

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

RODRIGO BARBOZA FERRAZ FEIX

ANÁLISE DE MÉTODOS QUE CONSIDERAM A REALIDADE VIRTUAL PARA  
O DESENVOLVIMENTO DA MODELAGEM HUMANA

CURITIBA  
2015

RODRIGO BARBOZA FERRAZ FEIX

ANÁLISE DE MÉTODOS QUE CONSIDERAM A REALIDADE VIRTUAL PARA  
O DESENVOLVIMENTO DA MODELAGEM HUMANA

Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Engenharia de produção, turma 2014 da, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do grau de Especialista em Engenharia de Produção.

Orientador: Professora Maria Lúcia Okimoto

CURITIBA  
2015

# **ANÁLISE DE MÉTODOS QUE CONSIDERAM A REALIDADE VIRTUAL PARA O DESENVOLVIMENTO DA MODELAGEM HUMANA**

FEIX, Rodrigo Barboza Ferraz - (UFPR) - rodrigofeix@globo.com  
OKIMOTO, Maria Lúcia - (UFPR) - lucia.demec@ufpr.br

## **Resumo:**

O presente artigo aborda a importância de considerarmos a realidade virtual no processo de consideração do usuário no projeto de produtos. Para tanto, serão apresentados três métodos de desenvolvimento de modelagem humana: Virtual Building, Modified virtual building e Interactive virtual evaluation. Dessa forma, temos como objetivo analisar esses métodos a partir de um grupo de itens extremamente necessários para garantir as condições de trabalho ideais. Os métodos analisados neste trabalho poderão ser utilizados tanto na fase de definição de projeto e layout, quanto durante a produção, pois têm como um de seus princípios a rapidez para melhorar e manter a ergonomia desejada.

**Palavras chaves:** Realidade virtual, métodos, modelagem humana, simulação, building virtual.

## 1. Introdução

A simulação consiste na construção e realização de modelos abstratos, a partir dos quais pode-se observar o comportamento de um determinado sistema durante um período de tempo antes mesmo dele acontecer na realidade. Assim, podem-se fazer testes, visando encontrar a melhor solução para problemas reais (SCHNEIDER, 2004). A simulação é particularmente importante para a ergonomia, por permitir a previsão do comportamento de algum sistema sem expor o ser humano a um risco, e que de outra forma não poderia ser adquirida (MEISTER, 1995).

Programações de modelos humanos para a análise ergonômica requerem tempo e inúmeras suposições realizadas pelo modelador. A capacidade de fornecer simulações de movimento humano até os dias de hoje ainda se mostra limitada, porém diferentes abordagens para a previsão de movimentos humanos estão sendo desenvolvidas e aperfeiçoadas por vários grupos de pesquisa, o que acaba trazendo uma evolução no passar dos anos (DUFFY, 2007).

Como destacado por Broberg (1997), mais de 90% dos designers e engenheiros reconheceram que precisavam considerar a ergonomia no início do processo de desenvolvimento do produto. Infelizmente, ele descobriu que tinham pouco tempo e treinamento em ergonomia para fazer isso. Apesar disso, estudos de caso relatados por Chaffin (2011) indicam que quando um especialista em design está incluído na equipe, a modelagem humana digital é utilizada para simular pessoas de tamanhos extremos com a finalidade de avaliar projetos alternativos que acomodarão uma grande variedade de pessoas.

Conforme colocado por Meister e Enderwick (2001), especialistas em fatores humanos e ergonômicos incluídos em equipes de projetos, poderiam apenas sugerir quando o projeto não daria certo, mesmo sem ter o conhecimento suficiente ou ferramentas necessárias para sugerir possíveis modificações para tornar o novo design aceitável.

Um modelo humano digital é uma representação digital do humano inserido numa simulação ou ambiente virtual para facilitar a predição de segurança e ou o seu desempenho, e inclui tanto a visualização quanto afins em segundo plano, como a

matemática e as ciências. Existe uma enorme necessidade para os praticantes, especialmente na ergonomia e engenharia dos fatores humanos, para que seja capaz de integrar as ferramentas digitais de modelagem humana diariamente em seus trabalhos relacionados (DUFFY, 2007).

