

Interação Baseada em Agentes para Posicionamento Dinâmico da Linha de Ação do Modelo Comportamental de Fogg

Marcus Guimaraes¹, Leonardo Emmendorfer¹, Diana Adamatti¹

¹PPGMC - Programa de Pós Graduação em Modelagem Computacional,
Universidade Federal do Rio Grande (FURG)
Av. Itália, km 8 – Rio Grande – RS – Brasil

{guimaraesmvf, dianaada, leonardoemmendorfer}@gmail.com

Abstract. *In this paper, it is presented a mathematical modeling for the action line, or threshold line, of the Fogg Behavior Model (FBM) as well as an analysis of its positioning in relation to the dataset. According to the mathematical modeling formation process for both Motivation and Ability axes, the action line evaluation was performed by simulations via agents. This behavioral model is mainly used as an empirical evaluation method applied to processes based on persuasive technologies. The results showed that the threshold line should not be fixed, as originally proposed in the model, but dynamically allocated based on the Kolmogorov mean. This dynamic allocation ensures its use as a visual feature towards greater efficiency in triggers implementations. This work aims to contribute with an approach that transits between theoretical and practical when related to applications that requires the FBM, thus allowing the use of this behavioral model with higher degree of certainty and thus maximizing efficiency in the evaluation and implementation processes based on persuasive technologies.*

Resumo. *Nesse trabalho, é apresentado uma modelagem matemática da linha de ação, ou curva limite de ativação comportamental, do Modelo Comportamental de Fogg (FBM) assim como a análise de seu posicionamento em relação ao conjunto de dados. De acordo com a modelagem matemática do processo de formação dos eixos de Motivação e Habilidade, a análise da linha de ação foi conduzida através de simulações via agentes. Este modelo comportamental é usado principalmente como um método de avaliação empírico aplicado à processos baseados em tecnologias persuasivas. Os resultados demonstraram que a linha de ação não deve ser fixa, como originalmente proposta no modelo, mas sim alocada dinamicamente baseada na média de Kolmogorov. Esse posicionamento dinâmico da curva assegura que esta linha de ação possa ser utilizada como um recurso em busca de maior eficiência na implementação de eventos gatilhos. Este trabalho visa contribuir com uma abordagem que transita entre o teórico e o prático quando relacionado a aplicações que necessitem do FBM, permitindo dessa maneira, o uso desse modelo comportamental com maior grau de certeza e assim maximizando a eficiência na avaliação e implementação de processos baseados em tecnologias persuasivas.*

1. Introdução

A sociedade atual é reconhecida por vivenciar a era da informação e tecnologia. [11]. O desenvolvimento tecnológico faz com que dados sejam produzidos quase que instantaneamente por diferentes fontes. Como resultado, o processo de transformação de toda essa informação gerada em conhecimento pode ser utilizado em benefício da própria sociedade. Assim, o estudo de modelos matemáticos capazes de descrever e prever o comportamento de indivíduos de um determinado serviço, envolve altos custos de implementação, no ponto de vista de coleta de dados [16]. Conseqüentemente, torna-se um processo de difícil implementação estudos que visem a interação humana. Contudo, com a correta modelagem dos dados, robustos algoritmos computacionais são capazes de simular um ambiente de interação social [12].

Nesse sentido, a modelagem computacional é um importante aliado no âmbito de simulações em pesquisas sociais, sendo caracterizada como uma área interdisciplinar onde o objetivo é promover abordagens matemáticas, estatísticas e computacionais para o desenvolvimento de modelos e ferramentas capazes de representar qualquer fenômeno relevante no contexto científico. Um exemplo dessa aplicabilidade é a área conhecida como tecnologias persuasivas [12], que é descrita por entidades computacionais atuantes como agentes que promovem a persuasão do comportamento. Nesse sentido, um modelo capaz de avaliar diferentes traços do comportamento em processos baseados em ambientes persuasivos é o Modelo Comportamental de Fogg (FBM, do inglês *Fogg Behavior Model*).

