados apresentados nessa dissertação abordam aspectos da linha de ação. Dessa forma, como contribuição teórica, foi fornecido um entendimento e formalização matemática de um tópico fundamental da teoria de Fogg.

Fogg apenas apresenta conceitualmente a curva limite de ativação comportamental. Nenhuma equação que descreva seu comportamento é mencionado na literatura. Assim, é proposto que a função descrita empiricamente por Fogg seja a função  $f(x) = 1/x$ , no domínio  $\mathbb{R}^+$ . Entretanto, a linha de ação é um recurso visual que pouco informa quando utilizada com um conjunto de dados, pois trata-se de um recurso conceitual, onde afirma que para todo valor acima dessa curva um evento gatilho do tipo *signal* deverá ser implementado.

Contudo, conforme o conjunto de dados recebe valores, é natural assumir que esse recurso fixo não reflete qualquer informação do conjunto de dados. Logo, é proposto que tal linha de ação seja dinâmica, e alocada na tendência central do conjunto de dados.

Para isso, a utilização da média de Kolmogorov garante um recurso robusto para a obtenção da tendência central dos dados. A média de Kolmogorov é uma generalização das principais médias através da utilização de um função e sua inversa. Com manipulações algébricas, foi obtida a média de Kolmogorov correspondente a média harmônica.

Utilizar a média harmônica no conjunto de dados provenientes de processos baseados em tecnologias persuasivas é coerente pelo fato de que a tendência central correspondente a média aritmética é fortemente influenciada por valores extremos. Dessa forma, uma linha de ação posicionada na média aritmética resultaria em valores superestimados para eventos gatilhos de qualquer tipo.

Logo, adotando a média harmônica resulta em uma tendência central mais coerente, visto que valores elevados em busca do comportamento alvo não afetará o posicionamento da curva limite de ativação comportamental.

Com isso, adotando um critério de deslocamento da função proposta através do relacionamento do seu centro com a média harmônica dos dados, resulta em uma função que não viola os critérios estabelecidos no FBM, apresenta comportamento assintótico e descreve a dinâmica do conjunto de dados.

Por essa linha de ação apresentar um comportamento dinâmico quando relacionado à tendência central dos dados, a região estabelecida por seu relacionamento intrínseco com eventos gatilhos também será dinâmico. Dessa forma, a cada interação no conjunto de dados uma nova região de gatilhos será definida.

Esse recurso é válido pois, sendo o sistema constantemente atualizado, gatilhos ineficientes podem estar sendo enviado. Com isso, custos de implementação e envio de gatilhos sem sucesso serão significativamente reduzidos.

Como o objetivo é fazer com que as observações alcancem um comportamento alvo, adotar um critério dinâmico para a linha de ação resulta em um recurso visual relacionado ao conjunto de dados para a identificação de eventos gatilhos e, dessa maneira, fornecendo um artifício para a obtenção de um comportamento alvo.

A Fig.6.3 torna evidente o relacionamento dinâmico do posicionamento da curva em relação a proposta por Fogg.

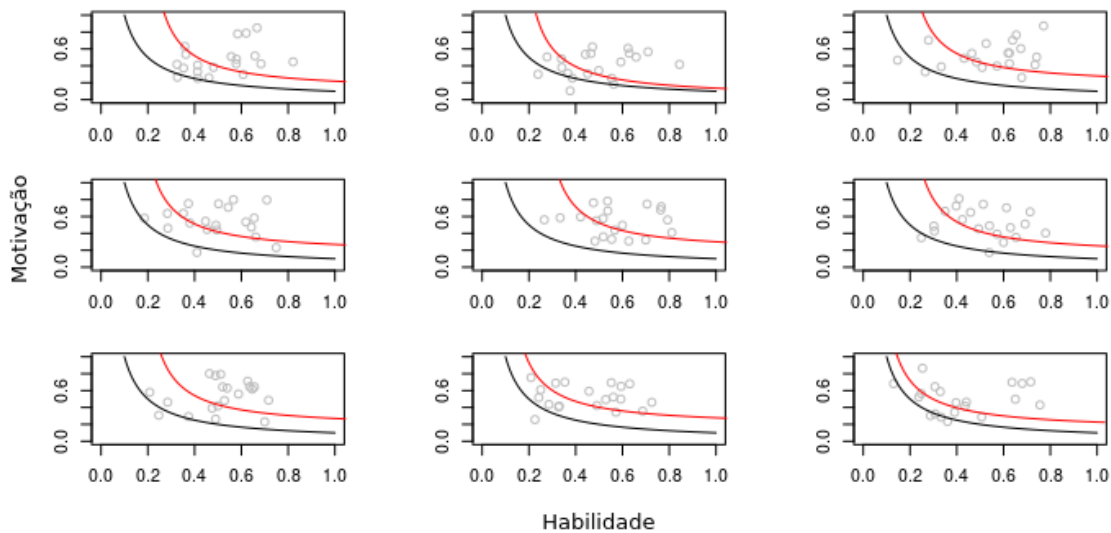


Figura 6.3: Comportamento dinâmico da curva centrada na média harmônica. Curva em vermelho (dinâmica), curva em preto (FBM). Fonte: O autor

Avaliando o posicionamento da curva limite de ativação comportamental em relação a tendência central do conjunto de dados, definido pela média harmônica, nota-se o comportamento dinâmico (Fig.6.3, curva vermelha). Esse caráter dinâmico fica mais evidente quando comparado com a curva proposta pelo FBM, que apresenta característica fixa.

Com os resultados obtidos na interação baseada em agentes foi possível verificar como a curva limite de ativação comportamental apresenta características relevantes para atuação dinâmica.

O principal critério em adotar a linha de ação dinâmica é fornecer um recurso matematicamente fundamentado para a identificação das regiões correspondentes aos eventos gatilhos. Tais estímulos são descritos empiricamente por Fogg. Nesse trabalho foi definida uma métrica capaz de coletar as observações referentes a cada evento gatilho.

Foram apresentadas as equações que descrevem cada gatilho, contribuição teoria que até o momento não foi encontrada na literatura. Com essa modelagem matemática dos eventos gatilhos, pretende-se reduzir a implementação de critérios próprios para avaliação desses estímulos quando utilizado o FBM.

Como a linha de ação atua como um guia visual para a localização de eventos gatilhos, o estímulo mais simples de ser implementado é o *senal*. Dessa forma, a Fig.6.4 demonstra a quantidade de observações acima da linha de ação que cada proposta, fixa ou dinâmica, identificou.

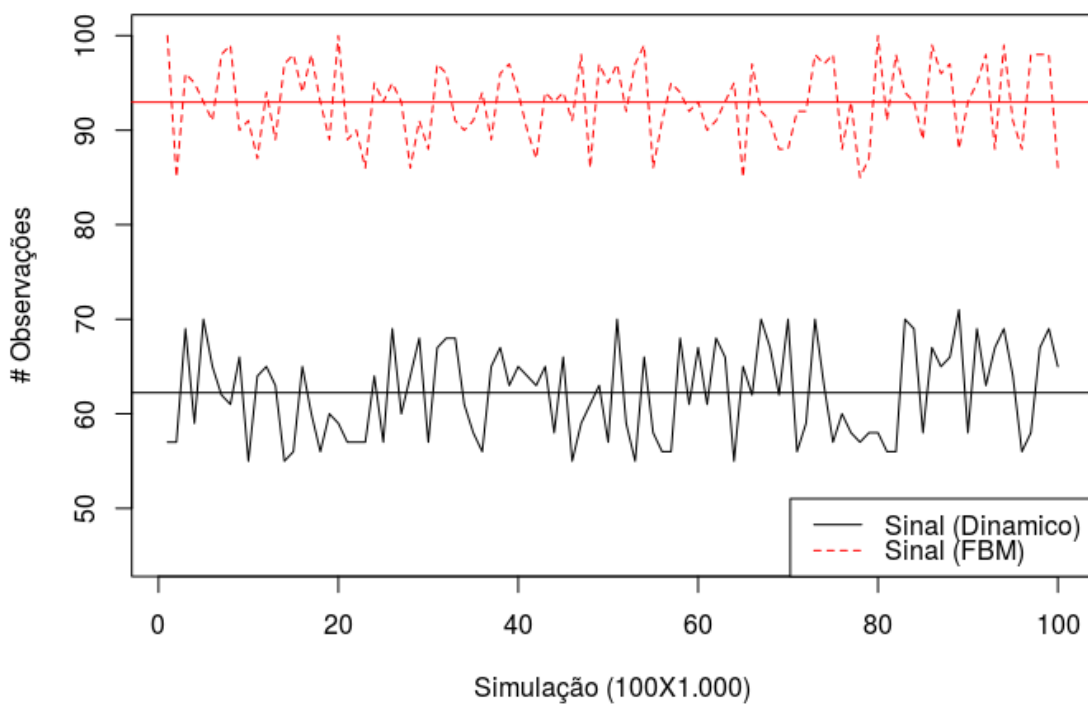


Figura 6.4: Observações registradas por cada linha de ação. Proposta Fixa e Dinâmica.  
Fonte: O autor