Sistemas de manufatura e de controle de material representam uma das aplicações mais importantes da simulação (BANKS, 2001). O objetivo é o entendimento de como será o funcionamento de um sistema depois de alguma modificação, que pode ter sido a obtenção de uma nova máquina, mudanças no leiaute, realocações de mão de obra ou mesmo várias condições de carga de sistema. Esta análise poderá ser feita uma a uma ou um conjunto delas (SCHNEIDER, 2004).

Tradicionalmente, a simulação tem sido utilizada somente durante a fase de projeto do leiaute dos sistemas de produção. No entanto, cada vez mais tem se percebido que a simulação pode ser uma ferramenta poderosa inclusive durante a fase de operação (WILLIAMS, 1997; BANKS, 1998).

Ainda segundo Schneider (2004), o desenvolvimento de produtos cada vez mais personalizados e atendendo necessidades específicas torna necessário que os sistemas de manufatura tenham a capacidade de reorganizar-se rapidamente, a fim de se obter maior produtividade, reduzindo custos, aumentando cotas de produção, diminuindo estoques intermediários e gargalos de produção.

Dentre as muitas variáveis que são consideradas neste tipo de sistemas, é importante considerar a quantidade e a disposição física dos equipamentos, leiaute de planta, localização e dimensionamento de estoques, além dos funcionários que farão a operação do sistema.

Nesse sentido, dentre algumas variáveis consideradas em um dado sistema, uma das mais importantes nos sistemas de manufatura é o elemento humano. Existem sistemas de simulação para avaliar a atuação do ser humano em postos de trabalho que permitem que se façam ajustes necessários à melhor adequação em seu posto de trabalho. Neste tipo de sistema, o foco é a biomecânica relacionada ao trabalho, sendo

dotados inclusive de “humanos virtuais”, que são capazes de simular com precisão todos os movimentos que um ser humano é capaz de realizar (BADLER, 1997).

Para realizar uma simulação digital de humanos, o designer necessita primeiramente definir a população ou grupo de preocupação, tais como estatura, peso corporal, sexo, idade e assim por diante. Em seguida, ele deve posicionar o “avatar” representado na postura em que o designer acredita que melhor representa as posturas funcionais. Muitos métodos têm sido empregados para prever como os humanos se movimentam, como o RULA (Rapid Upper Limb Assessment), Equação de Carregamento da NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health), OWAS (Ovako Working Posture Analysing System), Análise de fadiga, Gasto de energia metabólica, entre outros, todos esses métodos já existentes podem reproduzir movimentos realistas em um futuro, porém a grande maioria tem sido testada com um banco de dados limitado, aplicáveis apenas para pequenos sistemas de ligações. Portanto, consideramos estes não sofisticados biomecanicamente e, portanto, podem apresentar uma série de erros. Por este específico motivo, as pesquisas de simulações são realizadas. Ainda, antigos modelos biomecânicos podem ser ampliados para incluir a capacidade de modelamento da cinemática de um humano representando todo o seu corpo (CHAFFIN, 2007).

A modelagem digital humana tem se concentrado principalmente sobre os atributos físicos dos seres humanos. Embora haja muitas questões técnicas a respeito das técnicas utilizadas para gerar o movimento humano para realizar várias tarefas, os modelos são relativamente bem sucedidos em que descreve as interações físicas entre os seres humanos e seus produtos/sistemas (DUFFY, 2008). Apesar de alguns autores centrarem suas análises de modelos digitais de humanos na simulação nos atributos físicos, a maior parte tem notado a necessidade de modelar a cognitiva humana como bem (BADLER, 2000).