Um modelo é uma representação abstrata de um objeto, sistema ou ideia [12]. O uso de modelos comportamentais caracterizam abordagens que visam o aprimoramento de procedimentos através do monitoramento do conjunto de dados baseado em análises descritivas e preditivas. De acordo com os dados, é possível adotar diversas medidas tais como melhorar a ingestão de alimentos e controle de peso [1], promover a redução na velocidade na condução de veículos entre jovens condutores [2], avaliar desastres naturais [15] e aprimorar a confiabilidade em relações interpessoais [7]. A aplicabilidade é vasta, e isso reforça a importância no processo de avaliação de tais implementações.

A análise de dados comportamentais tornou-se uma opção viável em virtude de sua aplicabilidade e facilidade no processo de coleta de dados via meios digitais. A influência de simulações computacionais para a atual e constante produção científica é de grande importância e necessidade. Sem esses recursos, o tempo de processamento, análise e interpretação dos resultados seria aumentado significativamente.

Nesse trabalho, será avaliado um tópico não explorado da literatura. O processo de formação e o comportamento da linha de ação presente no FBM de acordo com a modelagem matemática de seus eixos de Motivação e Habilidade. O posicionamento dinâmico da linha de ação foi avaliado via simulação baseada em agentes e esta relacionada fortemente as propriedades de tendência central do conjunto de dados.

Um sistema multiagentes 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 [17]. 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 [10]. Para isso, foi utilizada a ferramenta livre Netlogo¹.

A seção *Referencial Teórico* informa ao leitor o básico sobre tecnologias persuasivas e apresenta o FBM. A seção *Métodos* descreve o processo matemático geral para formação dos eixos, considerando todas variáveis definidas em seu escopo assim como a modelagem da linha de ação e avaliação via agentes. Por fim, os principais resultados são apresentados.

2. Referencial Teórico

2.1. Tecnologias Persuasivas

Persuasão pode ser definida como o conjunto de crenças e valores induzidos a outra pessoa para influenciar seus pensamentos e ações [6]. O poder persuasivo da tecnologia pode passar despercebido em nossa vida cotidiana. Entretanto, esta prática vem sendo frequentemente utilizada em diversas áreas da sociedade atual [9]. Estratégias persuasivas são comumente utilizadas por profissionais da área de marketing e vendas com o intuito de convencer pessoas a comprar mais seus produtos e serviços [13].

Exemplo dessa prática pode ser identificada em publicidades, não importando a plataforma na qual essa veiculada, seja internet, televisão ou rádio. Publicidade e propaganda utilizam princípios persuasivos como base, em diferentes intensidades [6].

Tecnologia persuasiva é definida como qualquer sistema computacional interativo projetado com a intenção em alterar o comportamento de um indivíduo [3]. Nesse contexto, o termo *captologia* surge como um sinônimo de tecnologia persuasiva, e é um acrônimo dos termos Computadores como Tecnologias Persuasivas (do inglês *Computers as Persuasive Technologies* [3]). Assim, um dispositivo computacional pode ser usado de maneira persuasiva ou conter elementos capazes de promover a persuasão no comportamento do seu usuário. Na *captologia* é considerado apenas mudanças na atitude e comportamento intencional projetada pelos desenvolvedores do dispositivo tecnológico interativo [3]. Vale mencionar que esta propriedade persuasiva presente em dispositivos tecnológicos é um efeito colateral, desde que computadores não foram projetados com esse propósito, mas sim para manipular e armazenar dados assim como realizar cálculos [8].

Técnicas de persuasão são mais eficientes quanto utilizadas de maneira interativa. Essa característica permite que o agente persuasor ajuste suas táticas de influência durante a evolução do estudo. Máquinas não ficam cansadas ou frustradas com reações negativas de usuários, e podem persistir indefinidamente. Além disso, em algumas situações é mais fácil obter informações de maneira anônima, através de um dispositivo tecnológico do que adotar um procedimento que necessite interação humana [3].

¹O 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>

2.2. Modelo Comportamental de Fogg

O FBM destaca-se por sua aplicabilidade em processos baseados em tecnologias persuasivas. Consiste essencialmente em duas dimensões de dados correspondendo ao grau de Motivação e Habilidade e uma linha de ação ou curva limite de ativação comportamental que atua como referencial visual para a mudança de comportamento, assim como um relacionamento intrínseco à implementação de eventos gatilhos (*Triggers*). Tais eventos são mecanismos que contribuem na obtenção da mudança de comportamento.

