

Interfaces Tangíveis e Simuladores de Veículos: Avaliação do Honda Riding Trainer

A. Vieira^{a,b}, B. Gonçalves^b

^a *alessandro.v.r@posgrad.ufsc.br*

^b *Programa de pós-graduação em Design,
Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil*

Resumo

Este artigo trata da interação tangível, por meio de interfaces cinestésicas, em simuladores educacionais. Tal estudo encontra importância à medida que as possibilidades tecnológicas de interação tangível aumentam. Ressalta-se, sobretudo, as aplicações em termos educacionais em diversas áreas, dentre elas treinamento de condutores para o trânsito. Assim, o presente artigo consiste em uma análise da interface tangível no simulador Honda Riding Trainer. Tal análise foi efetivada mediante uma avaliação experimental com 40 testadores, que foram observados em cenários de uso. A partir das observações e dos feedbacks dos testadores o aparelho foi classificado segundo as tipologias vigentes na literatura sobre interação física. O estudo conclui com uma classificação do Honda Riding Trainer a partir das abordagens de Ullmer [4], Hornecker [16], Liu [17], Almeida [13] e Bakker [20], bem como aponta incompletudes das tipologias atuais e da necessidade de protocolos de avaliação.

Palavras-Chave: *Simulador; Interfaces Tangíveis; Interação Física; Design de Interação.*

Tangible Interfaces and Vehicles Simulators: Evaluation of Honda Riding Trainer

Abstract

This paper deals with the tangible interaction through kinesthetic interfaces for educational simulators. This study finds importance as the technological possibilities of tangible interaction increase. It is noteworthy, especially applications in educational terms in several areas, among them training drivers to traffic. Thus, this article is an analysis of the tangible interface in the simulator Honda Riding Trainer. This analysis was undertaken through an experimental evaluation with 40 testers, which were observed in usage scenarios. From the observations and feedback from testers, the unit was classified according to the typologies existing in the literature on physical interaction. The study concludes with a rating of Honda Riding Trainer from approaches Ullmer [4], Hornecker [16], Liu [17], Almeida [13] and Bakker [20], as well as pointing incompleteness of current typologies and need assessment protocols.

Keywords: *Simulator; Tangible Interfaces; Physical Interaction; Interaction Design.*

1. INTRODUÇÃO

O histórico de simuladores desenvolvidos para as mais diferentes aplicações educacionais é vasto, intensificando-se a partir da II Guerra, com destaque para simuladores militares para condução de veículos, segundo Baldwin e Ford [1]. Tais artefatos objetivam a promoção de aprendizagem por meio da imitação de situações-problema, que podem ser vistas como reconstituições aproximadas de experiências que proporcionam ensaios e treinamentos.

Na simulação o usuário é exposto a uma série de condições programadas a partir de um modelo e tem a oportunidade de agir de tal forma que pode adquirir habilidades transferíveis para condições reais, segundo Vincenzi [2].

A experiência do usuário (ou UX, de “User eXperience”), em um simulador é determinada por diversos fatores. A UX consiste em algo além da usabilidade, perfazendo dimensões como satisfação emocional e atitude do usuário diante do produto, antes durante e depois do uso, segundo Cardoso [3]. A UX em simuladores é afetada por exemplo pela interface do artefato. Interfaces afetam a experiência do usuário podendo por exemplo promover maior ou menor usabilidade e, em

decorrência disso, diferentes níveis de aprendizagem.

Interfaces não se resumem a estimulação audiovisual, mas também envolvem, graças a novas tecnologias de captura de movimento, a corporalidade integral do usuário. Enfatizando a relação entre interfaces que captam movimentos corporais e a aprendizagem via simuladores, o presente estudo explora a forma pelas quais comandos corporais (tais como movimento, gestos e a coordenação motora) em interfaces afeta a experiência do usuário, e com isso a aprendizagem deste em simuladores educativos.

Entender melhor de interfaces tangíveis permitirá avanços em diversas áreas de aplicação desse tipo de interação humano-máquina. Nesse contexto, este artigo trata de uma delas: desenvolvimento de simuladores de motocicleta. Esses artefatos usam interfaces tangíveis a medida que fazem uso dos movimentos do usuário efetuando comandos em objetos físicos para desempenhar funções em um cenário virtual de simulação. Tal tipo de interação gera novos desafios em termos de design dos simuladores no que tange o planejamento e avaliação de sua interface.

A pesquisa relatada neste artigo baseia-se em uma con-

sultoria prestada por seu autor ao Ministério das Cidades entre 2013 e 2014. Tal consultoria, anterior ao seu programa de Mestrado em Design na UFSC, consistiu em um projeto de pesquisa e desenvolvimento de produto onde foram avaliados diferentes modelos de simuladores de motocicleta com o propósito de normatizar o uso de tais artefatos no Brasil através de uma lei federal. Posteriormente a consultoria foi integrada à pesquisa de Mestrado do autor, que tem por temática o design de interfaces tangíveis, mediante a liberação do uso dos dados por parte do Ministério para a publicação e discussão na comunidade acadêmica.

O presente estudo encontra justificativa primeiramente na novidade do tema, que explica a escassa produção acadêmica apontada pela revisão integrativa feita. Contudo também justifica-se pela emergência de novas tecnologias que tornarão mais comuns o uso de interfaces tangíveis, tais como a realidade aumentada e a computação ubíqua.

A história de produção científica sobre interfaces tangíveis se inicia em 1997, e suas aplicações em simuladores datam de pouco menos de 20 anos, conforme aponta Ullmer [4]. Entender como funcionam as TUI e como projetar melhores interações através desse paradigma contribuirá para o design de melhores simuladores e outros artefatos que façam uso de interação física. Simuladores de direção podem reduzir acidentes no trânsito, segundo Vidotto [5], e melhores simuladores serão mais eficientes para esse fim.