Na tentativa de representar o ser humano complexo digitalmente, as funções que estão sendo modeladas incluem o desempenho físico e aspectos humanos cognitivos. Assim, existe uma necessidade de combinar modelos humanos digitais antropométricos

cognitivos para possibilitar a simulação da gama completa de desempenho humano (SEUNDIN AND ORTENGREN, 2006).

Medições de desempenho cognitivo humano mais utilizadas em psicologia experimental, são tempo de resposta e precisão de resposta. Simulando essas medidas consegue-se inverter os procedimentos teóricos. Assim, é importante simular essas medições do desempenho humano a fim de se familiarizar com os pressupostos envolvidos nos procedimentos utilizados para a análise experimental dos estudos da cognição humana.

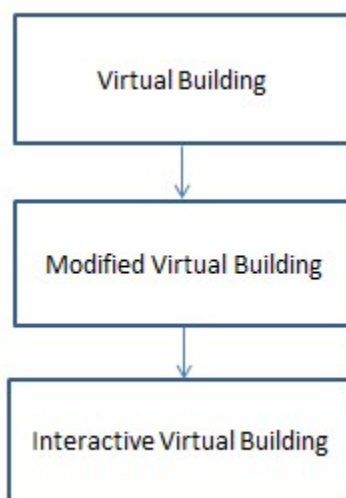
Para o desenvolvimento desses modelos para a previsão dos movimentos humanos, Chaffin (2007) propôs os critérios que devem ser considerados para o uso em DHM's (*Digital Human Models*) voltadas à ergonomia:

- Movimentos simulados devem ser baseados em movimentos humanos reais para que possam ser validadas;
- Modelos devem ser capazes de realizar movimentos que não existem nos bancos de dados, apresentando uma capacidade de extrapolação para manter os movimentos essenciais da movimentação humana.
- Modelos devem apresentar simulações computacionalmente rápidas e portáteis e devem ser usadas em produtos comerciais CAD-DHM.
- Modelos devem ser adaptáveis para que possam assimilar novas informações e algoritmos, de modo a se tornar mais robusta para prever novas situações de movimentos.

Em suas simulações, foram utilizados os métodos das funções de regressão para modelagem de alcance e o desenvolvimento de algoritmos de engenharia. As limitações das modelagens humanas digitais (DHM) já existentes podem ser definidas como o uso do algoritmo proposto para a movimentação demasiadamente simplificada do torso, o balanço do operador sentado quando realiza movimentos de alcance, modelamento de coordenação cabeça-mão, tensões no músculo do ombro em movimentos de alcance e movimentação de objetos e posicionamento do pé.

Baseado no conceito do humano virtual e com a motivação para a extensão da aplicação virtual para avaliações ergonômicas, a idéia de criar o humano virtual acabou crescendo. Modelagem humana digital foi então utilizada para atender a exigência da prototipagem virtual, e com isso alguns métodos foram propostos e vem sendo desenvolvidos para criar um humano virtual cada vez mais fiel com a realidade e, com isso, poder simular com perfeição atividades antes mesmo delas serem realizadas.

E contemplando esse escopo, desenvolvemos a presente pesquisa relatada nesse artigo. Este, tem como objetivo apresentar uma análise de três métodos recentes desenvolvidos que consideram a realidade virtual para o desenvolvimento da modelagem humana. Para tanto, foram pesquisados três métodos de modelagem humana em realidade virtual, que consideram diferentes parâmetros e priorizam diferentes parâmetros. São eles: Virtual Building, Modified virtual building e Interactive virtual evaluation.



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 1. Métodos estudados nessa pesquisa.

## 2. Métodos para Modelagem Humana

O método *virtual building* foi introduzido pela companhia Ford Motor para complementar seus esforços em uma manufatura virtual. Esse método apresentou um procedimento de interação na integração e na captura de movimentos e ferramentas



CAE para executar a montagem e simulação em ambiente virtual (BRAZIER, et al., 2003). Esta metodologia também tem potencial para reduzir o tempo de produção e desenvolvimento de muito produtos, eliminando a necessidade de muitas das iterações iniciais e variações nos parâmetros de protótipos físicos entre os componentes do sistema (Mi, Farrell, e Abdel-Malek,2004). Porém, este método apresentava dois problemas. Primeiro, as estações de trabalho real não poderia ser analisada da mesma maneira após ter sido construída. Por isso, a validação seria prejudicada. Além disso, este método não permitiria limites realistas para ser definido no ambiente real. Por isso, a postura poderia não ser interpretada corretamente em relação ao real (DUFFY, 2004).