É caracterizado por ser um modelo empírico, visto que é resultado de experiências pessoais e processo reflexivo, tentativa e erro, sem a necessidade de uma abordagem metodológica [5]. Entretanto, tal abordagem é válida por ser considerada uma fundamentação para a formação da estrutura do conhecimento científico.

A Fig.1.a demonstra o FBM composto por duas dimensões de dados correspondente aos eixos de Motivação e Habilidade e pela linha de ação atuando como um guia visual. Entretanto, não é estabelecido um critério para a formação e posicionamento dessa linha de ação. Valores de Motivação e Habilidade acima dessa curva indica indivíduos altamente aptos para que um evento gatilho seja implementado e ocorra a mudança de comportamento. Qualquer valor abaixo dessa curva, resulta em gatilhos não eficientes e conseqüentemente não ocorre alteração comportamental. Contudo, nota-se na Fig.1.b que a posição da linha de ação esta intrinsecamente relacionada com a região estabelecida para eventos gatilhos [4].



Figure 1. FBM e relacionamento da intrínseco da linha de ação com eventos gatilhos. Fonte:[4]

No contexto do FBM, quanto maior for a Habilidade e Motivação mais facilmente pode ser implementado um estímulo (evento gatilho) para persuadir o indivíduo. Considerando cada eixo individualmente, tem-se que o eixo de Motivação é composto por seis variáveis: Prazer, Dor, Esperança, Medo, Aceitação e Rejeição. Análogo, o eixo de Habilidade é formado por seis variáveis: Tempo, Dinheiro, Esforço Físico, Esforço Mental, Desvio Social e Rotina [4].

Fogg descreve uma equação relacional geral para o modelo dada por:

$$B = MAT \quad (1)$$

A Eq.(1) é considerada muito mais descritiva do que algébrica. Essa equação informa que o comportamento (B) ocorre quando acontece uma interação entre três fatores: Motivação (M), Habilidade (A, do inglês *Ability*) e evento gatilho (T, do inglês *Trigger*). É importante destacar que qualquer valor nulo para *MAT* resulta em $B = 0$, o que significa a não ocorrência de comportamento. Esse trabalho fornecerá uma generalização para a obtenção dos valores dos eixos.

3. Métodos

3.1. Processo de Formação do Eixos

O propósito para o eixo M consiste, conceitualmente, em mover o indivíduo analisado sempre para um valor mais elevado na escala do eixo [4]. Esse eixo é composto por seis variáveis. Essas variáveis podem ser classificadas de acordo com o grau de contribuições no processo de formação do eixo. A Tab.1 mostra a contribuição de cada variável.

Table 1. Contribuição das variáveis do eixo de Motivação

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

Verifica-se que três variáveis apresentam contribuição positiva, ou seja, contribuem para o aumento da Motivação. Por outro lado, três variáveis contribuem de maneira negativa, diminuindo a Motivação. Nesse trabalho, essas variáveis seguirão a seguinte notação:

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

Portanto, pode-se assumir que as variáveis pertencem a dois grupo distintos. Positivos e negativos, atuando no aumento e diminuição da Motivação, respectivamente.

O eixo de Habilidade (A) contém seis variáveis que contribuem de modo a quantificar a realização de determinada tarefa. Tal tarefa que, de acordo com os valores das variáveis, pode resultar em uma atividade de fácil ou difícil execução. A Tab.2 informa a contribuição de cada variável.

Table 2. Contribuição das variáveis do eixo de Habilidade

Variável	Tempo	Dinheiro	Rotina	E. Físico	E. Mental	Desvio Social
Contribuição	+	+	+	-	-	-

Análogo ao eixo de Motivação, algumas variáveis contribuem de maneira positiva, e outras de maneira negativa. Com isso, variáveis positivas promovem o aumento da Habilidade, enquanto variáveis negativas contribuem com a diminuição da Habilidade em busca da realização de determinada tarefa. As variáveis do eixo de Habilidade seguirão a seguinte notação:

a_1 : Tempo a_2 : Dinheiro a_3 : Rotina
 a_4 : Esforço Físico a_5 : Esforço Mental a_6 : Desvio Social

Com a modelagem do relacionamento das variáveis dos eixos foi possível identificar um padrão no processo de formação dos eixos. Dessa forma, o atual FBM contém

seis variáveis para cada eixo. Entretanto, nada impede de que novas variáveis possam ser incluídas. Contudo, a quantidade de variáveis positivas e negativas devem ser iguais. Esse critério é necessário para que não ocorra viés na obtenção do valor tanto de Motivação quanto de Habilidade.