Utilizando uma amostra com 100 elementos, nota-se na Fig.6.4 que a linha de ação fixa captura uma quantidade próxima ao  $n$  amostral como prováveis observações pertencentes a gatilhos do tipo *senal*.

Contudo, utilizando essa abordagem da linha de ação fixa, primeiramente essa não possui relação alguma com o conjunto de dados. A cada 1000 interações entre os agentes, foram coletadas a quantidade de observações classificadas como *senal*. Percebe-se que independentemente da dinâmica dos dados, essa quantidade é elevada.

Para fins práticos, adotar uma métrica que classifique a maioria das observações em um gatilho, sem essa função estar relacionada com o conjunto de dados é inconsistente. Dessa forma, o sistema estaria enviando eventos gatilhos do tipo *senal* sem eficiência para varias observações e, conseqüentemente, essa abordagem implica custos computacionais e provavelmente financeiros.

Por outro lado, adotando a curva limite de ativação comportamental com característica dinâmica a quantidade de observações contidas na região do gatilho *senal* é significativamente reduzida. Isso resulta em uma abordagem coerente com a proposta do Fogg, pois os registros que estão classificados nesse gatilho foram identificados através de uma métrica que esta fundamentada na tendência central do conjunto de dados.

Essa dependência com o conjunto de dados é fundamental pois caracteriza a linha de ação como um recurso capaz de capturar qualquer alteração no comportamento dos dados, visto que esse é o propósito final de uma avaliação persuasiva. Entender a dinâmica dos dados de tal forma que ações possam ser implementadas visando a alteração do comportamento de um indivíduo. Não levar em consideração os dados, resultaria em uma atitude imprudente, pois não avalia a dinâmica real do que se deseja compreender.

Consequentemente, por não apresentar relação com o conjunto de dados, a curva fixa não é capaz de capturar o que conceitualmente Fogg define como eventos *Faísca*(*Spark*) e *Facilitadores*. Dessa forma, de acordo com a métrica definida para identificação de graus elevados de Motivação e Habilidade, com a linha de ação fixa não é possível estabelecer uma relação lógica entre a curva e a dispersão dos dados.

Portanto, adotando a curva limite de ativação comportamental como um recurso dinâmico relacionamento à média harmônica dos dados, é possível obter as observações contidas em cada região dos demais gatilhos conforme Fig.6.5.

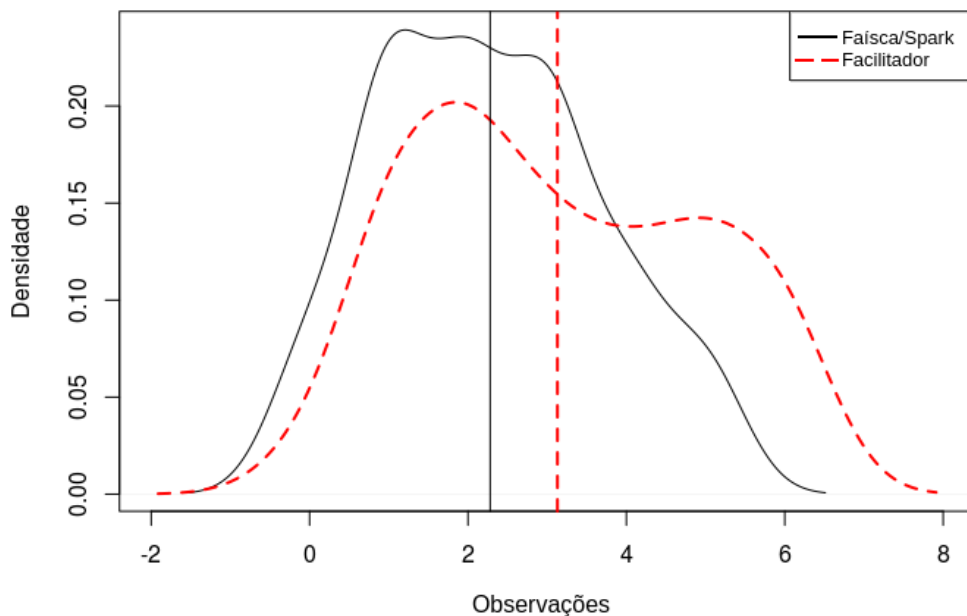


Figura 6.5: Distribuição das observações em região de gatilho *Faísca* e *Facilitador* com curva dinâmica. Fonte: O autor

Nota-se que a distribuição dos dados apresenta característica multimodal. Devido a constante interação entre agentes, destaca-se a não convergência do sistema.

Por fim, demonstra-se que a contribuição da linha de ação dinâmica está em estabelecer matematicamente critérios para a obtenção das observações contidas em cada região de eventos

gatilhos, e assim, formalizando a relação intrínseca que é conceitualmente apresentada por Fogg.

Assim, para que essa linha de ação seja utilizada como um critério para identificação de indivíduos com graus de Motivação e Habilidade elevados, e posicionamento de eventos gatilhos, torna-se mais robusto adotar um recurso com alocação dependente da medida de tendência central do conjunto de dados. Logo, assumindo um caráter dinâmico conforme o conjunto de dados é recalculado, esse recurso caracteriza-se como um real instrumento para visualização do comportamento dados.

Dessa forma, descarta-se a possibilidade de utilizar a curva limite de ativação comportamental fixa como inicialmente definida no FBM. Entretanto ressalta-se para trabalhos futuros a avaliação de outras linhas de ação, podendo resultar em um conjunto de funções, de modo que essas possam contribuir com outras métricas capazes de avaliar diferentes aplicações persuasivas sob a teoria de Fogg.

Contudo, de acordo com as medidas de dispersão e tendência central dos dados, a linha de ação dinâmica representa um recurso visual robusto e elegante para a identificação da região no conjunto de dados referente a cada gatilho que deve ser implementado.

A Fig.6.6 demonstra um fluxograma de trabalho denominado *Oito passos* descritos por Fogg para auxiliar a implementação de projetos persuasivos (Fogg, 2009b).

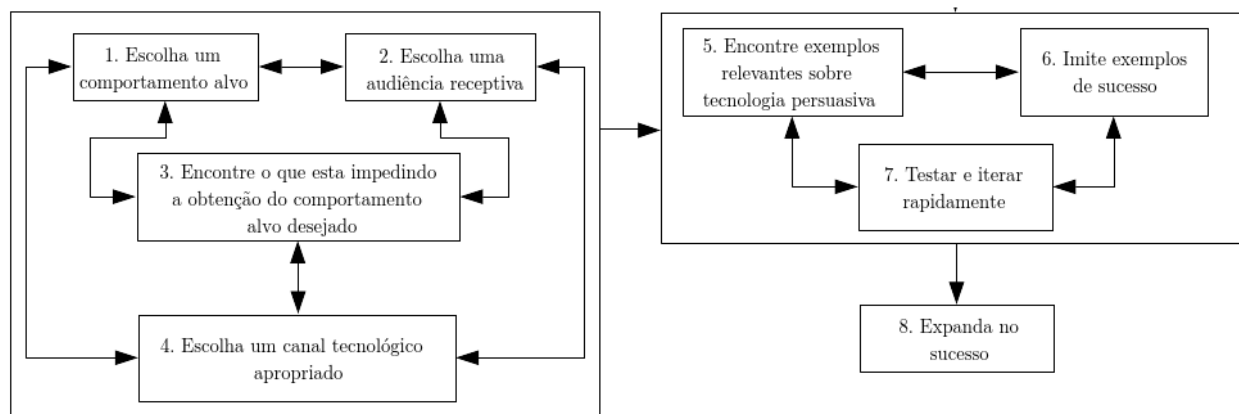


Figura 6.6: Oito passos para implementação de projetos persuasivos. Fonte: Adaptado de (Fogg, 2009b).