Uma variação na metodologia de *virtual building* foi demonstrada para a análise do design dos produtos virtuais (LI et al., 2004). A metodologia “virtual build” modificada não apresenta as limitações na coleta de dados de ambiente existentes no método anterior. Este método utiliza equipamentos de captura óptica de movimento integrado com o software de modelagem e simulação Jack, modificando desta forma o método apresentado previamente.

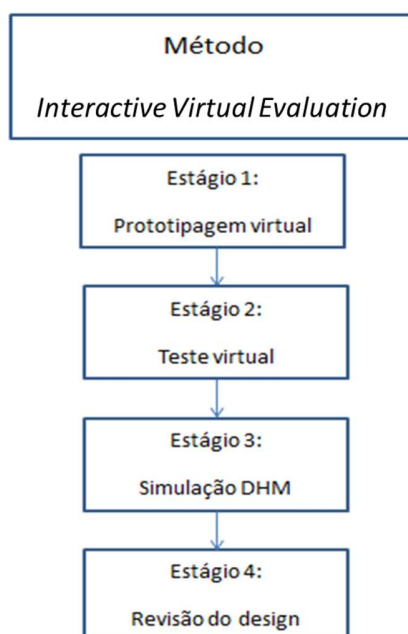
Para o teste de seu novo método, Duffy (2004) usou o método *virtual building* modificado para a avaliação em uma ATM. No entanto, em termos de *feedback* em estado real a partir da interação em um ambiente virtual, tais como alterações visuais na interação com modelo computacional, o métodos ainda não dispunha da viabilidade apoiada no método *virtual building*.

Por este motivo, Kuo and Wang (2007) propuseram o método interativo de avaliação virtual (IVE). O intuito é fortalecer a capacidade interativa do sistema a partir da adoção da tecnologia DHM (*Digital Human Modeling*) VR (*Virtual Reality*) nos sistemas CAE (*Computer Aided Engineering*). Utilizadores potenciais deste método são, portanto, permitidos a interagir em tempo real com a interface criada. Com isso, recebem o *feedback* também em tempo real no visual do ambiente virtual. Através de uma combinação da tecnologia VR (*Virtual Reality*) em tempo real, DHM (*Digital Human Modeling*) personalizado e métodos de análise ergonômica, o conceito do método IVE sem a necessidade de maquetes de tamanho real pode ser alcançado. Na

realidade, a utilização da tecnologia interativa VR pode permitir que os usuários mergulhem em um ambiente virtual, permitindo a interação e recebimento do feedback em tempo real.

Os requisitos do usuário neste método podem ser classificados em dois níveis: o sistema de requerimento do designer e as exigências do potencial usuário final.

A exigência do *designer* é modelar a interface do sistema através da aparência, comportamentos, função e capacidade interativa. Além disso, o designer necessita estimar o custo fisiológico e performance operacional do usuário final, que mudará de forma interativa com o design modificado. Já os requerimentos do usuário final é vivenciar a presença e interação de um protótipo virtual, bem como testar o desempenho e identificar os possíveis problemas. Considerando estes requisitos, é possível dividir o método em quatro etapas. As duas etapas iniciais enfatizam a construção de maquetes digitais da interface do sistema e também um mecanismo de interação humano-sistema em VR. Os últimos dois estágios por sua vez, focam no uso do modelo humano virtual.