Assim, para cada eixo, dois grupos são definidos. Um contendo variáveis positivas e outro negativas. Seja β^α , com β representando o eixo M ou A e α assumindo (+) para variáveis positivas, e (-) para variáveis negativas. Considere x_i assumindo valores das variáveis m_i ou a_i . A Eq.(2) informa a soma da contribuição de cada grupo formado.

$$\beta^\alpha = \sum_{i=1}^n x_i \quad (2)$$

Seja n , uma quantidade arbitrária de variáveis, positivas e negativas, a equação geral para a formação de cada eixo é dada por:

$$\bar{\beta} = \beta^+ - \beta^- = \sum_{i=1}^{\frac{n}{2}} x_i - \sum_{i=\frac{n}{2}+1}^n x_i \quad (3)$$

O segundo somatório da Eq.(3) entra penalizando a obtenção dos valores do eixo, logo corresponde a soma das variáveis negativas.

Dado que $\max(\beta^+) = 3$ e $\max(\beta^-) = 3$, com as variáveis definidas no intervalo $I \in [0, 1]$ será utilizado a função logística para transformar o valor obtido de $\bar{\beta}$ para o domínio do modelo. Logo, a equação geral para a formação dos eixos do FBM é dada por:

$$\beta_{(\bar{\beta})} = \frac{1}{1 + e^{-\bar{\beta}}} \quad (4)$$

Contudo, mesmo que a Eq.(3) resulte em um característico numérico nulo, aplicando a função logística é possível obter um resultado para β que faz sentido no contexto de aplicação do FBM visto que $\bar{\beta} = 0 \Rightarrow \beta_{(\bar{\beta})} = 1/2$, que caracteriza um valor neutro, no domínio do FBM. Assim, a modelagem matemática para os eixos é geral e robusta, pois a Eq.(1) é satisfeita.

3.2. Linha de ação do FBM

A linha de ação, ou curva limite de ativação comportamental (*Threshold Line*) consiste em um limite teórico [4] na qual informa que, para valores de Motivação ou Habilidade acima dessa linha, é necessário implementar evento gatilho do tipo *signal*, ou seja, apenas um impulso ao indivíduo para que a mudança do comportamento ocorra.

Acreditamos que essa linha possa ser utilizada não apenas para identificar valores de Motivação e Habilidade elevados, mas também, devido seu relacionamento intrínseco com o tipo de evento gatilho a ser implementado. Dessa forma, de acordo com o conjunto de dados e sua dinâmica, eventos gatilhos podem sofrer alguma alteração de posicionamento, devido sua relação com a linha de ação.

Dessa forma, o estudo das propriedades dessa função, assim como o seu correto posicionamento de acordo com o conjunto de dados, pode tornar uma abordagem que maximiza a obtenção de eventos gatilhos mais eficientes. Com isso, assumimos que o posicionamento da linha de ação esta diretamente relacionado ao conjunto de dados.

A linha de ação do FBM pode ser descrita pela função:

$$f(x) = \frac{1}{x} \quad (5)$$

no domínio \mathbb{R}^+ . Note que essa função não é mencionada na literatura. Neste trabalho, propomos a modelagem matemática da linha de ação que é apenas descrita de maneira intuitiva por Fogg.

Para a demonstração matemática da Eq. 5 será adotada as propriedades da média de Kolmogorov, que consiste em uma generalização da família de médias, tais como aritmética, geométrica e harmônica, adotando uma função inversa. [14].

Por definição, se f é uma função que mapeia o intervalo real I , contínua e injetiva, então a média de Kolmogorov é definida como:

$$M_f(x_1, \dots, x_n) = f^{-1} \left(\frac{f(x_1) + \dots + f(x_n)}{n} \right) \quad (6)$$

Particularmente, se o domínio é \mathbb{R}^+ e $f(x) = 1/x$ então a média de Kolmogorov corresponde à média harmônica.