A partir do exposto destaca-se que o presente artigo tem por objetivos:

- a) Avaliar as tipologias de interfaces tangíveis disponíveis no estado da arte nessa área do Design de Interação;
- b) Analisar a interface tangível presente em um simulador comercial no mercado há 9 anos, o Honda Riding Trainer, à luz das tipologias vigentes identificadas.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1 Cognição Situada e Enação

A Cognição Situada constitui-se em um modelo explicativo para o processo de criação de conhecimento por parte do ser humano que vem ganhando espaço nas Ciências Cognitivas, tomando lugar de modelos clássicos que se limitavam a entender a cognição como algo puramente intelectual e circunscrito à mente e/ou ao cérebro.

A forma situada de entender a cognição tem esse nome porque preza por situar o agente do conhecimento em um contexto físico, social e cultural onde sua corporalidade e emoções estão implicadas. A Cognição Situada baseia-se nas seguintes premissas, segundo Roth e Jornet [6]:

- a. A cognição surge das interações que o corpo de um agente mantém com o seu ambiente físico: cognição é corporificada e situada;
- b. A cognição surge e é conectada com as interações que o agente mantém com seu ambiente social: cognição é situada em seu contexto social. Esse contexto pode ser imediato, quando o comportamento típico surge em relação a outros agentes, ou mediado, como quando o comportamento surge dentro de contextos sociais mais amplos (comunidades, redes sociais, etc);
- c. A cognição surge e tem a finalidade de promover ação: a cognição é emitida. Relações de referência para com o mundo e finalidades (intenções) caracterizam o comportamento humano;
- d. Cognição é distribuída através de ambientes materiais e sociais. Linguagem e práticas materiais são importantes categorias que capturam tais características;

- e. Diversos comportamentos inteligentes não demandam representação explícita interna (mental). O que é importante é a forma como o mundo se apresenta ao agente.

Um dos aspectos da Cognição Situada é o da “embodied cognition” (ou “corporificada”, isto é, o conceito pelo qual o conhecimento se dá também através da corporalidade do agente do conhecimento. Não basta perceber e imaginar: é necessário sentir o mundo através de nossos filtros perceptuais, e mover-se nele faz parte da experiência do saber.

O ato de conhecer, portanto, apresenta-se não apenas como intelectual, mas como sensorio-motor. Parte essencial da corporalidade se encontra na enação, que pode ser entendida da seguinte forma, conforme Paraguai [7]:

O termo 'enaction' foi introduzido pela primeira vez por Jerome Bruner, na Psicologia Cognitiva quando afirmou que o conhecimento 'enactive' é construído a partir de competências que requisitam habilidades motoras durante o processo do fazer, como por exemplo dançar, tocar um instrumento musical, manipular objetos, andar de bicicleta. Diferentemente do conhecimento elaborado de forma icônica ou metafórica, este paradigma da cognição está centrado em dinâmicas sensorio-motoras, atividades corpóreas, e coloca as mediações entre o indivíduo e seu ambiente como fundamentais e determinantes para a produção de significados.

Segundo Romão [8], o design de artefatos que explorem habilidades enactivas “parte de uma percepção situada da cognição, isto é, que leve em conta a totalidade da experiência sensorial, motora, emocional e intelectual do usuário”. Projetar produtos, imagens e outros artefatos é uma atividade entendida, pelo paradigma da Situcionista, como compreender a totalidade do usuário, sem reduzi-lo a dados ora intelectuais, ora motores, ora emocionais.

A Cognição Situada faz uso da corporalidade do usuário em um dado contexto físico para analisar a interação desse com um sistema. Em outras palavras, leva em conta a enação humana e como ela é usada para interações físicas. Não só o intelecto e a dimensão cognitiva, mas a dimensão motora e de expressão emocional é levada em conta na Cognição Situada, segundo Roth e Jornet [6]:

Atenção, consciência do momento presente, imagem corporal, percepção e emoções são alguns domínios onde estudos científicos e fenomenológicos podem convergir para uma Ciência Cognitiva corporificada, situada e enativa.

2.2 Interfaces Tangíveis: Características Fundamentais

As interfaces tangíveis, ou Tangible User Interfaces (TUI) são “um campo de pesquisa novo e ainda pouco sistematizado”, de acordo com Braga [9]. Mais recentes que as Graphic User Interfaces (GUI), surgiram a partir de novas tecnologias de reconhecimento de movimentos, tendo seus estudos iniciados em 1997, segundo Ullmer [4].

Tecnologias como a Realidade Aumentada permitiram ir além do clássico paradigma WIMP (sigla de “windows, icons, mouse, pointing device”) de design de interação gráfica, possibilitando novas formas de interação baseadas em reconhecimento de movimentos dos usuários, isto é, em suas habilidades enactivas.

Numa tentativa de descrever o funcionamento das TUI, Shaer e Hornecker [16] apontam as 5 principais características:

Consciência do espaço; acesso simultâneo e manipulação (muitas vezes envolvendo interação a duas mãos); utilização de dispositivos específicos (ao invés de dispositivos genéricos) não-icônicos; percepção espacial dos dispositivos; e reconfiguração do espaço.

Em resumo tal modelo explicativo enfatiza o uso do espaço resignificado pela manipulação de dispositivos físicos. As autoras enfatizam que a interação tangível, ou física, se dá em um ambiente físico, onde um conjunto de objetos reais são conectados a um conjunto de objetos virtuais presentes em um ambiente digital.

Já Kim e Maher [11] especificam mais a questão, descrevendo um processo geral de como se dá uma interação física do tipo TUI:

- objetos tangíveis são acoplados via funcionalidades computadorizadas a dados digitais (acoplamento computacional);
- os objetos tangíveis representam os meios de controle interativo. Mover e manipular objetos é a forma dominante de controle;
- os objetos tangíveis são perceptivelmente acoplados a representações produzidas digitalmente (por exemplo, áudio e visuais) e
- o estado dos objetos tangíveis incorpora aspectos fundamentais do estado de todo o sistema (significância representacional). O sistema é, portanto, pelo menos parcialmente legível se a energia é cortada.