As aplicações computacionais desenvolvidas nessa dissertação fornecem um ferramental técnico capaz de auxiliar na tomada de decisão em implementações de processos baseados em tecnologias persuasivas. Dessa forma, essas ferramentas preenchem especificamente uma lacuna no passo 7, fornecendo um recurso para testar e iterar rapidamente o conjunto de dados.

Dessa maneira, tais recursos auxiliam a transformação da informação coletada em conhecimento, e portanto, agilizando o processo de implementação persuasiva visto que em tempo real é possível avaliar a ponderação das variáveis e propor ações de tal modo que faça a dinâmica dos dados ir em direção ao comportamento alvo previamente definido.

## 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esse trabalho contribuiu com o preenchimento em uma lacuna de conhecimento presente na literatura sobre tecnologias persuasivas. Foi estudado o Modelo Comportamental de Fogg, visto que é uma ferramenta conceitual latente na área de avaliações persuasivas e que compreende a aplicação de conceitos em busca do aprimoramento da Motivação e Habilidade de indivíduos na direção de um comportamento alvo.

Contudo, esse modelo comportamental é utilizado a um nível conceitual, conforme pode ser verificado na revisão bibliográfica. O correto entendimento de suas variáveis visa a maximização da eficiência na implementação de eventos gatilhos. Entretanto, a questão mais nebulosa sobre o modelo residia na curva limite de ativação comportamental.

Nesse trabalho, foi demonstrada sua real contribuição na constituição do FBM. Essa linha de ação é comumente negligenciada na literatura, onde pela própria falta de informação correspondente, faz com essa seja substituída por outro critério ou simplesmente descartada. Nota-se que desconsiderar essa linha de ação e adotar outro critério não é utilizar o FBM.

Por se tratar de um modelo latente na área de tecnologias persuasivas, deve-se evitar de utilizá-lo como pretexto justificativo para a implantação de critérios *ad-hoc*. Assim, a contribuição desse trabalho corresponde principalmente no entendimento, formalização matemática e correta utilização da curva limite de ativação comportamental.

No entanto, com o conhecimento gerado por essa dissertação, foi possível preencher uma lacuna na área técnica correspondente a avaliação de processos baseados em tecnologias persuasivas que utilizem o FBM. Foi implementada uma ferramenta para o ambiente de estatística computacional R. A contribuição desse pacote para estudo de dados de acordo com a proposta de Fogg, visa garantir um ambiente robusto e seguro para análise de dados.

Outra ferramenta desenvolvida foi a aplicação *Persuasivo*, que consiste em um sistema computacional voltado ao usuário final. Os mesmos resultados obtidos via R podem ser adquiridos por esse sistema. O ponto forte do *Persuasivo* é a facilidade de verificação do comportamento das variáveis de maneira visual e em tempo real.

Consequentemente, de acordo com o contexto de aplicação estudado, essas ferramentas deverão ser adotadas para obtenção de conhecimento além de contribuir com a implementação de eventos gatilhos mais eficientes a partir da avaliação dos dados provenientes de processos baseados em tecnologias persuasivas.

Para trabalhos futuros, deseja-se avaliar a implementação de eventos gatilhos através de dados experimentais, coletados a partir de um sistema real implementado e avaliados em tempo real com a utilização do pacote **fbmR** e do *Persuasivo*.

A utilização de um ambiente baseado em agentes para realizar a estimação de cada variável constituinte dos eixos como valor para cada indivíduo observado, pode resultar em uma ferramenta importante na busca de garantir máxima eficiência do estímulo informado. Dessa forma, sendo tais variáveis ponderadas em tempo real de acordo com a avaliação dos agentes com base

no conjunto de dados, poderá ser investigado esse processo como auxílio na tomada de decisão.

Por fim, a modelagem proposta nesse trabalho visa garantir que a persuasão seja constante, e resulte em uma mudança de comportamento e não apenas uma atitude momentânea por parte do sujeito observado. Dessa forma, tem-se condições de assumir que o sistema implementado e avaliado com as ferramentas desenvolvidas possuem um caráter persuasivo e não apenas temporário na busca por obtenção do comportamento alvo.

## 8 REFERÊNCIAS

- Albright, K., Krantz, M., J., *Health Promotion Text Messaging Preferences and Acceptability Among the Medically Underserved*, Health Promot Pract. vol.16(4), pp 523-532, Society for Public Health Education, 2015.
- Apostol, T., M., **Cálculo**, Vol. 1, Editora Reverte, 1979.
- Azar, K., *et al.*, *Mobile Applications for Weight Management Theory-Based Content Analysis*, American Journal of Preventive Medicine, nr 5, vol 45, pp 583-589, 2013.
- Banks, J., Carson II, J.S., Nelson, B.L., **Discrete-event system simulation**, Prentice Hall, ed.2, New Jersey, 1996.
- Bergmans, A., Shahid, S., *Reducing Speeding Behavior in Young Drivers Using a Persuasive Mobile Application*, Human-Computer Interaction, vol 8005, pp 541-550, Springer, 2013.
- Black, K., **Business Statistics: For Contemporary Decision Making**, 6ed, Editora John Wiley & Sons, 2011.
- Brentano, F., **Psychology from an Empirical Standpoint**, Tim Craine, Routledge Classics, Londres, 2015.
- Bussab, W., O., Morettin, P., A., **Estatística básica**, 7ed, Editora Saraiva, 2012.
- Chaiken, S., *Heuristic Versus Systematic Information Processing and the Use of Source Versus Message Cues in Persuasion*, Journal of Personality and Social Psychology, vol 39, nr 5, pp 752-766, 1980.
- Cheek, C., Piercy, K., W., Grainger, S., *Leaving Home: How Older Adults Prepare for Intensive Volunteering*, Journal of Applied Gerontology, vol 34, nr 2, pp 181-198, 2015.
- Cialdini, R. B., **Influence: The Psychology of Persuasion**, Revised edition, Harper Business, 2006.
- Coley, K., **An Introduction to Psychological Assessment and Psychometrics**, SAGE PublicationsLtd, Londres, 2010.
- Cooper, C., **Intelligence and Human Abilities: Structure, Origins and Application**, Routledge, New York, 2015.
- Edmonds, B., *et al.* **Social Simulation: Technologies, Advances, and New Discoveries**, Information Science Reference, Hershey, New York, 2008.
- Eyal, N., Hoover, R., **Hooked: How to Build Habit-Forming Products**, 1ed, Portfolio Penguin, 2014.