No contexto do FBM, adotar a média harmônica como medida de tendência central do conjunto de dados caracteriza uma abordagem consistente. Visto que a média aritmética é influenciada diretamente por valores extremos, a média harmônica é menos sensível a esses valores e dessa forma resulta em uma medida mais robusta.

Com isso, a linha de ação será centralizada na medida de tendência central dos dados correspondente à média harmônica. Essa abordagem não viola nenhuma propriedade do FBM, e de fato, define uma relação robusta e coerente para a implementação da linha de ação relacionada a eventos gatilhos. Esse aspecto passa de maneira leviana na teoria de Fogg, quando adota uma linha de ação fixa.

Foi adotado nesse trabalho o critério de deslocamento da linha de ação através da média de Kolmogorov quando relacionada a Eq.(5). Com isso, a linha de ação torna-se um recurso visual para a identificação de valores elevados de Motivação e Habilidade. Conseqüentemente, sendo a curva posicionada no centro do conjunto de dados, promove uma redução dos valores observador acima dessa, logo, anula qualquer viés teórico inicial, visto que esta fortemente dependendo da medida de tendência central dos dados.

Sendo o centro da função Eq.(5) dado por $x = y = 0.315$, é possível deslocar a curva em função da média harmônica do conjunto de dados tal que:

$$\begin{aligned} \text{Motivacao} &= x + \text{mediaHarmonica}(M) - 0.315 \\ \text{Habilidade} &= y + \text{mediaHarmonica}(A) - 0.315 \end{aligned} \quad (7)$$

4. Simulação baseada em Agentes

O processo de modelagem via agentes foi adotado para simular uma interação social [10], em busca de emular um ambiente capaz de satisfazer as condições para implementação do FBM. Para a modelagem do problema foram considerados três categorias de agentes: Regulares, influenciadores e extremos.

Agentes Regulares são considerados entidades comuns, em um ambiente social estariam relacionados a pessoas ordinárias.

Agentes Influenciadores são considerados aqueles que possuem um nível de Motivação e Habilidade mais elevado. Nesse trabalho, foi considerado valores de M/A acima de um desvio harmônico do conjunto de dados. Esse critério foi adotado para evitar viés na avaliação entre tendência central e a dispersão dos dados.

Agentes Extremos são aquele que apresentam grau de Motivação e Habilidade muito elevados (acima de dois desvios harmônicos). São entidades capazes de promover um aumento significativo nos valores de M/A.

O Algorithm 1 demonstra o processo de interação entre os agentes:

```
initialize valores iniciais de M/A, probabilidade de ser influenciado e tendência central;
while identifica agentes do
  rotular agentes como regular/influenciador/extremo;
end
movimenta agentes;
switch Contato entre agentes do
  case Agente regular do
    atribui pos/neg + 0.5;
  end
  case Agente influenciador do
    atribui pos/neg + 1;
  end
  case Agente extremo do
    atribui pos/neg + 2;
  end
end
if Agente pode ser influenciado then
  switch contato do
    case Agente regular do
      calcula M/A;
    end
    case Agente influenciador do
      calcula M/A + 10%;
    end
    case Agente extremo do
      calcula M/A + 25%;
    end
  end
else
  goto identifica agentes;
end
if Agente contactado é regular then
  switch tendencia do
    case pos > 1.5 * neg do
      atribui cor azul e segue agente influenciador positivo;
    end
    case neg < 1.5 * pos do
      atribui cor vermelha e segue agente influenciador negativo;
    end
    otherwise do
      atribui cor cinza e calcula tendencia central dos agentes;
      goto identifica agentes;
    end
  end
else
end
```

Algorithm 1: Interação baseada em agentes para avaliação da Motivação, Habilidade e Linha de ação do FBM. Fonte: O autor.

Quando os agentes interagem, suas ações são registradas em um contador de interação. Se o agente entrar em contato com um agente positivo, é incrementado a variável `pos`. Esse critério é utilizado para mensurar a tendência do agente. Uma vez que agentes regulares possuam uma maior tendência positiva, esse segue um agente do tipo influenciador positivo. Análogo para a modelagem de agentes negativos.