No que se refere aos componentes físicos de uma TUI, Shaer [10] propõe o “TAC Paradigm”, pelo qual um sistema TUI possui quatro categorias fundamentais:

- pyfos* (um objeto físico que toma parte na interação digital. O termo vem do espanhol e foi usado para diferenciar da expressão comum “objeto”);
- token*, ou “sinal” (um pyfo apreensível, isto é, que pode ser captado pela parte digital do sistema e demonstrar propriedades virtuais);
- constraints*, ou “restrições” (Um pyfo que limita o comportamento do token ao qual ele é associado);
- TAC, sigla de *token and constraints* (uma relação entre *tokens* e *constraints* gerando regras de interação chamadas “quadros de referências”. As regras de um TAC dizem respeito a forma como os *pyfos* são acoplados, definição relacional entre eles, associações, interpretação computacional do que fazem e regras de manipulação por parte do usuário).

Em toda TUI componentes físicos interagem com componentes virtuais. Sobre a relação entre componentes dessas duas categorias, Wensveen [12] define seis aspectos fundamentais, oriundos do acoplamento enactivo entre ações do usuário e reações do sistema:

- tempo, isto é, contiguidade entre ação do usuário e reação do sistema;
- localização: correspondência espacial entre ação do usuário e reações do sistema;
- direção: correspondência de direção;
- dinâmica: posição, velocidade, aceleração, força;
- modalidade: o sistema oferece reações na mesma modalidade sensorial das ações do usuário;
- expressão: quando a reação do sistema reflete expressões emocionais da ação do usuário.

Dada a complexidade decorrente da interação entre componentes físicos e virtuais (estes expressos enquanto interfaces gráficas em um ambiente virtual), o design de TUI apresenta desafios extras em relação ao design de GUIs. Sobre o desafio em projetar interações tangíveis, Almeida

[13] comenta que “*enquanto nas Graphic User Interfaces o controle se faz através dos dois paradigmas, físico e digital, nas interfaces tangíveis somente se necessita de interagir no físico*”. Paraguai [7], pontua sobre esse tema:

As interfaces tangíveis, diferentemente das gráficas, não trazem nenhuma distinção entre os dispositivos de entrada e os de saída de dados, uma vez que, os dispositivos de controle físico e de representação integram os mesmos elementos na maioria destas interfaces.

Por conta de tais dificuldades e da recenticidade tecnológica do advento das TUI, seu design se encontra pouco sistematizado, carente de *guidelines*, protocolos para projetistas, segundo Wiethoff et al [14]:

Diferente da HCI (Human-Computer Interaction) tradicional, tem havido relativamente pouco esforço para determinar como TUIs devem ser projetadas. Ou seja, há pouca orientação às nuances do processo de projeto e orientações específicas que os designers e engenheiros devem seguir ao enfrentarem a tarefa de criar uma nova interface tangível.

2.3 Interfaces Tangíveis: Classificações Correntes

O primeiro modelo para classificação das TUI é do pioneiro nos estudos desse campo, Ullmer [4], que propôs uma classificação das TUI em três tipos: superfícies interativas, montagens construídas e conjuntos formados por tokens e constraints. A tipologia de Ullmer enfatiza os componentes utilizados no desenvolvimento e o aspecto estrutural do sistema montado.

Em se tratando da apreensão e manipulação de objetos físicos no uso da interface, Falcão [15], refere-se a diferentes graus de incorporação (*embodiment*) do sistema e o classifica em quatro níveis de intensidade. Quanto maior a incorporação, menor a distinção entre os mecanismos de entrada de comandos do usuário e os de saída de reações do sistema, como mostra a Tabela 1.

Tabela 1: Níveis de incorporação de uma TUI

Nível	Definição
Incorporação distante (<i>distant</i>)	A resposta do sistema digital aos estímulos do usuário ocorre longe, sendo em outra tela.
Incorporação ambiental (<i>environmental</i>)	A saída ocorre “ao redor” do usuário, tipicamente por meio de áudio, luz ou calor - há apenas uma relação tênue entre o objeto de entrada e a saída
Incorporação próxima (<i>nearby</i>)	A saída ocorre “perto” do objeto de entrada. A saída está acoplada à entrada como no caso de uma caneta especial que altera uma tela de visualização “riscada” por ela
Incorporação completa: (<i>full</i>)	O dispositivo de entrada é o dispositivo de saída - o estado do dispositivo está totalmente incorporado no próprio dispositivo

Indo além do critério de incorporação, numa tentativa de sistematizar todas as possibilidades de interações tangíveis, Hornecker [16], desenvolveu um modelo de níveis de interação. Por esse modelo haveria uma escala progressiva de interatividade físico-virtual nas TUI em quatro níveis, conforme expresso na Tabela 2.

Ao lado da terminologia TUI outra expressão vem ganhando lugar para designar o mesmo fenômeno. Trata-se das Natural User Interfaces (NUI). Essas podem ser definidas como “*uma metodologia emergente de interação com o computador que se concentra em habilidades humanas, como tato, visão, voz, movimento e as funções cognitivas*”

superiores, como expressão, percepção e memória”, segundo Liu [17].

As NUI apresentam-se como um tipo de TUI a medida que permite “interagir com ferramentas virtuais de uma forma natural, através do toque, visão, voz, movimento, expressões, etc...., tornando possível manipular conteúdo digital de forma intuitiva”, segundo Barba e Lopes [18].