- Figueiredo, D., G., **Análise na Reta**, IX Colóquio Brasileiro de Matemática, IMPA, Rio de Janeiro, 1973.
- Filippou, J., Cheong, C., Cheong, F., *Combining The Fogg Behavioural Model And Hook Model To Design Features In A Persuasive App To Improve Study Habits*, Australian Conference on Information Systems, 2015.
- Fogg, B., J., **Persuasive Technology: Using Computers to Change What We Think and Do**, San Francisco, Morgan Kaufmann, 2003.
- Fogg, B., J., *A behavior model for persuasive design*, Persuasive '09 Proceedings of the 4th International Conference on Persuasive Technology, ACM, nr 40, New York, 2009.
- Fogg, B., J., *Creating Persuasive Technologies: An Eight-step Design Process*, Persuasive '09 Proceedings of the 4th International Conference on Persuasive Technology, pp 441-446, ACM, 2009.
- Geller, E.S., *The challenge of increasing proenvironmental behavior*, In: Betchel, R.B., Churchman, A Handbook of Environmental Psychology, New York, pp 525-540, 2002.
- Gravira, M., O., *Simulação Computacional como uma Ferramenta de Aquisição de Conhecimento*, Dissertação de Mestrado, USP, São Carlos, 2003.
- Hillard, R., **Information-Driven Business: How to Manage Data and Information for Maximum Advantage**, John Wiley & Sons, 2010.
- Hogan, K., *The Psychology of Persuasion. How to persuade others to your way of thinking*, Pelican Publishing Company, Gretna, 2004.
- Hongqi, W., *A Pervasive Technology Approach to Social Trustworthiness*, Communications in Computer and Information Science, vol 320, pp 242-249, Springer, 2013.
- Howe, M., J., A., **Principles of Abilities and Human Learning**, Psychology Press Ltd., East Sussex, UK, 2005.
- Insaurreaga, E., *O Futuro da Persuasão Móvel: um estudo sobre aplicativos de condicionamento físico*, Dissertação de Mestrado, PUC-Rio, Rio de Janeiro, 2012.
- James, B., R., **Probabilidade: um curso em nível intermediário**, 3ed, IMPA, Rio de Janeiro, 2011.
- Jia, G., Yang, P., *et al.*, *A framework design for the mHealth system for self-management promotion*, Journal of Biomedical Materials and Engineering, vol 26 nr 1, pp 1731-1740, 2015.
- Kaptein, P. *et al.*, *Personalizing persuasive technologies: Explicit and implicit, personalization using persuasion profiles*, Int. J. Human-Computer Studies, Vol 77, pp 38-51, [dx.doi.org/10.1016/j.ijhcs.2015.01.004](https://doi.org/10.1016/j.ijhcs.2015.01.004), 2015.

- Kapur, J.N., **Mathematical Modeling**, New Age International, 1ed, New Delhi, 2005.
- Kleinke, C. L., **Self-perception: The Psychology of Personal Awareness**, A Series of books in psychology, W.H.Freeman & Co Ltd, 1978.
- Kramer, A. D., *Experimental evidence of massive-scale emotional contagion through social networks*, PNAS, nr 24, vol 111, Disponível em <http://www.pnas.org/content/111/24/8788.full>, 2014.
- Kruglanski, A.W., Higgins, E.T., **Social Psychology: Handbook of Basic Principles**, Guilford Press, 2007.
- Larson, J., *The Invisible, Manipulative Power of Persuasive Technology*, PSMAG, Disponível em <http://www.psmag.com/nature-and-technology/captology-fogg-invisible-manipulative-power-persuasive-technology-81301>, 2014, acesso em Julho 2016.
- Law, M., A., Kelton, W., D., **Simulation Modeling and Analysis**, McGraw-Hill Inc., ed.1, Singapura, 1991.
- Lee D., Helal S., *et al.*, *Participatory and Persuasive Telehealth*, Journal of Gerontology, vol 58, nr3, pp 269-281, 2012.
- Mangina E., Carbo J., *Agent-Based Ubiquitous Computing*, Atlantis Ambient and Pervasive Intelligence. Atlantis Press, 2010.
- Masthoff, J., Grasso, F., Ham, J., *Preface to the special issue on personalization and behavior change*, Journal of User Modeling and User-Adapted Interaction, vol 24, nr 5, pp 345-350, 2014.
- Michaelis, Moderno Dicionário da Língua Portuguesa. Disponível em <http://michaelis.uol.com.br/moderno/portugues/index.php>, acesso em Setembro 2016.
- Militello, L., K., *et al.*, *Correlates of Healthy Lifestyle Beliefs and Behaviors in Parents of Overweight or Obese Preschool Children Before and After a Cognitive Behavioral Therapy Intervention With Text Messaging*, Journal of Pediatric Health Care, vol 30 , nr 3, pp 252-260, Elsevier, 2015.
- Miller, F., P., *et al.*, **68-95-99.7 Rule**, 1ed, Editora VDM Publishing, 2010.
- Mokkink, L., *et al.*, *The COSMIN checklist for assessing the methodological quality of studies on measurement properties of health status measurement instruments: An international Delphi study*, Quality of Life Research, vol 19, nr 4, pp 539-549, 2010.
- O'Shaughnessy, J., O'Shaughnessy, N. J., **Persuasion in Advertising**, 1ed, Routledge, New York, 2004.

- Pasquali, L., **Teoria e métodos de medida em ciências do comportamento**, INEP, UnB Brasil, 1996.
- Petty, R., Cacioppo, J., *The Elaboration Likelihood Model of Persuasion*, Advances in Experimental Social Psychology, vol 19, Academic Press Inc., 1986.
- Petty, R., *et al.*, *Mass Media Attitude Change: Implications of the Elaboration Likelihood Model of Persuasion*, In J.Bryant & M.B. Oliver (Eds), Media effects: Advances in theory and research, 3ed, pp 125-164, New York, 2009.
- Rajman, H., *Human Development and Interaction in the Age of Ubiquitous Technology*, Advances in Human and Social Aspects of Technology, 1ed, IGI Global, 2016.
- Ryan, M.J., Bonfield, E.H. *The Fishbein Extended Model and Consumer Behavior*, Journal of Consumer Research, vol 2, nr 2, pp 118-136, The University of Chicago Press, disponível em <http://www.jstor.org/stable/2488753>, acessado em mar/2016.
- Shier, D.R., Wallenius, K.T., **Applied Mathematical Modeling: A multidisciplinary approach**, Chapman Hall/CRC, 2000.
- Shannon, R., *Simulation: A Survey with Research Suggestions*, AIIE Transactions, nr 3, vol 7, pp 289-301, 1975.
- Silva, A., C., **Introdução à Análise de Dados**, 2ed, Editora e-papers, Rio de Janeiro, 2011.
- Silva, A.N., Battaiola, A.L., *Tecnologias Persuasivas: A Persuasão em eletrodomésticos conectados à internet*, 11 Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Design, nr 4, Vol 1, Disponível em [http://www.ufrgs.br/ped2014/trabalhos/trabalhos/311\\_arq1.pdf](http://www.ufrgs.br/ped2014/trabalhos/trabalhos/311_arq1.pdf), 2014.
- Simons, H. W., Jones, J., **Persuasion in Society: Second Edition**, 2ed, Taylor & Francis, 2011.
- Slaev, V.,A., *et al.*, **Metrology and Theory of Measurement**, De Gruyter Studies in Mathematical Physics, De Gruyter, 2013.
- Tsai, M. H., Chang, Y. L, Kao, C., *et al.*, Visualization in Engineering, vol 3, nr 1, Springer, 2015.
- Uhrmacher, A.M., Weyns, D., **Multi-Agent Systems: Simulation and Applications**, Computational Analysis, Synthesis, and Design of Dynamic Systems, CRC Press, 2009.
- van Eijk R.,M., *Requirements for Relaxation Coaching - A Formalization of the Fogg Behavior Model*, In Proceedings of the 1st International Conference on Information and Communication Technologies for Ageing Well and e-Health, SCITEPRESS (Science and Technology Publications Lda., pp 31-36, 2015.

- Van Lange, P.A.M., Kruglanski, A.W., Higgins, *et al.*, **Handbook of Theories of Social Psychology: Collection: Volumes 1 & 2**, Series SAGE Social Psychology Program, SAGE Publications, 2011.
- Vidyarthi, J., Riecke, B., *Interactively mediating experiences of mindfulness meditation*, International Journal of Human-Computer Studies, vol 72, nr 8–9, pp 674-688, 2014.
- Witte, K., *et al.*, **Effective Health Risk Message: A step-by-step guide**, Sage Publications Ltd, Thousand Oaks, California, 2001.
- Wright J. W., Wiediger, R. V., **Motivated Behaviors: The Interaction of Attention, Habituation and Memory**, Psychology of Motion, Louis V. Brown, pp 5-28, 2007.
- Yun, R., *et al.*, Yun, R., Scupelli, P., Aziz, A., Loftness, V., *Sustainability in the Workplace: Nine Intervention Techniques for Behavior Change*, Persuasive Technology, 8th International Conference, PERSUASIVE 2013, Sydney, NSW, Australia, pp 253-265, 2013.