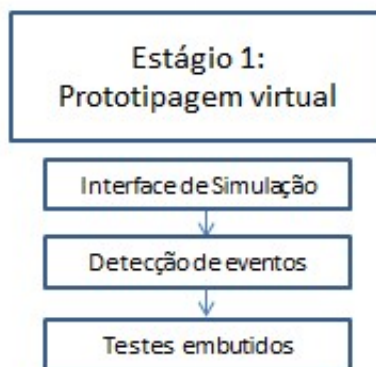


Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 2: Método IVE

A prototipagem é uma atividade vital no desenvolvimento dos produtos que envolve designers, engenheiros, clientes, consumidores e que também envolve dinheiro e muito tempo. Por este motivo, a prototipagem virtual surgiu recentemente utilizando a tecnologia dos computadores e *softwares* novos para desenvolver os chamados protótipos digitais. Baseado nesse conceito, fatores humanos como recursos estéticos, usabilidade, *fitness*, puderam ser avaliados proativamente, estendendo sua aplicação virtual. O objetivo do estágio de prototipagem virtual (VP) é cumprir os requisitos do sistema, que incluem a construção da aparência exterior, os comportamentos de função e recursos interativos. O processo completo de prototipagem é construir o modelo de interação entre o humano e o sistema e com isso, permitir que o usuário final entre na realidade virtual faça testes virtuais. A modelagem digital humana (DHM) foi empregada e desenvolvida para satisfazer as exigências da prototipagem virtual.

O processo de prototipagem virtual é dividido entre três módulos individuais. A interface de simulação que auxilia na construção do protótipo virtual. Através da aplicação do mapeamento da textura e dos recursos de multimídia, diferentes formas de informação de interface como áudio, vídeo, texto, construções diferentes como sinais binários, palavra falada e linguagem impressa podem ser gerados para simular a apresentação do desenho da interface proposta. A detecção de eventos que fornece a função interativa para a interface simulada, ou seja, a interface em ambiente virtual pode detectar a atividade de uma manipulação e depois desencadear uma resposta correspondente; e os testes embutidos que representam uma das abordagens para a avaliação do projeto no ambiente do teste. Projetistas de sistemas podem usar este módulo para projetar o sistema de regras de operação de interface. Após o teste, os dados de desempenho podem ser utilizados para avaliar a possibilidade de utilização do desenho da interface do sistema.



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 3: Prototipagem virtual

O estágio do “*virtual testing*” fornece uma experiência imersiva na interação humano-sistema e identifica os potenciais problemas ergonômicos do primeiro estágio. A imersão é realizada por dois componentes: dispositivos de entrada e saída que incluem um sistema rastreador magnético e um HMD (dispositivo de saída); e também o modelo de interação humano-sistema.

No terceiro estágio do processo utilizando o método IVE, chamado de simulação DHM, permite ao sistema de designer regenera a interação humano-sistema juntamente com o teste virtual. Para simular o cenário, a geometria do objeto é importada para um sistema DHM para animar a interação. Além disso, um método de avaliação de postura é integrado para fornecer informações quantitativas para a avaliação posterior de design. Dois tipos de informações podem ser obtidos: a animação da interação humana-sistema; e o resultado da avaliação de postura.

No último estágio do método, o projeto de revisão é um processo recursivo para o objetivo de otimização. Neste projeto, um revisor dinâmico é desenvolvido para cumprir as exigências das informações. Tanto os dados quantitativos e da animação podem ser utilizados para examinar o projeto de interface proposto (Kuo and Wang, 2007).

Nesse texto foi desenvolvido um pequeno histórico do crescimento e evolução da modelagem humana na simulação, avaliando também a importância dada ao elemento

humano em uma simulação de disposição e manufatura. Foram mostradas alguns dos métodos desenvolvidos para uma simulação humana realista e que disponha de um feedback em tempo real. Foram também ponderadas suas limitações, com respectivos atrasos e erros por simplificações.