Tabela 2: Níveis de interatividade físico-virtual em TUI

Nível de interatividade	Descrição
1. manipulação de objetos físicos	O usuário emite comandos motores em itens reais que afetam algum aspecto da parte virtual ou digital da interação
2. interação com espaço	Consiste no uso do corpo como um todo para emitir comandos que afetam o espaço físico e a partir dos eventos virtuais
3. facilitação de uso de interfaces gráficas com movimentos corporais.	Ocorre quando a cinestesia afeta interfaces audiovisuais presentes em telas e superfícies de projeção
4. representação de objetos físicos no espaço digital	Em outras palavras, a virtualização de um objeto ou espaço, que passa a ser um item no cenário virtual, podendo ou não haver uma correspondência entre o item real e sua parte virtual.

A ênfase das NUI, contudo, é que elas possibilitam uma interação natural. Em outras palavras, o usuário não teria que aprender a usar uma NUI pois ela já corresponderia perfeitamente a ações com que ele já está habituado no mundo real. Por exemplo, esticar a mão espalmada para dar um comando de “Pare” ou balançar a mão para a direita para passar objetos virtuais para o lado direito. As NUI seriam um tipo específico de TUI em que a interação é intuitiva ao ponto de dispensar aprendizagens de regras de uso.

Em se tratando de modelos analíticos das partes de uma TUI, se propondo a descrever de forma mais ampla as relações entre seus elementos visando uma análise detalhada, é encontrado em Barbosa [19], que apresenta uma série de critérios para avaliação de atributos essenciais em interações tangíveis:

- Como se dá a representação física de dados;
- Capacidade proporcionada de sentir e mover e objetos digitais com ações enactivas;
- Como se dão as representações virtuais dos objetos e eventos físicos;
- Formas de uso do espaço físico;
- Feedbacks proporcionados entre físico e virtual;
- Instruções de uso; facilidade de compreensão;
- Curva de aprendizagem;
- Nível de utilização do corpo na interação.

Bakker [20], por sua vez, enfatiza o uso de metáforas em TUI. Uma metáfora pode ser entendida “uma figura de linguagem que consiste na transferência de significação de uma palavra para outra por um efeito de comparação, analogia”, conforme Colusso [21], o que geralmente se dá quando o segundo termo é mais abstrato, de mais difícil compreensão.

Segundo Bakker [20], há dois tipos fundamentais de metáforas na concepção de uma TUI: a) de nome (isto é, objetos físicos que representam objetos virtuais. Ex.: uma caneta real tornando-se um pincel em uma realidade virtual) e b) de verbo (isto é, ações. Trata-se de uma ação física fazer a vez de uma ação virtual. Ex: levantar a mão faz uma caixa de texto subir)

A partir dessas duas categorias de metáforas relacionando entes e eventos físicos e virtuais, Bakker aponta quatro tipos de TUI, descritos na Tabela 3.

Tabela 3: Quatro tipos de TUI segundo uso de metáforas

Tipo	Exemplo
Que usa metáfora de nome	Blocos físicos representarem prédios em uma simulação digital.
Que usa metáfora de verbo	Bater palmas gerando um efeito sonoro em um ambiente virtual.
Que usa metáfora de nome e de verbo	Blocos se movendo em um tabuleiro físico alterando a posição de peças em um ambiente virtual.
Que não usa nenhuma forma de metáfora	Peça de roupa interativa que emite sinais do usuário para um computador.

Em termos gerais, as presentes tipologias e modelos explicativos para as TUI podem ser sintetizados na Tabela 4.

Tabela 4: Síntese das Tipologias de TUI

Tipologia	Itens
Componentes estruturais, de Ullmer [4]	Superfícies interativas, montagens construídas e conjuntos formados por tokens e constraints
Nível de incorporação, de Falcão [15]	Incorporação distante (<i>distant</i>); incorporação ambiental (<i>environmental</i>); incorporação próxima (<i>nearby</i>); incorporação completa (<i>full</i>)
Interfaces naturais, de Liu [17]	“Natural User Interfaces” e “non-Natural user interfaces” (interfades naturais e não-naturais).
Crítérios gerais para análise de uma TUI, de Barbosa [19]	Representação física de dados; capacidade proporcionada de sentir e mover e objetos digitais com ações enactivas; representações virtuais dos objetos e eventos físicos; formas de uso do espaço físico; etc...
Nível de interatividade real-virtual, de Hornecker [16]	Manipulação de objetos físicos; interação com espaço; facilitação de uso de interfaces gráficas com movimentos corporais; representação de objetos físicos no espaço digital
Uso de metáforas, de Bakker [20]	Que usa metáfora de nome; que usa metáfora de verbo; que usa metáfora de nome e de verbo; que não usa nenhuma forma de metáfora

2.4 Simuladores de Direção e Interfaces Tangíveis

Um simulador é um artefato apto para oferecer um ambiente virtual que guarda fidedignidade ao reproduzir um ambiente real, ao ponto do aprendizado ocorrido no primeiro incrementar habilidades empregáveis no segundo Vincenzi [2].

Por “simulador de direção” entende-se qualquer dispositivo que realiza a função de reproduzir, em um contexto virtual, condições de uso de um veículo automotivo,

segundo Baldwin e Ford [1].

O processo de criação de um simulador pode ser esquematizado por Vincenzi [2], da seguinte forma:

- 1) Análise da realidade a ser simulada. No caso do presente estudo, a realidade do trânsito brasileiro, em diferentes cenários: urbano, rural, cidade pequena, etc.
- 2) Selecionar características do ambiente a ser simulado para delimitação de um escopo para simulação. Esse processo de recorte e modelagem cria o que Vincenzi chama de "conceito"
- 3) Modelagem da simulação a partir do conceito sobre a realidade. Por 'modelagem' entende-se transpor o conceito sobre a realidade para uma linguagem lógica e/ou matemática de um computador.
- 4) Desenvolvimento do artefato de simulação a partir da modelagem do item anterior. Trata-se do momento de criar hardware, bem como o simulador enquanto posto operacional, de trabalho.
- 5) Por fim, a experiência propriamente dita do usuário no artefato de simulação. Tal processo desenvolve habilidades no aprendiz que podem ser transferidas, até certo ponto, para uso no ambiente real que foi o ponto de partida do sistema.