## 9 APÊNDICE

### 9.1 Apêndice 1 - Código para geração dos dados sintéticos

```

set.seed(8)

m.obs <- rep(0,5000) # eixo M
a.obs <- rep(0,5000) # eixo A

m.df <- data.frame
a.df <- data.frame

#variaveis Motivação
m.g1      <- rep(0,5000)
m.g2      <- rep(0,5000)
m.mean    <- rep(0,5000)
m.prazer  <- rep(0,5000)
m.dor     <- rep(0,5000)
m.esp     <- rep(0,5000)
m.medo    <- rep(0,5000)
m.acc     <- rep(0,5000)
m.rej     <- rep(0,5000)

#variaveis Habilidade
a.g1       <- rep(0,5000)
a.g2       <- rep(0,5000)
a.tempo    <- rep(0,5000)
a.dinheiro <- rep(0,5000)
a.esforco  <- rep(0,5000)
a.reflexao <- rep(0,5000)
a.desvsocial <- rep(0,5000)
a.rotina   <- rep(0,5000)

m.df <- 0
a.df <- 0

for (i in 1:5000)
{
    # Modelagem de M

```

```

m.prazer[i] <- runif(1,0,1)
m.dor[i]    <- runif(1,0,1)
m.esp[i]    <- runif(1,0,1)
m.medo[i]   <- runif(1,0,1)
m.acc[i]    <- runif(1,0,1)
m.rej[i]    <- runif(1,0,1)
m.g1[i]     <- (m.prazer[i]+m.acc[i]+m.esp[i])
m.g2[i]     <- -(m.medo[i]+m.dor[i]+m.rej[i])

m.obs[i] <- (m.g1[i])+(m.g2[i])

# Modelagem de A
a.tempo[i]  <- runif(1,0,1)
a.dinheiro[i] <- runif(1,0,1)
a.esforco[i] <- runif(1,0,1)
a.reflexao[i] <- runif(1,0,1)
a.desvsocial[i] <- runif(1,0,1)
a.rotina[i]  <- runif(1,0,1)
a.g1[i]      <- (a.tempo[i]+a.dinheiro[i]+a.rotina[i])
a.g2[i]      <- -(a.esforco[i]+a.reflexao[i]+a.desvsocial[i])

a.obs[i] <- (a.g1[i])+(a.g2[i])

# Criando dataframe
tp <- cbind(m.prazer[i], m.esp[i], m.acc[i], m.medo[i], m.dor[i],
            m.rej[i], m.g1[i], m.g2[i], m.obs[i])
m.df <- rbind(m.df, tp)

tpa <- cbind(a.tempo[i], a.dinheiro[i], a.rotina[i], a.esforco[i],
            a.reflexao[i], a.desvsocial[i], a.g1[i], a.g2[i], a.obs[i])
a.df <- rbind(a.df, tpa)
}

#Remove a linha 0
m.df <- m.df[-1,]
a.df <- a.df[-1,]

# Amostra com 500 observações
s.aobs <- sample(a.obs,500, replace=FALSE)
s.mobs <- sample(m.obs,500, replace=FALSE)

```

```
#Calculo final de M e A
s.aval <- rep(0,500)
s.mval <- rep(0,500)

for (i in 1:500)
{
  s.aval[i] <- 1/(1+(exp(-s.aobs[i])))
  s.mval[i] <- 1/(1+(exp(-s.mobs[i])))
}
```

## 9.2 Apêndice 2 - Código para simulação baseada em agentes

```
; VARIÁVEIS DOS AGENTES E GLOBAIS
```

```
turtles-own [
```

```
  motiv ; GRAU DE MOTIVACAO DO AGENTE
```

```
  abil  ; GRAU DE HABILIDADE DO AGENTE
```

```
  pos   ; CONTADOR DO NR DE CONTATO COM AGENTES POSITIVOS
```

```
  neg   ; CONTADOR DO NR DE CONTATO COM AGENTES NEGATIVOS
```

```
  prob  ; PROBABILIDADE DO AGENTE DE SER INFLUENCIADO
```

```
]
```

```
globals [
```

```
  sdM
```

```
  sdA
```

```
  hdM      ; DESVIO HARMONICO DA MOTIVACAO
```

```
  hdA      ; DESVIO HARMONICO DA HABILIDADE
```

```
  randInf  ; FATOR ALEATORIO DE TENDENCIA
```

```
; VALORES A DIREITA PARA MOTIVACAO E HABILIDADE COM DISTANCIA
```

```
; DE 1 E 2 DESVIOS DA MEDIA
```

```
maxMotiv
```

```
maxMotiv2
```

```
maxAbil
```

```
maxAbil2
```

```
; VALORES A ESQUERDA PARA MOTIVACAO E HABILIDADE COM DISTANCIA
```

```
; DE 1 E 2 DESVIOS DA MEDIA
```

```
minMotiv
```

```
minMotiv2
```

```
minAbil
```

```
minAbil2
```

```
hmAbil    ; MEDIA HARMONICA DA HABILIDADE
```

```
hmMotiv   ; MEDIA HARMONICA DA MOTIVACAO
```

```
cNeutro
```

```
cPos
```

```
cNeg
```

```

    mMotiv
    mAbil
]

; #####
; INICIALIZACAO E EXECUCAO DO SISTEMA

; INICIALIZACAO
to setup
  clear-all
  create-turtles 100 [ setxy random-xcor random-ycor ]
  ask turtles [
    set size 0.3
    set color grey
    set shape "person"

    ; CALCULO INICIAL DOS EIXOS
    set motiv calcM
    set abil calcA
    ;set pos random 10
    ;set neg random 10
  ]
  reset-ticks
end

; EXECUCAO
to go
  calc-data
  place-turtles
  move-turtles
  id-turtles
  id-influencerPos
  id-influencerNeg

  tick
end

```

```

; #####
; PROCEDURES

; CALCULO DAS INFORMACOES DOS AGENTES
to calc-data
  ask turtles [
    ; CALCULO O DESVIO DOS AGENTES
    set sdM (standard-deviation [motiv] of turtles)
    set sdA (standard-deviation [abil] of turtles)
    let desv 0
    let desva 0
    let harmM 0
    let harmA 0

    let mTurtles [motiv] of turtles let sumMotiv 0 foreach mTurtles [
      set sumMotiv sumMotiv + (1 / ?1) ]
    set harmM length([motiv] of turtles) / sumMotiv
    foreach mTurtles [ set desv desv + (?1 - harmM)^(2) ]
    set hdM sqrt(desv / length([motiv] of turtles))

    let aTurtles [abil] of turtles let sumAbil 0 foreach aTurtles [
      set sumAbil sumAbil + (1 / ?1) ]
    set harmA length([abil] of turtles) / sumAbil
    foreach aTurtles [ set desva desva + (?1 - harmA)^(2) ]
    set hdA sqrt(desva / length([abil] of turtles))

    ; IDENTIFICA AGENTES EXTREMOS / BASE GATILHO
    set maxMotiv (hmMotiv + (2 * hdM))
    set minMotiv (hmMotiv - (2 * hdM))
    set maxMotiv2 (hmMotiv + (3 * hdM))
    set minMotiv2 (hmMotiv - (3 * hdM))

    set maxAbil (hmAbil + (2 * hdA))
    set minAbil (hmAbil - (2 * hdA))
    set maxAbil2 (hmAbil + (3 * hdA))
    set minAbil2 (hmAbil - (3 * hdA))

  ]