Contudo, quando essa interação ocorre, a probabilidade intrínseca do agente em ser influenciado é avaliada. Quando essa probabilidade é satisfeita, ocorre o cálculo dos valores de M/A. Caso contrário nada acontece. Esse critério serve como ponderação pois a mudança de comportamento, na prática, não é constante. Logo, nem sempre um agente é influenciado, ou pode ser um agente difícil de ser influenciado.

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

Enfatizamos que nessa modelagem, dado a aleatoriedade do sistema, valores de M/A para qualquer agente pode ser aumentada ou diminuída. 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 Figura 2 demonstra o ambiente implementado em Netlogo para avaliação da interação entre agentes com base na modelagem proposta para obtenção dos eixos, assim como o comportamento dinâmico da linha de ação.

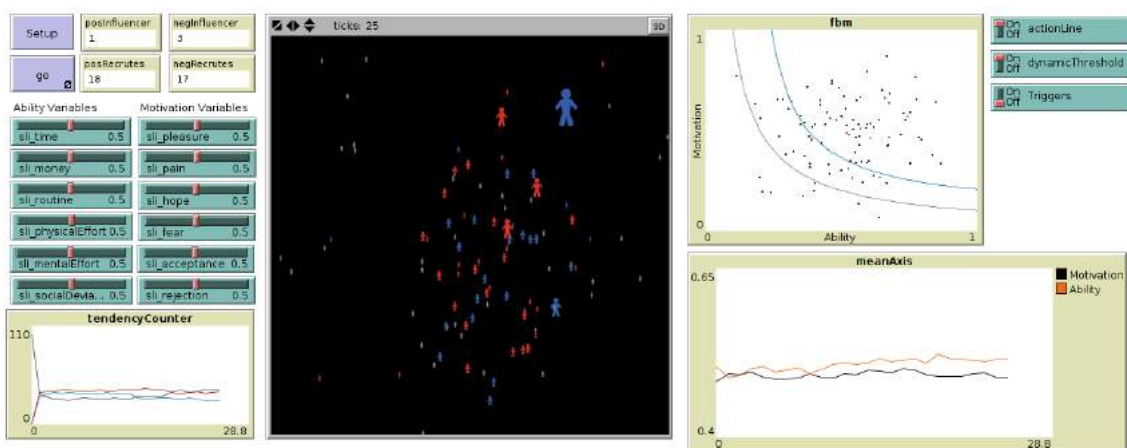


Figure 2. Ambiente para avaliação das propriedades do FBM. Fonte: O autor.

Na Fig.2, o grid central representa a interação entre os agentes no ambiente implementado. Os controles localizados à esquerda, possibilitam ajustes manuais nas variáveis definidas para cada eixo. O gráfico de dispersão à direita mostra valores de M/A em tempo real, conforme ocorre interação entre agentes e dinamicamente posiciona a linha de ação.

5. Resultados e Discussão

Inicialmente, a Fig. 3 mostra que, independentemente do comportamento dos dados, a linha de ação fixa proposta no FBM descreve intuitivamente um relacionamento visual mas é ineficiente para aplicações práticas. Entretanto, quando é relacionada à média de Kolmogorov pela Eq.(5) é possível verificar o caráter dinâmico da tendência central do conjunto de dados e perceber que existe uma distância (D) entre a curva teórica e o centro dos dados.

Essa distância indica que o conjunto de dados é dinâmico, assim como deve ser a linha de ação, para que, de fato, informe a região para implementação de eventos gatilhos que reflita o comportamento do conjunto de dados.

Acreditamos que a linha de ação fixa subestima o conjunto de dados, fornecendo uma quantidade elevada de registros acima dessa curva. Logo, a linha de ação fixa é um recurso empírico e não apresenta qualquer relação real com os dados estudados. Por isso, adotar o critério de uma linha de ação dinâmica reflete uma abordagem muito mais robusta.