Vincenzi [2] destaca especialmente a importância da Fidelidade, isto é, a congruência entre o "conceito sobre a realidade" e o ambiente de simulação. A Fidelidade é garantida por fatores tais como: condições físicas do modelo, equipamento usado, qualidade audiovisual, interfaces aspectos comportamentais de imersão, etc.

Em outras palavras, simuladores são concebidos para imitar com realismo uma dada realidade física. Simuladores de condução, o tema deste artigo, imitam condições reais de trânsito e o veículo pilotado pelo usuário. O cumprimento dos objetivos do simulador depende do nível de realismo com o qual sua experiência virtual proporciona imitar a experiência real de conduzir um veículo em uma via com trânsito.

Os simuladores têm marcante relação com interfaces tangíveis, uma vez que se pode definir um simulador como todo artefato "destinado a reproduzir experiências de modo a impressionar o usuário em termos sensoriomotores, visando o aprendizado de alguma habilidade", segundo Vincenzi [2].

Por conta da necessidade de reproduzir realisticamente sensações no usuário os simuladores demandam um tipo de interação além do tipo GUI, limitado ao paradigma WIMP de interface. Simuladores demanda interação física, onde respostas enactivas do usuário são registradas e proporcionam interação e treino de habilidades sensoriomotoras.



Figura 1: O Honda Riding Trainer.

2.5 O Honda Riding Trainer

Para o presente estudo foi selecionado como objeto de análise o Honda Riding Trainer (HRT). Lançado em 2005, é resultado de 17 anos de estudos na Nihon University, Japão, de acordo com Vicentini [22].

A unidade HRT em questão foi obtida como empréstimo da Honda do Brasil como forma de cooperação com a pesquisa promovida pelo Ministério das Cidades Tal cooperação da empresa com o poder público tornou possível o uso, por 3 meses, do HRT em Florianópolis, no Centro de Formação de Condutores (CFC) Litoral, em Florianópolis. O modelo HRT pode ser visto na Figura 1.

As características de hardware e software do HRT, bem como de dimensões físicas, encontram-se descritas na Tabela 5.

Tabela 5: Propriedades do HRT.

Hardware	CPU: PC Pentium 4 2.4 Ghz or higher PC AT compatível com CD ROM Drive Speaker A partir de 512 megas de RAM Monitor LCD de 19 polegadas (a 80cm do aluno) Resolução da tela: 1024 x 768
Software	Windows XP ou 2000 DirectX 9.0 instalado
Dimensões	Comprimento: 594mm Largura: 568mm Altura: 923mm Comprimento do assento: 444mm Altura do assento: 578mm Largura do volante: 434mm Altura do volante: 893mm Largura dos pedais: 479mm Altura dos pedais: 100mm Ângulo horizontal do campo de visão: 27,2 graus Ângulo vertical do campo de visão: 21,7 graus Peso: 11kg

Fonte: manual do aparelho

O HRT foi projetado para treinamento de percepção de risco e habilidades motoras dos comandos básicos. Sobre os efeitos do HRT diz Vidotto [5]: "o HRT foi desenvolvido para fornecer ao piloto uma melhor percepção de situações de tráfego e construir habilidades de direção defensiva, um estilo de condução com base na antecipação do comportamento dos outros condutores na estrada".

O simulador HRT permite escolher o tamanho da moto (pequena, média e grande), tipo de transmissão (manual ou automática), cenários (avenida, ruas secundárias, costa marítima, montanha, subúrbio e autoestrada), e condições de iluminação (dia, noite e neblina). Ao todo são possíveis 18 passeios diferentes: 2 para treino de comandos básicos sem trânsito; 6 em vias com trânsito em avenidas; 5 em ruas secundárias e 5 em cenários não urbanos.

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A pesquisa relatada neste artigo consistiu na avaliação, através de testes com 40 testadores, do Honda Riding Trainer, no CFC Litoral, em Florianópolis, Santa Catarina. Os testadores eram todos alunos matriculados no CFC Litoral, em Florianópolis. O grupo foi formado por 19 homens e 21 mulheres, tendo a idade média de 26 anos (desvio-padrão 6,1). Desses 80% eram moradores dos bairros vizinhos aos CFCs. Em termos de escolaridade, 17 testadores tinham ensino médio incompleto, 19 possuíam o ensino médio completo e 4 cursavam o ensino superior. Dos testadores, 40% afirmavam já

possuir algum domínio em condução de motocicletas. Os experimentos consistiram em testes de uso do produto através de observações protocoladas do desempenho dos testadores em condições controladas no simulador, tomando por base um programa de ensino em 7 aulas de 30 minutos cada. Tal programa foi desenvolvido por duas pedagogas especializadas em educação para o trânsito. As aulas foram registradas em vídeo para posterior análise mais apurada. Antes do início do programa cada aluno leu e assinou um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, com o objetivo de salvaguardá-lo de possíveis situações de risco e garantir a ética na pesquisa. Na primeira aula os dados do perfil do aluno eram registrados, além de suas primeiras impressões sobre o simulador em uma entrevista fechada. O desempenho dos alunos em cada aula foi medido por indicadores de competências previamente elencados, que permitam precisar o número de falhas e acertos cometidos.