A pesquisa dos métodos desenvolvidos nos últimos anos por diferentes autores mostram a evolução da modelagem e simulação humana, assim como correções de erros e aperfeiçoamento de problemas gerados por métodos simplificados. O objetivo deste constante aperfeiçoamento é poder contar com uma simulação virtual que evidencie perfeitamente como será o processo na vida real, possibilitando correção para possíveis erros, economia de dinheiro e tempo, assim como otimização de processos contando com aspectos ergonômicos do elemento humano em questão.

### **3. Análise dos Métodos**

Avaliando o *Modified Virtual Building*, pode-se dizer que a constituição de equipamentos de captura ótica de movimento integrado com a modelagem é muito similar a do modelo *Virtual Building* original, apresentado por Brazier no ano de 2003, com apenas alguns aperfeiçoamentos. O método original, desenvolvido e aplicado na indústria aeroespacial e para fins de organização automobilística, ainda apresentou alguns desenvolvimentos posteriores que consideraram validações de modelagem humana DHM também para melhorias no setor automobilístico. Este método acabou alavancando pesquisas e estudos relacionados na área de ergonomia e simulação humana, e foi o primeiro a ter a visão de que uma simulação virtual poderia localizar erros ou problemas antes mesmo deles ocorrerem, economizando dinheiro e tempo dos operadores nas indústrias. Por ser o início dos estudos de simulação e dos ambientes virtuais, é possível considerar que o método descrito, ou *virtual building*, é o método menos sofisticado de retrato entre o ser humano real e o ser humano virtual.

O *Virtual Building* apresenta uma característica negativa por não levar em conta aspectos como tempo de trabalho, posição de conforto, ângulos de trabalho, tempos de resposta, acurácia, entre outros. Com isso, este método se distancia da fidelidade com o mundo real, preocupando-se somente fisicamente com o ser humano e não

cognitivamente, o que retrata uma falha grave no que diz respeito ao ser humano. Levando em conta que este método foi desenvolvido primeiramente para atender linhas de produção em uma empresa de ramo automobilístico, onde trabalham centenas ou milhares de seres humanos, com certeza teremos disparidades quando consideramos somente o lado físico.

Para o *virtual building* modificado, um sistema de captura de movimentos composto por inúmeras câmeras de análise de movimento para a captura em momento real do movimento óptico é utilizado pelas autores. O software comercial denominado Evert é a ferramenta utilizada para sincronizar os dados com a análise ergonômica em tempo real. Softwares ainda são utilizados para possibilitar a medição e compreensão e medição da atividade muscular em relação a contração máxima e também para a visualização dos desenhos em CAD originalmente modificados em CATIA. Com isso, proporcionou-se a visão em primeira pessoa da visualização para a interação em tempo real do ser humano no espaço desejado.

Um ponto positivo da modificação deste método utilizado primeiramente da indústria automobilística é o fato de poder obter respostas em tempo real de informações importantes sobre espaços ou linhas de produções, dependendo da utilização. Ainda para complementar este método, é possível adicionar a variável conforto utilizando o software adequado obtendo análises de conforto em função do tempo em tempo real, informando os ângulos de articulações dos humanos em simulação em questão. Portanto, podemos simular os mais variados estereótipos de seres humanos realizando determinado tipo de serviço ou trabalho, incluindo as com mobilidade reduzida, e coletar as informações necessárias em tempo real na simulação antes mesmo da realização do serviço, com o objetivo de reduzir a margem de erros e problemas de execução.

Para realizar avaliações utilizando o método modificado, algumas questões devem ser levadas em conta e respeitadas para que a simulação acabe retratando o processo com fidelidade: a validação dados para a comparação, incluindo o computados baseado nas avaliação em ergonomia e visualizações em desenho são de extrema importância na percepção baseada na questão da fidelidade com a design do

projeto virtual; para o projeto com pessoas com a mobilidade reduzida, é necessário um banco de dados melhorado. Isso se deve ao fato das pessoas serem diferenciadas quanto ao grau de locomoção, ou seja, dependendo muito para a sua acessibilidade.