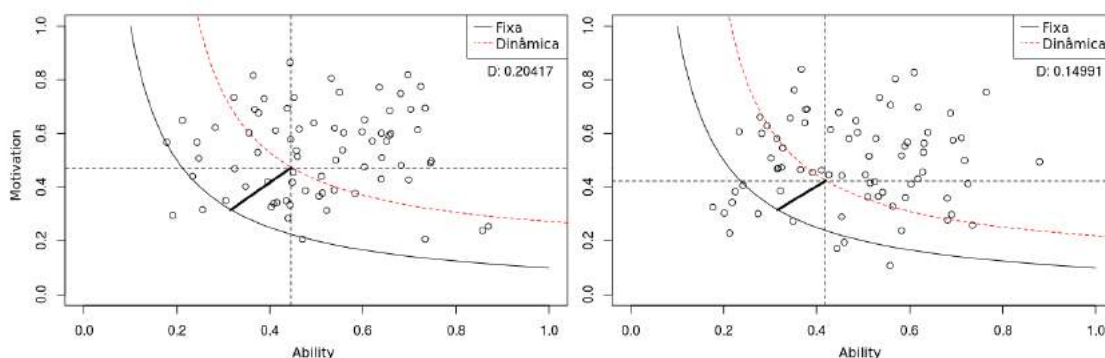


Figure 3. Linha de ação fixa do FBM e distância comparada à curva dinâmica.
Fonte: O autor.

Contudo, ressaltamos que a linha de ação é dependente do conjunto de dados, assim, conforme os dados são atualizados a curva apresenta uma nova localização. Sempre centrada na média harmônica do conjunto. Essa abordagem torna-se coerente pois podem ser considerados os seguintes aspectos:

Primeiramente, a distância (D na Fig.3) será nula, pois a curva esta sempre alocada na medida de tendência central dos dados.

Segundo, a quantidade de registros acima dessa curva será consideravelmente reduzida. Essa é uma boa abordagem pois reduz custos de implementação de eventos gatilhos do tipo *signal* sem eficiência. Esses estímulos são considerados sem eficiência, pois a linha de ação fixa não esta relacionada aos dados. Logo, identifica como *signal* qualquer observação acima da curva, sem qualquer critério bem definido.

Terceiro, adotando uma linha de ação dinâmica demonstra uma dependência com o conjunto de dados além de reforçar sua propriedade intrínseca com a identificação da região para implementação de eventos gatilhos com maior eficiência.

Assim, descarta-se a curva fixa, proposta no FBM, pois essa não satisfaz a de-

manda prática em um domínio de aplicação do modelo.

Com a simulação baseada em agentes, foi possível verificar a distribuição do comportamento para valores de M/A resultantes do processo iterativo. A Tab.3 demonstra a distribuição amostral das médias dos valores de Motivação e Habilidade adotando três critérios: M/A neutros, ou seja, sem a influência direta de uma variável. Para M Baixo/A randômico, foi considerado um incremento proposital de uma variável constituinte do eixo M, o propósito é verificar a influência de contribuições individuais das variáveis afim de que em um ambiente real de aplicação, o agente tomador de decisão possa propiciar o aumento ou diminuição da Motivação de seus usuários. Raciocínio análogo para M Alto/A randômico.

Table 3. Distribuição amostral para M/A (ticks=50.000(10 × 5.000)

	M/A Neutro	M Baixo/A rand	M Alto/A rand
M	0.52609	0.46141	0.58598
A	0.51934	0.50162	0.49535

Quando um fator que promova o distúrbio do sistema é acionado, no caso, com uma variável (m_i) é possível avaliar que a média geral do eixo é significativamente alterada. Foi utilizado apenas a variável Esperança, para M baixo e alto, com valores de 0.1 e 0.9 respectivamente. Isso demonstra que a modelagem dos eixos esta consistente. Em um contexto real de aplicação do FBM o agente tomador de decisão poderia incluir fatores no experimento que promovesse o aumento esperança de seus usuários em busca de um comportamento alvo. Esse fator pode ser utilizado de maneira intencional, logo recursos como mais tempo ou dinheiro para execução também podem promover o aumento da Habilidade.

Dessa maneira, nossa proposta em adotar a linha de ação dinamicamente posicionada em relação aos dados torna-se ainda mais robusta. Quando um distúrbio é percebido no sistema, seja positivo ou negativo, a linha de ação relacionada a tendência central dos dados demonstra uma possível nova região para a implementação de eventos gatilho. Assim, servindo como um recurso visual e promovendo a utilização de gatilhos mais eficientes em processos baseados em tecnologias persuasivas.