A avaliação com os 40 testadores durou de janeiro a março de 2014. Começou com as primeiras impressões coletadas com questionários e entrevistas. Depois o feedback deles ao final de cada uma das 7 aulas, e por fim as reflexões dos alunos semanas após o fim do programa. Ao final desse processo o desempenho dos alunos e os relatos de suas experiências enquanto usuários foram levados em conta para uma melhor análise da interação no HRT. O foco deste artigo, contudo, é apresentar os dados qualitativos da pesquisa, oriundos dos relatos dos testadores e das observações de uso do HRT feitas pelos autores.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Baseado nos atributos do HRT e na observação sistemática de seu uso por 40 testadores, à luz das tipologias de TUIs disponíveis, pode-se concluir que o simulador proporciona uma interação física com elementos virtuais, o que permite entender sua interface como uma forma de TUI. Da interação física das TUI o HRT possui os seguintes atributos:

1. Usa enação do usuário, isto é, capta seus movimentos corporais amplos (não apenas cliques em botões). O usuário tem um senso de percepção do espaço e de seu corpo se movendo nele, e tais dados se tornam relevantes na interação com o sistema digital;
2. Proporciona que o usuário interaja com objetos físicos em um ambiente real, e estes com objetos virtuais em um ambiente digital (por exemplo, o câmbio de marcha físico alterar valores da velocidade da moto virtual, bem como os mostradores de sua interface gráfica. Objetos físicos passam a ter propriedades digitais em um ambiente virtual que interage com o ambiente real do usuário;
3. A interação se dá através de uma interface não-icônica, isto é, diferente do paradigma WIMP de interface. O usuário manuseia objetos físicos que imitavam os controles de uma moto sem fazer uso de interfaces com *windows*, *ícones*, *menus* e *pointing devices* (janelas, ícones, menus e ponteiros, como o *mouse*).

A Figura 2 apresenta o HRT sendo experimentado por um dos 40 testadores envolvidos nos testes. Exposto isso, o HRT pode ser entendido como um artefato que faz uso de TUI. A seguir sua interface é avaliada mediante as seis tipologias levantadas pela presente pesquisa.

4.1 Tokens e Constraints

Segundo a tipologia de TUIs de Ullmer [4], o Honda Riding Trainer constitui-se em uma interação física do tipo

“montagem construída”, pois o artefato foi desenvolvido de tal forma que diferentes peças físicas foram montadas para configurar uma imitação de motocicleta. Seus componentes físicos, ou *pyfos*, foram arranjados de tal forma a constituir determinados conjuntos de *tokens* e *constraints* para tal fim. Dentre eles os pedais, que oferecem funções virtuais (*token*) e limitações físicas que conduzem a forma de uso (*constraints*), como a distância entre o suporte para o pé e o chão.



Figura 2: Instrutor do CFC experimentando o HRT.

4.2 Relações Real-Virtual

Tomando o modelo de relações entre componentes físicos e entidades virtuais de Wensveen [12], pode-se averiguar que:

1. Em termos de tempo, a contiguidade entre ação do usuário e reação do sistema demonstra-se vital pro objetivo do simulador. O usuário precisa receber feedback imediato de suas ações no HRT para que sua aprendizagem seja efetiva. Por exemplo, se numa fração de segundos ele perde o controle do veículo em uma curva e o efeito físico da aceleração centrípeta precisa ser sentido de imediato para que aprenda a necessidade de manter o controle do guidão em tais situações;
2. A localização, isto é, a correspondência espacial entre ação do usuário e reações do sistema, foi projetada para proporcionar a sensação de conduzir a moto virtual, aumentando o realismo e interação físico-virtual. O usuário do HRT tem uma visão em primeira pessoa de um condutor de motocicleta, o que aumenta sua imersão na experiência virtual;
3. A correspondência de direção contribui para o realismo na condução. As ações do usuário em termos de controle de direção do HRT se refletem com reações correspondem da motocicleta virtual. Se ele gira o guidão para a direita dez graus, a moto virtual vira 10 graus para a direita;
4. A relação de dinâmica, envolvendo posição, velocidade, aceleração, força, foi prejudicada pela ausência de cinestesia no simulador. Tal relação é sugerida por efeitos visuais e sonoros, mas o dinamismo do HRT é um efeito sem suporte cinestésico real;
5. A relação de modalidade foi congruente, à medida que ações físicas do usuário geram representações virtuais de ações físicas na motocicleta virtual. Não há efeitos como respostas motoras do usuário gerarem respostas textuais da moto, por exemplo;
6. A relação de expressão é escassa, encontrando-se apenas no feedback sonoro do acelerador indicando nervosismo. O HRT não capta e interpreta emoções do

usuário, portanto não responde a elas, mas apenas a comandos motores.

4.3 Nível de incorporação

O HRT pode ser visto, segundo Falcão [15], como uma interação de nível de incorporação próxima (*nearby*), uma vez que a saída das informações ocorre na tela e nas caixas de som, que estão perto dos dispositivos de entrada de informação (a montagem física de *pyfos* que imita uma motocicleta). A incorporação não é ambiental porque não ocorre ao redor do usuário, encontra-se centralizada na tela e nas caixas de som. Não é distante porque ocorre necessariamente no mesmo espaço físico que o usuário. E não é completa (*full*) porque os *pyfos* de entrada não oferecem saída de informação, como feedback cinestésico para as ações do usuário.

4.4 Nível de interação tangível

Já segundo a classificação de Hornecker [16], o HRT trata-se do nível 3 de interação: facilitação do uso de interfaces audiovisuais (no monitor e nas caixas de som) através da captação de comandos enactivos do usuário através das partes do simulador que imita fisicamente a moto, como o guidão e os pedais.

O HRT foi projetado para que sua interface tangível interaja com uma interface audiovisual presente no monitor e nas caixas de som. Ele poderia funcionar sem interface tangível, por exemplo, através de comandos em um teclado comum, mas isso não proporcionaria aprendizagem de habilidades enactivas relacionadas aos comandos de uma motocicleta.

Tabela 6: Síntese da classificação do HRT.

