

Mapeamento de processos para produção de próteses na perspectiva da representação em design *Mapping of processes for the production of prostheses from the perspective of design representation*

Isabel Carvalho, Milton Vieira & Berenice Gonçalves

palavras chave: representação 3D; digitalização 3D; membro residual

Dada a crescente popularização da representação 3D em plataformas de mídia interativas, tornou-se uma necessidade pertinente a identificação das potencialidades dessas tecnologias de visualização e representação tridimensional especialmente em ambientes médicos. Com este trabalho pretendeu-se aproximar os campos de atuação do design com o diagnóstico na medicina, a partir da visualização de imagens tridimensionais, e de uma abordagem de análise exploratória e descritiva. Assim, sob o ponto de vista da mediação tecnológica, do fluxo de trabalho e dos elementos formais que compõem a geração de imagens e objetos de representação 3D, criando oportunidades para a melhoria do que é empregado atualmente no mundo da medicina e oportunidades para o aperfeiçoamento do profissional do design que busca produzir pesquisas técnicas e científicas voltada para a área médica. O objeto de estudo foi uma análise dos métodos de representação e criação de objetos tridimensionais e sua aplicação específica na avaliação do estado do membro residual em pessoas amputadas. Foram geradas tabelas para auxiliar na discussão da análise comparativa entre os métodos apresentados para fins de revelar pontos importantes no mapeamento de processos de digitalização de membros residuais.

key words: 3D representation; 3D digitization; residual member

Given the growing popularization of 3D representation on interactive media platforms, it has become a pertinent need to identify the potential of these three-dimensional interactive visualization and representation technologies especially in medical environments. The aim of this work was to approach the fields of action of design with diagnostic medicine, from the visualization of three-dimensional images, and an exploratory and descriptive analysis approach. Thus, from the point of view of technological mediation, the workflow and the formal elements that make up the generation of 3D images and objects, creating opportunities for the improvement of what is currently used in the medical world and opportunities for improvement of the design professional that seeks to produce technical and scientific research aimed at the medical field. The object of study was an analysis of the methods of representation and creation of three-dimensional objects and their specific application in the evaluation of the residual limb state in amputees. Tables were generated to assist in the discussion of the comparative analysis between the presented methods in order to reveal important points in the mapping of residual limb digitization processes.

1 Introdução

O diagnóstico médico dado a partir de imagens não é algo recente, existem exemplos muito bem estabelecidos e empregados frequentemente na medicina tais como o raio x, ressonância magnética, ultrassom etc. Com o uso contínuo dessas tecnologias muitas outras modalidades além da pura visualização de imagens geradas foram se desenvolvendo. Hoje a medicina moderna não requer apenas a produção de imagens, mas também precisa processar as imagens, realizar diagnósticos computadorizados, fazer gravações dessas imagens e usar sistemas complexos de arquivamento e comunicação através das imagens (Doi, 2006).

Anais do 9º CIDI e 9º CONGIC

Luciane Maria Fadel, Carla Spinillo, Anderson Horta,
Cristina Portugal (orgs.)

Sociedade Brasileira de Design da Informação – SBDI

Belo Horizonte | Brasil | 2019

ISBN 978-85-212-1728-2

Proceedings of the 9th CIDI and 9th CONGIC

Luciane Maria Fadel, Carla Spinillo, Anderson Horta,
Cristina Portugal (orgs.)

Sociedade Brasileira de Design da Informação – SBDI

Belo Horizonte | Brazil | 2019

ISBN 978-85-212-1728-2

Dada a crescente popularização da representação 3D em plataformas de mídia interativas, tornou-se uma necessidade pertinente a identificação das potencialidades dessas tecnologias de visualização e representação tridimensional especialmente em ambientes médicos. Com este trabalho pretende-se, portanto, aproximar os campos de atuação do design com o diagnóstico na medicina, a partir da visualização de imagens, e de uma abordagem de análise exploratória e descritiva. Assim, sob o ponto de vista da mediação tecnológica, do fluxo de trabalho e dos elementos formais que compõem a geração de imagens e objetos de representação 3D, criando oportunidades para a melhoria do que se é usado atualmente no mundo da medicina e oportunidades para o aperfeiçoamento do profissional do design que busca produzir pesquisas técnicas e científicas voltada para a área médica. O objeto de estudo foi uma análise dos métodos de representação e criação de objetos tridimensionais e sua aplicação específica na avaliação do estado do membro residual em pessoas amputadas.

O presente artigo não se aprofundou na listagem dos elementos essenciais para a produção de próteses nem na proposição de um modelo processual próprio que incorporasse os elementos aqui avaliados. Porém está previsto pelo autor para próximos estudos, com o auxílio de profissionais da área de próteses, a criação de processos de automação de produção de próteses e testes de campo para a verificação.

2 Fundamentação Teórica

Para a estruturação desta análise utilizou-se relatos do processo de produção de próteses transtibiais e, com o auxílio da abordagem conceitual do que se entende pelo campo de atuação do design de autores da área. Propõe-se uma aproximação teórica entre a forma em que os pesquisadores concebem atualmente o projeto de próteses e os métodos projetuais de design. Para tal finalidade fez-se a análise comparativa dos processos de produção de próteses mediados por tecnologias de representação tridimensional do ponto de vista projetual do design, baseado, em parte, no que Coelho (2011) defende como processos e modelos.