```

end

```
; POSICIONAMENTO DOS AGENTES
to place-turtles
  ; AGENTES EXTREMOS (ACIMA DE 2 DESVIOS PADRAO)
  ask patches [ set pcolor black ]
  ask turtles with [motiv >= maxMotiv2] [
    setxy 9 9
  ]

  ; AGENTES INFLUENCIADORES (ACIMA DE 1 DESVIO PADRAO E ABAIXO
  ; DE 2 DESVIOS PADRAO)
  ask turtles with [motiv <= minMotiv2] [
    setxy -9 -9
    ;ask patches in-radius 1 [ set pcolor white ]
  ]

end;
```

```
; MOVIMENTACAO DOS AGENTES
to move-turtles
  ask turtles [
    right random 360
    fd 1
  ]

end
```

```
; DINAMICA DOS AGENTES POSITIVOS (EXTREMOS/INFLUENCIADORES/RECRUTAS)
to id-influencerPos
  ; AGENTES EXTREMOS
  ask turtles with [(motiv >= maxMotiv2)] [
    ;set color blue
    set size 2
    ask turtles-on neighbors [
      ; fator para influencia aleatorio
      set randInf random-float 1
    ]
  ]
end
```

```

if (randInf >= 0.50) [ set pos (pos + 2) ]
if (randInf < 0.50) [ set neg (neg + 2) ]
ask one-of turtles-on neighbors [
  let numNeighbor who
  ask turtle numNeighbor [
    set motiv (calcM * 1.25)
    set abil (calcA * 1.25)
    set prob random-float 1
  ]
]
]

; AGENTES INFLUENCIADORES
ask turtles with [(motiv >= maxMotiv) and (motiv < maxMotiv2)] [
  ;set color blue
  set size 1

  ; ABORDANDO APENAS UM VIZINHO
  if (count turtles-on neighbors4 > 0) [
    ask one-of turtles-on neighbors4 [
      ; fator para influencia aleatorio
      set randInf random-float 1
      if (randInf >= 0.50) [ set pos (pos + 1) ]
      if (randInf < 0.50) [ set neg (neg + 1) ]

      let turtleNumber who
      ; INTERACAO APENAS COM AGENTES REGULARES
      if ([size] of turtle turtleNumber = 0.3 and
        [prob] of turtle turtleNumber < random-float 1) [
        let tempMotiv (calcM * 1.1)
        let tempAbil (calcA * 1.1)
        ask turtle turtleNumber [
          set motiv tempMotiv
          set abil tempAbil
          set prob random-float 1
        ]
      ]
    ]
  ]
]

```

]

```

; AGENTES RECRUTAS
; RECRUTANDO/INFLUENCIANDO AGENTES NEUTROS
ask turtles with [size = 0.5 and color = blue] [
  if (count turtles with [color = grey] > 0) [
    face one-of turtles with [ color = grey ]
    fd random 4
    if (one-of other turtles-here != nobody) [
      ask one-of other turtles-here [
        if ([color] of other turtles-here = grey) [
          let pNumber who
          ; fator para influencia aleatorio
          set randInf random-float 1
          if (randInf >= 0.5) [ set pos (pos + 0.5) ]
          if randInf > [prob] of turtle pNumber [
            set motiv calcM set abil calcA set prob random-float 1 ]
          if (randInf < 0.5) [ set neg (neg + 0.5) ]
          if randInf > [prob] of turtle pNumber [
            set motiv calcM set abil calcA set prob random-float 1 ]
          ]
        ]
      ]
    ]
  ]
]

; RECRUTANDO/INFLUENCIANDO AGENTES REGULARES OPOSTOS
if (count turtles with [color = grey] = 0) [
  if (count turtles with [color = red and size = 0.3] > 0) [
    face one-of turtles with [color = red and size = 0.3]
    fd random 4
    if (one-of other turtles-here != nobody) [
      ask one-of other turtles-here [
        if ([color] of other turtles-here = red and
          [size] of other turtles-here = 0.3) [
          let opNumber who
          ; fator para influencia aleatorio
          set randInf random-float 1
          if (randInf >= 0.5) [ set pos (pos + 0.5) ]
          if randInf > [prob] of turtle opNumber [
            set motiv calcM set abil calcA set prob random-float 1 ]
          ]
        ]
      ]
    ]
  ]
]

```

```

        if (randInf < 0.5) [ set neg (neg + 0.5) ]
        if randInf > [prob] of turtle opNumber [
            set motiv calcM set abil calcA set prob random-float 1 ]
    ]
]
]
]
]
]
end

; DINAMICA DOS AGENTES NEGATIVOS (EXTREMOS/INFLUENCIADORES/RECRUTAS)
to id-influencerNeg
    ; AGENTES EXTREMOS
    ask turtles with [(motiv <= minMotiv2)] [
        ;set color red
        set size 2
        ask turtles-on neighbors [
            ; fator para influencia aleatorio
            set randInf random-float 1
            if (randInf < 0.50) [ set pos (pos + 2) ]
            if (randInf >= 0.50) [ set neg (neg + 2) ]

            ask one-of turtles-on neighbors [
                let numNeighbor2 who
                ask turtle numNeighbor2 [
                    set motiv (calcM * 0.75)
                    set abil (calcA * 0.75)
                    set prob random-float 1
                ]
            ]
        ]
    ]

; AGENTES INFLUENCIADORES
ask turtles with [(motiv <= minMotiv) and (motiv > minMotiv2)] [
    ;set color red
    set size 1

```

```

; ABORDANDO APENAS UM VIZINHO
if (count turtles-on neighbors4 > 0) [
  ask one-of turtles-on neighbors4 [
    ; fator para influencia aleatorio
    set randInf random-float 1
    if (randInf < 0.50) [ set pos (pos + 1) ]
    if (randInf >= 0.50) [ set neg (neg + 1) ]

    let turtleNumber2 who
    ; INTERACAO APENAS COM AGENTES REGULARES
    if ([size] of turtle turtleNumber2 = 0.3 and
        [prob] of turtle turtleNumber2 < random-float 1) [
      let tempMotiv (calcM * 0.9)
      let tempAbil (calcA * 0.9)
      ask turtle turtleNumber2 [
        set motiv tempMotiv
        set abil tempAbil
        set prob random-float 1
      ]
    ]
  ]
]

; AGENTES RECRUTAS
; RECRUTANDO/INFLUENCIANDO AGENTES NEUTROS
ask turtles with [size = 0.5 and color = red] [
  if (count turtles with [color = grey] > 0) [
    face one-of turtles with [ color = grey ]
    fd random 4
    if (one-of other turtles-here != nobody) [
      ask one-of other turtles-here [
        if ([color] of other turtles-here = grey) [
          ; fator para influencia aleatorio
          let nNumber who
          set randInf random-float 1
          if (randInf < 0.5) [ set pos (pos + 0.5) ]
          if randInf > [prob] of turtle nNumber [
            set motiv calcM set abil calcA set prob random-float 1 ]
          if (randInf >= 0.5) [ set neg (neg + 0.5) ]
        ]
      ]
    ]
  ]
]

```



```

set color grey

; ANALISE DE TENDENCIA (POSITIVA)
if (neg != 0 and pos > (1.05 * neg)) [
  set color blue
  if (pos > (1.25 * neg)) [
    set size 0.5 ;RECRUTE
  ]
]

; ANALISE DE TENDENCIA (NEGATIVA)
if (pos != 0 and neg > (1.05 * pos)) [
  set color red
  if (neg > (1.25 * pos)) [
    set size 0.5 ;RECRUTE
  ]
]

; INFLUENCIA EM UM VIZINHO REGULAR
if (count turtles-on neighbors4 > 0) [
  ask one-of turtles-on neighbors4 [
    ; FATOR DE INFLUENCIA ALEATORIA
    set randInf random-float 1
    if (randInf >= 0.5) [ set pos (pos + 0.5) ]
    if (randInf < 0.5) [ set neg (neg + 0.5) ]

    let neighborNumber who
    if ([size] of turtle neighborNumber = 0.3 and
      [prob] of turtle neighborNumber < random-float 1) [
      let ax random 2
      ifelse (ax = 0) [
        set motiv calcM
        set prob random-float 1 ] [
        set abil calcA
        set prob random-float 1 ]
    ]
  ]
]
]