Tipologia	Itens
Componentes estruturais, de Ullmer [4]	Montagem construída. Conjunto de TACs: tokens e constraints, montado num aparato físico.
Relações entre Virtual e Real	1. Relação temporal marcada por forte contiguidade; 2. Correspondência espacial entre ação do usuário e reações do sistema projetada para proporcionar a sensação de conduzir a moto virtual; 3. A correspondência de direção contribui para o realismo na condução; 4. A relação de dinâmica, envolvendo posição, velocidade, aceleração, força, foi prejudicada pela ausência de cinestesia no simulador; 5. A relação de modalidade foi integralmente congruente; 6. A relação de expressão apresentou-se escassa.
Nível de incorporação, de Falcão [15]	Incorporação próxima (<i>nearby</i>).
Nível de Interação Tangível	Facilitação do uso de interfaces audiovisuais.
Uso de metáforas, de Bakker [20]	Sem uso de metáforas.
Interfaces naturais, de Liu [17]	Interface natural para o usuário, não-natural para o instrutor que atua como operador do simulador.

4.5 Uso de Metáforas

Em termos de metáforas, o HRT apresenta-se como uma TUI sem metáforas, uma vez que cada objeto físico corresponde, ou intentava corresponder, a um objeto virtual análogo, sem

troca de função. Por exemplo, o freio traseiro, acionado pelo pé, corresponde ao freio traseiro da motocicleta virtual.

A moto física correspondia a uma moto virtual, sem metáforas. Porém nos momentos que o HRT é utilizado não pelo usuário-aluno, mas pelo usuário-instrutor para configurar a experiência ocorrem metáforas do tipo “verbais”. Por exemplo, o ato de apertar a ignição da moto corresponde a dizer “Sim” nos menus. A ignição da moto é uma ação física que na moto virtual tem a função de “Sim” para o movimento da moto, e na interface de configuração do sistema tem, metaforicamente, a ação de dizer “Sim” para uma *setting* de escolhas.

4.6 Interface Natural

Para o usuário-aluno, enquanto treina suas habilidades enactivas de condução, o HRT é uma interface natural, uma vez que não se torna necessário aprender comandos e códigos diferentes para realizar a condução da moto. Um usuário que saiba como conduzir motocicletas reais poderá usar o HRT sem passar por novos aprendizados, sendo para ele “natural” o uso

Contudo a interface do HRT não é natural para o usuário-instrutor. Este precisa aprender diversas nuances de uso da interface para configurar e selecionar estados do simulador. A Tabela 6 sintetiza a descrição do HRT mediante as 6 tipologias inicialmente expostas.

4.7 Outros critérios em TUI

Tomando por base os critérios desenvolvidos por Barbosa [19] para analisar uma TUI, podemos falar do HRT:

- instruções de uso, facilidade de compreensão e curva de aprendizagem: Para ter sua interface de uso compreendida o HRT demanda alguém já capacitado a conduzir uma motocicleta. Isso porque os comandos de guidão, pedais e botões do painel correspondem aos de motocicletas reais. O HRT fornece instruções claras em sua interface gráfica, exposta no monitor para orientar o usuário iniciante. A compreensão das instruções, contudo, demanda um conhecimento prévio de partes e funções de motocicletas por parte do usuário-instrutor.
- Representação física de dados: O HRT oferece uma imitação física de carenagem de motocicleta que possui um correspondente virtual. Mas os dados ocorridos no ambiente virtual, como eventos e estados, não ganham representação física no ambiente virtual. Por exemplo, não há feedback cinestésico de choques e colisões fazendo o assento da carenagem se mover.
- Representações intangíveis: O cenário da via, o trânsito e a motocicleta são representações virtuais geradas pelo HRT. Esses objetos virtuais respondem às ações do usuário na carenagem física, enquanto emite comandos enactivos via guidão, pedais e painel;
- Capacidade de sentir e mover e objetos digitais: Este item está ligado ao anterior, à medida que as representações intangíveis tem por função responder aos movimentos do usuário. A motocicleta virtual permite a sensação de deslocamento por uma via de trânsito, mas tal sensação é limitada a estímulos audiovisuais, não encontrando modalidade cinestésica. A maioria dos testadores se queixou da falta de sensação de movimento ao conduzir a motocicleta virtual, determinada pelo fato do assento da carenagem ser fixo, estático;
- Feedbacks proporcionados: Os feedbacks das ações dos usuários são imediatos e ricos em termos audiovisuais. Mínimas falhas de condução, ocorridas em frações de

segundos, aumentam o risco de colisões no simulador, gerando aprendizagem por correção de falhas;

- f. Uso do espaço físico: No HRT o espaço físico do, enquanto entorno do aparelho, é pouco utilizado. O usuário se senta no simulador e interage nesse estado com os dispositivos de saída, tudo em uma área de aproximadamente dois metros quadrados.
- g. Utilização do corpo: O usuário encontra-se sentado durante toda a experiência no HRT, emitindo comandos apenas com as duas mãos no guidão e os pés nos pedais. O uso do corpo em curvas, inclinando-se para facilitá-las, é neutro no HRT, não gerando consequências na simulação uma vez que não é registrado pelo aparelho.

4.8 Síntese da Experiência dos Usuários

Os testes de uso com o HRT permitiram a constatação, através de observações diretas e relatos de usuários, que o mesmo proporciona uma experiência de aprendizado rica em feedbacks audiovisuais para habilidades enactivas de condução, mas neutra em termos de sensações físicas de movimento.

A principal queixa dos testadores era que o simulador não se movia, gerando uma quebra no realismo da simulação. Isso demonstra a expectativa em torno de uma interface tangível, isto é, que ela proporcionasse tal tipo de realismo enactivo. Contudo o conceito do HRT é o de um simulador de situações de risco para treino de habilidades enactivas relacionadas a percepção e controle de comandos. Ele não se propunha a simular eventos físicos gerando caros feedbacks motores no aparelho.