Quanto maior o banco de dados, menos a margem de erros para a realidade; a estatura influencia a postura e a posterior avaliação ergonômica. Assim, diferentes estereótipos de seres humanos devem ser considerados e incluídos em qualquer avaliação ergonômica de um projeto virtual; alguns dados disponíveis durante toda a avaliação deste método como, por exemplo, a velocidade do virtual está totalmente disponível, porém não são bem utilizadas por ferramentas ergonômicas comercialmente disponíveis atualmente; considerando as capacidades e limitações de cada uma das ferramentas de avaliação da ergonomia, a ideia de usar múltiplos instrumentos de avaliação devem ser considerados antes de qualquer avaliação no virtual ou no real.

Apesar dos grandes avanços do *Modified Virtual Building*, ainda existem problemas em sua execução que causam defasagens da simulação com a vida real. O maior desafio atual do método, como está mostrado na maior parte dos experimentos realizados por estes métodos, está no desenvolvimento e na obtenção de ambientes virtuais e espaços com equipamentos e produtos reais válidos.

Dificuldades em relação a isso acontecem porque dados destes ambientes são retirados antes mesmo de que se tornem disponíveis virtualmente. Por este motivo, qualquer mudança deve ser revisada e o modelo virtual acaba mostrando variações e desvios do modelo real e original. Com essas mudanças, sem dúvidas existem discordâncias entre os dados obtidos com a simulação e os resultados que seriam obtidos em um acontecimento real, o que acaba sendo uma desvantagem em questão.

Além disso, o método modificado acaba simplificando os seres humanos dependendo da simulação em questão e, dependendo do caso, pode acabar distorcendo os resultados disso e desviando de resultados reais. Ainda, a falta de ambientes totalmente fiéis aos reais reduzem significativamente a possibilidade de simulação de seres humanos cadeirantes e com mobilidade reduzida. A necessidade de simulação de seres humanos em um ambiente qualquer em que sabemos que

existirão mudanças na realidade, ainda mais quando estamos falando de pessoas com mobilidade reduzidas ou cadeirantes, que necessitam de espaços maiores não existe.

A partir dos dois métodos descritos acima, em termos de feedback em tempo real com o ambiente, como por exemplo alterações visuais na interação de modelos com o software utilizado, isso ainda não foi considerado viável. Por esta razão, o método *Interactive Virtual Evaluation* é proposto para fortalecer a capacidade do sistema de modelagem humana através da adoção do novo sistema de tecnologia VR nos programas *computer-aided ergonomics* (CAE). Deste modo, de uma maneira geral, os usuários finais ou consumidores podem interagir em tempo real com a interface de maquete e recebem o feedback completo sem qualquer distorção ou problema no próprio visual de ambiente virtual, ou que não acontecia nos outros métodos vistos anteriormente. Sendo assim, avaliadores dos sistemas podem receber informações tanto qualitativas quanto quantitativas das simulações realizadas para poder tomar decisões.

A utilização interativa do *kit* tecnológico VR acaba permitindo que os utilizadores imerjam em um ambiente virtual para interagir com a maquete digital, alterá-las, estudá-las, verifica-las, e obter o feedback visual a partir dele. As análises ergonômicas podem ser realizadas com uma simples integração de modelagem humana digital (DHM) comum posteriormente, como também é realizado nos outros métodos descritos.

O método interativo, que se entende como sendo uma abordagem baseada no kit VR, acaba cumprindo os requisitos de prototipagem virtual necessárias tanto em simulação de interface da interação do humano e sistema no processo de design. Devido ao que foi descrito sobre os conceitos e ideias iniciais sobre o produto e método, uma ideia simples com formas básicas é criada, onde alterações serão realizadas com frequência para poder moldar as características espaciais do modelo de forma interativa.

Conforme o modelo de exigência de detalhes aumenta, o procedimento de projeto também evolui, e as formas começam a aparecer no ambiente criado. Esse é o objetivo de se utilizar um software VR neste método, para que seja possível a mudança de maneira interativa das características físicas do local conforme a necessidade. A



partir do momento em que a complexidade atinge certo ponto, a plataforma de design muda para o sistema CAD industrial, para que acompanhe e seja possível adicionar detalhes nos modelos propostos.