```

end

```
; #####
; FUNCOES AUXILIARES

; CALCULO DA MOTIVACAO
to-report calcM
  let pp random-float 1
  let m_pleasure random-float 1
  if (sli_pleasure != 0.5) [ set m_pleasure sli_pleasure ]
  let m_pain random-float 1
  if (sli_pain != 0.5) [ set m_pain sli_pain ]
  let m_hope random-float 1
  if (sli_hope != 0.5) [ set m_hope sli_hope ]
  let m_fear random-float 1
  if (sli_fear != 0.5) [ set m_fear sli_fear ]
  let m_acc random-float 1
  if (sli_acceptance != 0.5) [ set m_acc sli_acceptance ]
  let m_rej random-float 1
  if (sli_rejection != 0.5) [ set m_rej sli_rejection ]
  let m_temp (m_pleasure + m_hope + m_acc - m_pain - m_fear - m_rej)

  ; CALCULO DO EIXO M
  report ( 1 / ( 1 + e ^ ( - m_temp ) ) )
end
```

```
; CALCULO DA HABILIDADE
to-report calcA
  let a_time random-float 1
  if (sli_time != 0.5) [ set a_time sli_time ]
  let a_money random-float 1
  if (sli_money != 0.5) [ set a_money sli_money ]
  let a_mentaleff random-float 1
  if (sli_mentalEffort != 0.5) [ set a_mentaleff sli_mentalEffort ]
  let a_physicaleff random-float 1
  if (sli_physicalEffort != 0.5) [ set a_physicaleff sli_physicalEffort ]
  let a_dev random-float 1
  if (sli_socialDeviation != 0.5) [ set a_dev sli_socialDeviation ]
```

```

let a_rout random-float 1
if (sli_routine != 0.5) [ set a_rout sli_routine ]
let a_temp (a_time + a_money + a_rout - a_mentaleff - a_physicaleff - a_dev)

; CALCULO DO EIXO A
report ( 1 / ( 1 + e ^ ( - a_temp ) ) )
end

; #####
; GRAFICOS

; GRAFICO PARA MEDIA HARMONICA
to plot-harmMean
  let harMotiv 0
  foreach [motiv] of turtles [
    set harMotiv (harMotiv + (1 / ?1))
  ]
  set hmMotiv (1 / (harMotiv / length([motiv] of turtles)))

  let harAbil 0
  foreach [abil] of turtles [
    set harAbil (harAbil + (1 / ?1))
  ]
  set hmAbil (1 / (harAbil / length([abil] of turtles)))

  plotxy hmAbil hmMotiv
end

; GRAFICO PARA POSICIONAMENTO DA LINHA DE ACAO
to plot-actionLine
  let posX hmAbil + 0.315
  let xx [
    0.100 0.109 0.118 0.127 0.136 0.145 0.154 0.163 0.172 0.181 0.190 0.199
    0.208 0.217 0.226 0.235 0.244 0.253 0.262 0.271 0.280 0.289 0.298 0.307
    0.316 0.325 0.334 0.343 0.352 0.361 0.370 0.379 0.388 0.397 0.406 0.415
    0.424 0.433 0.442 0.451 0.460 0.469 0.478 0.487 0.496 0.505 0.514 0.523
    0.532 0.541 0.550 0.559 0.568 0.577 0.586 0.595 0.604 0.613 0.622 0.631
    0.640 0.649 0.658 0.667 0.676 0.685 0.694 0.703 0.712 0.721 0.730 0.739
    0.748 0.757 0.766 0.775 0.784 0.793 0.802 0.811 0.820 0.829 0.838 0.847
  ]

```

```
0.856 0.865 0.874 0.883 0.892 0.901 0.910 0.919 0.928 0.937 0.946 0.955
0.964 0.973 0.982 0.991 1]
```

```
let yy [
```

```
1 0.917431192660550 0.847457627118644 0.787401574803150 0.735294117647059
  0.689655172413793 0.649350649350649 0.613496932515337 0.581395348837209
  0.552486187845304 0.526315789473684 0.502512562814070 0.480769230769231
  0.460829493087558 0.442477876106195 0.425531914893617 0.409836065573770
  0.395256916996047 0.381679389312977 0.369003690036900 0.357142857142857
  0.346020761245675 0.335570469798658 0.325732899022801 0.316455696202532
  0.307692307692308 0.299401197604790 0.291545189504373 0.284090909090909
  0.277008310249307 0.270270270270270 0.263852242744063 0.257731958762887
  0.251889168765743 0.246305418719212 0.240963855421687 0.235849056603774
  0.230946882217090 0.226244343891403 0.221729490022173 0.217391304347826

  0.213219616204691 0.209205020920502 0.205338809034908 0.201612903225806
  0.198019801980198 0.194552529182879 0.191204588910134 0.187969924812030
  0.184842883548983 0.181818181818182 0.178890876565295 0.176056338028169
  0.173310225303293 0.170648464163822 0.168067226890756 0.165562913907285
  0.163132137030995 0.160771704180064 0.158478605388273 0.156250000000000
  0.154083204930663 0.151975683890578 0.149925037481259 0.147928994082840
  0.145985401459854 0.144092219020173 0.142247510668563 0.140449438202247
  0.138696255201110 0.136986301369863 0.135317997293640 0.133689839572192
  0.132100396301189 0.130548302872063 0.129032258064516 0.127551020408163
  0.126103404791929 0.124688279301746 0.123304562268804 0.121951219512195
  0.120627261761158 0.119331742243437 0.118063754427391 0.116822429906542
  0.115606936416185 0.114416475972540 0.113250283125708 0.112107623318386
  0.110987791342952 0.109890109890110 0.108813928182807 0.107758620689655
  0.106723585912487 0.105708245243129 0.104712041884817 0.103734439834025
  0.102774922918808 0.101832993890020 0.100908173562059 0.1]
```

```
(foreach xx yy [
```

```
  let pox ?1 + hmAbil - 0.315
```

```
  let poy ?2 + hmMotiv - 0.315
```

```
  plotxy pox poy
```

```
])
```

```
end
```

```
; GRAFICO GATILHOS (TRIGGER)
```

```
to plot-trigger-spark
  let yy [0.1 0.2 0.3 0.4 0.5 0.6 0.7 0.8 0.9 1]
  let xabil (hmAbil - hdA)
  (foreach yy [
    let poy ?1
    plotxy xabil poy
  ])
end
```

```
to plot-trigger-facilitator
  let xx [0.1 0.2 0.3 0.4 0.5 0.6 0.7 0.8 0.9 1]
  let ymotiv (hmMotiv - hdM)
  (foreach xx [
    let pox ?1
    plotxy pox ymotiv
  ])
end
```

### 9.3 Apêndice 3 - Documentação das aplicações fbmR e *Persuasivo*

Persuasive Technology Evaluation Package based on the Fogg Behavior Model  
Documentation for package 'fbmR' version 0.1.7

#### Ability axis acquisition

`axis.Ability()`

**Description:** This function provides the value for the Ability axis

**Usage:**

```
axis.Ability(n, time, money, routine, peff, meff, socialdev, est.time,
             est.money, est.routine, est.peff, est.meff, est.socialdev,
             full.estimation)
```

#### Arguments:

|                              |                                                                                                                     |
|------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <code>n</code>               | The number of observation on the dataset or to estimate                                                             |
| <code>time</code>            | vector of values for time                                                                                           |
| <code>money</code>           | vector of values for money                                                                                          |
| <code>routine</code>         | vector of values for routine                                                                                        |
| <code>peff</code>            | vector of values for physical effort                                                                                |
| <code>meff</code>            | vector of values for mental effort                                                                                  |
| <code>socialdev</code>       | vector of values for social deviance                                                                                |
| <code>est.time</code>        | estimates a vector of values for time based on the n size                                                           |
| <code>est.money</code>       | estimates a vector of values for money based on the n size                                                          |
| <code>est.routine</code>     | estimates a vector of values for routine based on the n size                                                        |
| <code>est.peff</code>        | estimates a vector of values for physical effort based on the n size                                                |
| <code>est.meff</code>        | estimates a vector of values for mental effort based on the n size                                                  |
| <code>est.socialdev</code>   | estimates a vector of values for social deviance based on the n size                                                |
| <code>full.estimation</code> | performs a estimation for all variables based on the n provided.<br>If any variable is informed it will be ignored. |

**Details:** The domain of values is between 0 to 1. In order to obtain a valid result, when a vector of values is informed, not estimated, it must be on the range 0,1 When a vector of values is informed and another variable is estimated, the n must be equal to all variables in order to calculate. The amount of positive variables must be equal to negative variables.