De um modo geral entendeu-se o HRT como muito útil para o aprendizado de comandos elementares para o controle da motocicleta (ligá-la, sair com o veículo, trocar de marcha, parar, etc), bem como habilidades de percepção visual de risco no trânsito.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A compreensão detalhada das TUI, a partir de categorias criteriosas e análise e classificação, permite uma melhor reflexão das mesmas como objeto em Design. A interatividade promovida por tais tipos de interface possui diversas nuances que carecem de sistematização para que tal compreensão seja levada a cabo.

O presente artigo destacou como classificar um artefato de simulação, o Honda Riding Triainer, ajudou a entender melhor a interação tangível que ele proporciona, possibilitando até mesmo sugerir melhorias, mudanças no projeto da relação do artefato com o usuário.

A pesquisa em TUI ainda é incipiente, pouco sistematizada em termos de prescrições para o design de artefatos. Melhores modelos explicativos e critérios de classificação desse tipo de interface precisam ser desenvolvidos, gerando protocolos de avaliação e orientação para designers. Aplicações educacionais, como simuladores veiculares, têm muito a ganhar com um Design de Interação enriquecido com técnicas e métodos apropriados para lidar com esse tipo de interface.

REFERÊNCIAS

- [1]. Baldwin, T.; Ford, J. Transfer of Training: a review and direction for the future research. *Personnel Psychology*. Vol. 41. 2006.
- [2]. Vincenzi, J. A; Wise, A.; Mouloua & P. A. Hancock (Eds.), *Human Factors in Simulation and Training*. CRP Press, 2009.
- [3]. CARDOSO, Gabriel. Avaliação de Experiência do Usuário Durante o Desenvolvimento de um Aplicativo Social Móvel. 2013. 169 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-graduação em Design, Design & Expressão Gráfica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2013.
- [4]. Ullmer, B. *Tangible Interfaces for Manipulation*. PhD Thesis, MIT, september of 2002.
- [5]. Vidotto, G. A LONGITUDINAL STUDY TO EVALUATE RIDING TRAINER EFFECTIVENESS IN TEENAGERS. 3rd International Conference on Road Safety and Simulation, September 14-16, 2011, Indianapolis, USA. Disponível em: <<http://onlinepubs.trb.org/onlinepubs/conferences/2011/RSS/2/Vidotto,G.pdf>> Acesso em 12 de mai de 2014.
- [6]. Roth, W.M. Jornet, A.G. (2013). Situated cognition. *WIREs Cognitive Science*, 4, 10.1002/wcs.1242
- [7]. Paraguai, L. Interfaces multisensoriais: espacialidades híbridas do corpospaço. *Revista FAMECOS*, Porto Alegre, nº 37, dezembro de 2008.
- [8]. ROMÃO, Maria. Interfaces persuasivas e tangíveis. 2010. 120 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-graduação em Design, Universidade Nova Lisboa, Lisboa, 2010.
- [9]. BRAGA, M. C. G. Diretrizes para o Design de Mídia Aumentada. 2012. 241 f. Tese (Doutorado) - Curso de Pós-graduação em Engenharia de Conhecimento, Engenharia do Conhecimento, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2012.
- [10]. Shaer, O.; Hornecker, E. Tangible User Interfaces: Past, Present, and Future Directions. *Foundations and Trends in Human-Computer Interaction* Vol. 3, Nos. 1-2 (2009) 1-137.
- [11]. Kim, M. J, Maher, M. The impact of tangible user interfaces on spatial cognition during collaborative design. In: *Design Studies*, Vol 29, No. 3, May 2008.
- [12]. Wensveen, S.A.G. *Interaction Frogger: a Design Framework to Couple Action and Function through Feedback and Feedforward*. , August, 2004, Cambridge, MA, USA.
- [13]. ALMEIDA, Marta. Interfaces tangíveis e interação física. 2010. 109 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-graduação em Design, Universidade Nova Lisboa, Lisboa, 2011.
- [14]. Wiethoff, A., Schneider, H., Kufner, J., Rohs, M., Butz, A. and Greenberg, S. (2013) Paperbox – A toolkit for exploring tangible interaction on interactive surfaces. Research report 2013-1034-01, Department of Computer Science, University of Calgary, Calgary, AB, Canada. January.
- [15]. Falcão, T. Design de interfaces tangíveis para aprendizagem de conceitos matemáticos no Ensino Fundamental. 2007. 110f. Dissertação (Mestrado). UFPE.
- [16]. Hornecker, E. Tangible Interaction. Disponível em: <http://www.interaction-design.org/encyclopedia/tangible_interaction.html> Acesso em 4 de Mai de 2014.
- [17]. Liu, W. Natural user interface- next mainstream product user interface, In proceedings of IEEE 11th International Conference on Computer-Aided Industrial Design & Conceptual Design (CAIDCD), vol.1, 203-205, 2011.
- [18]. Barba, M.; Lopes, N. INTRODUÇÃO À PROGRAMAÇÃO: (RE)CONSTRUÇÃO DE ESPAÇOS EDUCACIONAIS EM

- REALIDADE AUMENTADA. Instituto Politécnico de Santarém - Escola Superior de Educação. Pág. 40 - 55. Portugal, 2013.
- [19]. Barbosa, P. C. Interfaces Tangíveis – Representação Física e Controle Digital nas Artes Interativas. 2010. 85 f. Trabalho de Conclusão de Curso UNIARA.
- [20]. Bakker, S.; Antle, A.; Hoven, E. Embodied metaphors in tangible interaction design. *Journal of Personal and Ubiquitous Computing* Volume 6. Issue 4, April 2012. Pages 433-449. London, UK.
- [21]. COLUSSO, Lucas. Metáforas conceituais para design de hipermídia. 2014. 128 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-graduação em Design, Design & Expressão Gráfica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2014.
- [22]. Vicentini, M., Spoto, A., Bastianelli, A., & Vidotto, G. Honda Riding Trainer. Psychological Evaluation Project: Psychometric Aspects of Safe Riding. II HTLab Day, Padova, 27 maggio, 2006.