O método *Interactive Virtual Evaluation* é proposto para reforçar o conceito de uma avaliação dos seres humanos proativamente, e este processo realiza uma avaliação da interface do ponto de vista do design. Na aplicação de um método sofisticado como este, que apresente aprofundamentos, estudos e aplicações envolvidos, pode-se encontrar o projeto otimizado com antecedência.

Em um processo completo de IVE, como descrito anteriormente, um *kit* de interação humano-sistema é necessário para acompanhar e auxiliar o ensaio em tempo real de um ambiente virtual. Para a integração entre a interação VR e a simulação do DHM, um sistema de captura óptico de movimento é utilizado no experimento para gravar e regenerar o movimento o mais realista possível.

#### **4. Conclusão**

O revisor dinâmico foi criado também para integrar os dados da avaliação da ergonomia e de animação da interação humano-sistema a para proporcionar um mecanismo de revisão iterativo de projeto. Por fim, o teste através da integração VR e DHM pode acarretar uma baixa no custo de design do produto e no desenvolvimento de sistemas.

Sendo assim, é possível concluir que a utilização do método *Virtual Building* apresenta a desvantagem de não mostrar a possibilidade de interação em tempo real e possibilidade de interagir com a maquete e ambiente virtual, ou seja, o usuário fica restringido em termos de simulação, enquanto que o *Interactive Virtual Evaluation* consegue obter estas resposta e também consegue um feedback em tempo real.

Os interesses nas áreas de simulação e modelagens vêm crescendo a cada ano, por isso, métodos já existentes estão sendo atualizados e aperfeiçoados, para maior desenvolvimento desta área. As empresas tem constatado que a preocupação com a saúde dos funcionários, acessibilidade, usabilidade, enfim, ergonomia, tem grande

importância para funcionamento da empresa, melhoria na produção e agregam valor ao produto final.

## 5. Referências

**BROBERG, O.** *Integrating ergonomics into the product development process. International Journal of Industrial Ergonomics*, 1997. 19p, 317–327p.

**CHAFFIN, D.B.** *Digital human modeling for vehicle and workplace design. Warrendale, PA: Society of Automotive Engineers, 2001.*

**CHFFIN, D.B.** *Engineers with HFE education—Survey results. HFES–ETG News Letter*, 3, September, 2005. 2–3p.

**FARAWAY, J.J.** *Regression analysis for a functional response. Technometrics*, 1997. 39p, 254–261p.

**REED, M.P.; PARKINSON, M.B.; CHAFFIN, D.B.** *A new approach to modeling driver reach, Presented at 2003 SAE World Congress, Detroit, MI, 2003.*

**BRAZIER, J.; TOMKO, B.; BROW, T.** *The car that Jill built. Paper presented at the 6th Annual Applied Ergonomics Conference. Dallas, Texas, USA: Institute of Industrial Engineers, March 11–15, 2003.*

**CHAFFIN, D.B., et al.** *Stature, age, and gender effect on reach motion postures. Human Factors*, 2000. 42p, 408– 420p.

**DUFFY, V.G.** *Using the Virtual Build methodology for computer-aided ergonomics and safety, 2004.*

**DUFFY, V.G., 2007.** *Digital Human Modeling. LNCS 4561. Berlin: Springer-Verlag, 2007.*

**Ford Motor Company team wins.** *In: Ergo Cup top honors for training & education, special report: The 6th Annual Applied Ergonomics Conference. ErgoSolutions, May 26–29, 2003.*

**LI, K.; DUFFY, V.G.; ZHENG, L.** *Universal accessibility assessments through Virtual Interactive. Design. International Journal of Human Factors Modelling and Simulation*, 2007. 1p, 52– 68p.

**MEISTER, D.; ENERWICK.S.** *Utilização dos aspectos ergonômicos na simulação de sistemas de produção, 2004.*