**Value:** This function returns the Ability value for each observation on the dataset informed or estimated

#### Examples:

```
a.estimated <- axis.Ability(n=450, full.estimation=TRUE)
a <- axis.Ability(n=3000, time= df[1:1000,1], est.socialdev=TRUE)
```

**Motivation axis acquisition**

```
axis.Motivation()
```

**Description:** This function provides the value for the Motivation axis

**Usage:**

```
axis.Motivation(n, pleasure, hope, acceptance, fear, pain, rejection,
  est.pleasure, est.hope, est.acceptance, est.fear, est.pain, est.rejection,
  full.estimation)
```

**Arguments:**

|                              |                                                                                                                     |
|------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <code>n</code>               | The number of observation on the dataset or to estimate                                                             |
| <code>pleasure</code>        | vector of values for time                                                                                           |
| <code>pain</code>            | vector of values for money                                                                                          |
| <code>hope</code>            | vector of values for routine                                                                                        |
| <code>fear</code>            | vector of values for physical effort                                                                                |
| <code>acceptance</code>      | vector of values for mental effort                                                                                  |
| <code>rejection</code>       | vector of values for social deviance                                                                                |
| <code>est.pleasure</code>    | estimates a vector of values for time based on the n size                                                           |
| <code>est.pain</code>        | estimates a vector of values for money based on the n size                                                          |
| <code>est.hope</code>        | estimates a vector of values for routine based on the n size                                                        |
| <code>est.fear</code>        | estimates a vector of values for physical effort based on the n size                                                |
| <code>est.acceptance</code>  | estimates a vector of values for mental effort based on the n size                                                  |
| <code>est.rejection</code>   | estimates a vector of values for social deviance based on the n size                                                |
| <code>full.estimation</code> | performs a estimation for all variables based on the n provided.<br>If any variable is informed it will be ignored. |

**Details:** The domain of values is between 0 to 1. In order to obtain a valid result, when a vector of values is informed, not estimated, it must be on the range 0,1. When a vector of values is informed and another variable is estimated, the n must be equal to all variables in order to calculate.

The amount of positive variables must be equal to negative variables.

**Value:** This function returns the Motivation value for each observation on the dataset informed or estimated

**Examples:**

```
m.estimated <- axis.Motivation(n=300, full.estimation=TRUE)
m <- axis.Motivation(n=1000, pleasure= df[1:1000,1], est.pain=TRUE)
```

## Motivation and Ability Plot

`plotMA()`

**Description:** This function generates the Motivation and Ability plot for a dataset according to the FBM. Some options may be used in order to obtain maximum visual information.

### Usage:

```
plotMA(a, m, id, samplePlot, harmean, dynamic.threshold, fbm.threshold, main)
```

### Arguments:

|                                |                                                                                                                               |
|--------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <code>a</code>                 | vector of Ability values                                                                                                      |
| <code>m</code>                 | vector of Motivation values                                                                                                   |
| <code>id</code>                | identifies the Motivation and Ability for a given database register and informs each trigger type is best recommended         |
| <code>samplePlot</code>        | example plot using basic options and auto generation via <code>axis.Ability</code> and <code>axis.Motivation</code> functions |
| <code>harmean</code>           | plots the harmonic mean of the dataset                                                                                        |
| <code>dynamic.threshold</code> | plots a dynamic threshold line allocated on the dataset central tendency                                                      |
| <code>fbm.threshold</code>     | plots the original (fixed) threshold line proposed on the fbm                                                                 |
| <code>main</code>              | plot title                                                                                                                    |

### Examples:

```
plotMA(abil, motiv)
plotMA(samplePlot=TRUE)
plotMA(aVal, mVal, id=100, dynamic.threshold=T)
plotMA(axis.Ability(n=150, full.estimation=T),
       axis.Motivation(n=150, full.estimation=T), id=50)
```

**Dataset proportion on each trigger zone**

```
trigger.status()
```

**Description:** This function informs the percentage of users on the given dataset that belongs to each specific trigger type. Also, provides a graphical information

**Usage:**

```
trigger.status(a, m, plot)
```

**Arguments:**

- a      vector of Ability values
- m      vector of Motivation values
- plot   if TRUE, plots a visual information for all triggers.  
         Outputs the function `findTrigger(a, m, dyn=T, type="all")`

**Examples:**

```
trigger.status(a.est, m.est)
```

```
trigger.status(axis.Ability(n=50, full.estimation=T), m.est, plot=T)
```

## Trigger Location and dataset values identification

`findTriggers()`

**Description:** This function identifies all values on the dataset and highlights to the correspondent triggers

**Usage:**

```
findTriggers(a, m, dyn, fbm, zone, type, main)
```

**Arguments:**

- `a` vector of Ability values
- `m` vector of Motivation values
- `dyn` plots the dynamic threshold line
- `fbm` plots the theoretical fbm threshold line
- `zone` identifies all triggers zones
- `type` highlights the dataset values for each trigger type:  
"spark", "facilitator", "signal", "all"
- `main` plot title

**Examples:**

```
findTriggers(a.val, m.val, zone=T)
```

```
findTriggers(a.val, axis.Motivation(n=100, full.estimate=T), type="spark")
```

```
findTriggers(a.val, m.val, zone=T, type="all", dyn=T)
```

## *Persuasivo*

### A Desktop Environment for Persuasive Technology Data Analysis

Documentation version 0.2.3

#### ***Aba Settings***

**Observations:** Informe a quantidade de observações a ser analisadas. Caso deseje importar dados de outras fontes esse campo será preenchido automaticamente.

**Motivation:** Este grupo apresenta as opções de carregamento de dados ou estimação. Somente após todos variáveis serem informadas o sistema habilita o botão gerador do eixo.

**Ability:** Este grupo apresenta as opções de carregamento de dados ou estimação. Somente após todas variáveis serem informadas o sistema habilita o botão gerador do eixo.

**Run Analysis:** Após ambos eixos estiverem gerados o sistema habilita a opção de realizar análise dos dados.

#### ***Aba Analysis***

**Janela gráfica:** Este painel gráfico informa em tempo real os dados a serem analisados.

**Triggers classification:** O sistema automaticamente identifica a quantidade de observações presente nas regiões correspondente aos gatilhos *Faísca* e *Facilitador*.

**Threshold Line:** Esse grupo possibilita ativar a visualização das linha de ação dinâmica e fixa.

**Triggers:** Esse grupo ativa um referencial para visualizar a região correspondente aos eventos gatilhos.

**Individual Analysis:** Clicando em alguma observação da janela gráfica, o sistema identifica valores de Motivação e Habilidade desse registro assim como informa o tipo de gatilho recomendado.

**Motivation control:** Esse grupo fornece um controle individual de cada variável constituinte do eixo de Motivação. Em tempo real, o administrador pode aumentar o valor de alguma variável e visualizar o comportamento dos dados na janela gráfica dinamicamente. Esse recurso visa estabelecer abordagens práticas em aplicações persuasivas, possibilitando o agente tomador de decisão a agir em variáveis com um peso previamente avaliado.

**Ability control:** Esse grupo fornece um controle individual de cada variável constituinte do eixo de Habilidade. Em tempo real, o administrador pode aumentar o valor de alguma variável e visualizar o comportamento dos dados na janela gráfica dinamicamente. Esse recurso visa estabelecer abordagens práticas em aplicações persuasivas, possibilitando o agente tomador de decisão a agir em variáveis com um peso previamente avaliado.