6. Conclusões

Nesse trabalho foi apresentado um estudo referente ao processo de formação e posicionamento da linha de ação do Modelo Comportamental de Fogg. De acordo com a generalização da modelagem matemática dos eixos de Motivação e Habilidade, todas as variáveis constituintes do eixo foram consideradas e por seguinte avaliada a influência no processo de obtenção do característico numérico do eixo.

Foi possível verificar o comportamento da linha de ação em um ambiente baseado agentes e constatado que a curva limite de ativação comportamental, não deve ser um recurso fixo como originalmente proposta no modelo, mas sim dinamicamente alocada relacionando-se à média de Kolmogorov correspondente a média harmônica do conjunto de dados.

Os resultados evidenciaram que adotando a linha de ação com característica de posicionamento dinâmico preserva seu relacionamento intrínseco à implementação de

eventos gatilhos, e dessa forma, informando conforme os dados são atualizados, novas localizações para a implementação de gatilhos que podem apresentar maior eficiência no desenvolvimento de processos baseados em tecnologias persuasivas.

7. Referências

- [1] K. Azar, L. Lesser, J. Stephens, and et al. Mobile applications for weight management theory-based content analysis. *American Journal of Preventive Medicine*, 45(5):583–589, 2013.
- [2] A. Bergmans and S. Shahid. Reducing speeding behavior in young drivers using a persuasive mobile application. In *Human-Computer Interaction: Applications and Services: 15th International Conference, HCI International 2013, Las Vegas, NV, USA, July 21-26, 2013, Proceedings*, number pt. 2 in Lecture Notes in Computer Science, pages 541–550. Springer Berlin Heidelberg, 2013.
- [3] B. Fogg. *Persuasive Technology: Using Computers to Change What We Think and Do*. Morgan Kaufmann, San Francisco, 2003.
- [4] B. Fogg. A behavior model for persuasive design. In *Persuasive '09 Proceedings of the 4th International Conference on Persuasive Technology*, number 40. ACM, New York, 2009.
- [5] M. Gravira. *Simulação Computacional como uma Ferramenta de Aquisição de Conhecimento*. USP, Sao Carlos, SP, 2003.
- [6] K. Hogan. *The Psychology of Persuasion. How to persuade others to your way of thinking*. Pelican Publishing Company, Gretna, 2004.
- [7] W. Hongqi, L. Zongwei, and et al. A pervasive technology approach to social trustworthiness. *Communications in Computer and Information Science*, 320:242–249, 2013.
- [8] E. Insaurriaga. *O Futuro da Persuasao Movel: um estudo sobre aplicativos de condicionamento fisico*. PUC-Rio, 2012.
- [9] J. Larson. The invisible, manipulative power of persuasive technology. In <http://www.psmag.com/nature-and-technology/captology-fogg-invisible-manipulative-power-persuasive-technology-81301>, 2014.
- [10] E. Mangina and J. Carbo. *Agent-Based Ubiquitous Computing*. Atlantis Ambient and Pervasive Intelligence. Atlantis Press, 2010.
- [11] H. Rahman. *Human Development and Interaction in the Age of Ubiquitous Technology*. Advances in Human and Social Aspects of Technology. IGI Global, 2016.
- [12] R. Shannon. Simulation: A survey with research suggestions. *AIIE Transactions*, 7(3):289–301, 1975.
- [13] A. Silva and A. Battaiola. Tecnologias persuasivas: A persuasao em eletrodomesticos conectados a internet. In *Anais do 11 Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Design*, volume 1, pages 3734–3745. Sao Paulo: Blucher, 2014.
- [14] V. Slaev, A. Chunovkina, and L. Mironovsky. *Metrology and Theory of Measurement*. De Gruyter Studies in Mathematical Physics. De Gruyter, 2013.
- [15] M. Tsai, Y. Chang, C. Kao, and et al;. The effectiveness of a flood protection computer game for disaster education. *Visualization in Engineering*, 2015.
- [16] W. Wessels. *Practical Reliability Engineering and Analysis for System Design and Life-Cycle Sustainment*. CRC Press, 2010.
- [17] Uhrmacher, A.M., Weyns, D., **Multi-Agent Systems: Simulation and Applications**, Computational Analysis, Synthesis, and Design of Dynamic Systems, CRC Press, 2009.