Por muitos anos pesquisadores vêm mostrando interesse no estudo da digitalização de membros residuais, com intuito de automatizar o processo de protetização. Porém, muitas desses pesquisadores não são pertencentes às mesmas áreas do conhecimento, o que gera uma grande variação entre os métodos utilizados além de diferenças no modo em que os dados são apresentados. A área dedicada à protetização é por sua natureza uma área transdisciplinar que depende de profissionais multidisciplinares trabalhando em sintonia para criar não apenas as próteses em si, mas também para gerar avanços para esta área. Outras discrepâncias entre os métodos abordados por diferentes pesquisas podem ser justificadas pelo fato desta área ser intimamente ligada aos avanços tecnológicos, algo que confere uma perda de atualidade muito grande em tudo que dependa de software e hardware. Verificou-se, então, uma lacuna de um consenso daquilo que pode ser considerado um fluxo de trabalho, ou um processo, que consolide os métodos e técnicas consideradas necessárias para o projeto de uma prótese. A presente pesquisa apresenta uma comparação entre duas abordagens que descrevem processos de produção de próteses a partir de um objeto tridimensional gerado através da digitalização de membros residuais com amputação à nível transtibial. Ambos os artigos científicos que foram analisados foram escolhidos por apresentarem um diagrama, cada, do processo de produção da prótese desde a coleta de dados provenientes do membro residual e por ambos terem utilizado modelos digitais tridimensionais.

Processos

Para ter um parâmetro de comparação entre os dois artigos foram utilizados os termos como foram apresentados pelo autor Luiz Antônio Coelho. O autor descreve o processo, em pesquisas, como uma série de ações composta por etapas processuais contendo técnicas e métodos em seu procedimento interno. O método é descrito tanto como uma estratégia organizacional, quanto um processo criativo para a realização das etapas do processo. Para o autor, para que algo possa ser considerado uma “técnica” ela deve ser uma estratégia já consolidada cujos “procedimentos (são) preestabelecidos, de resultados esperados”, ou seja,

um método comprovadamente bem-sucedido. A fim de que se possa relacionar o design ao processo de projetos Coelho diz:

“Para o design, o processo representa a sequência de operações, ou encadeamento ordenado de fatos e fenômenos, obedecendo a um certo esquema, com a finalidade de produzir um resultado específico de concepção e produção de objetos – estes entendidos como produtos bi ou tridimensionais. O processo é entendido também como o conhecimento em curso na criação e realização do objeto, sendo o registro do processo talvez a melhor maneira de transmissão desse conhecimento.” (Coelho, 2011)

O resultado de concepção e produção de objetos, neste caso, representa a concepção de representações digitais do membro residual para fins de produzir próteses. Já a sequência de operações do processo se referirá às etapas metodológicas descritas pelos respectivos autores dos artigos a serem comparados.

Como visto acima, o registro do processo é a maneira pelo qual o conhecimento deste é representado. Este registro é definido por Coelho como um modelo composto de uma representação esquemática do processo, que permite uma visualização rápida do processo já que este foi reduzido a fases. Modelos, segundo o autor, são formas esquemáticas que além de servirem como registro, ajudam na compreensão e auxiliam a memória e são, às vezes, a única maneira de visualizar o processo. Ambos os artigos selecionados para a presente comparação apresentam modelos esquemáticos daquilo que os respectivos pesquisadores avaliaram como parte essencial do processo, portanto serão utilizados como componente essencial da comparação.

A retórica, segundo Gui Bonsiepe (2011), é um dos recursos utilizados para a comunicação eficiente o que gera uma paridade com o design de informação. “A tarefa do design de informação assemelha-se à compreensão tradicional da retórica da seguinte maneira: sua contribuição consiste em reduzir a complexidade cognitiva, produzir clareza e, dessa maneira, contribuir para uma melhor compreensão.” (Bonsiepe 2011) Pode-se, então, observar uma semelhança entre as qualidades dos modelos de representação de processos apontadas por Coelho (2011) e aquelas apontadas por Bonsiepe ao referir-se à tarefa do design de informação. Ambos devem servir como uma forma de compreender conceitos de forma rápida, clara e com menor complexidade cognitiva. Portanto, os modelos que apresentam os processos apresentados serão considerados como uma forma de design de informação.

Ainda sobre o uso de linguagem, Coelho explica que este seria um “processo de combinação de associações e referências, com base em *código* e repertório partilhados por sujeitos de um grupo social e histórico, gerando informação e comunicação” (Coelho 2011). Fazendo referência mais uma vez à informação, entende-se que, no caso dos processos analisados, a informação contida neles será convertida em comunicação apenas se os sujeitos que interagirem com os modelos apresentados puderem partilhar do mesmo repertório de códigos. Isto significa que, para que o modelo dos processos seja bem-sucedido em comunicar de forma rápida, clara e pouco complexa o processo em si, este deve conter uma linguagem embasada no repertório de seu público.

Representação e tecnologias

O termo Representação transita entre uma variedade de noções ou conceitos como imaginário(s), ideologia(s), mito(s), e mitologia(s), utopia(s) e memória(s). Etimologicamente, ‘representação’ provém da forma latina ‘repraesentare’ – fazer presente ou apresentar de novo. Fazer presente alguém ou alguma coisa ausente, inclusive uma idéia, por intermédio da presença de um objeto. Makowiecky (2003) une os diferentes usos da palavra representação da seguinte forma:

“Mas de todos esses usos da palavra, pode-se reter um ponto em comum: a representação é um processo pelo qual institui-se um representante que, em certo contexto limitado, tomará o lugar de quem representa. Assim uma cena da cidade de Florianópolis em uma obra plástica que evoca Florianópolis, por exemplo, tomará o lugar da cidade, naquele contexto limitado. Os

significados da obra tomam o lugar da cidade, não de forma idêntica, porém análoga, através das atribuições de significados.” (Makowiecky, 2003, p.4)

De acordo com Pavanati et al. (2010) a representação digital é tipicamente simbólica, pois a quase totalidade de seu acervo significante é expressa por signos que aparentam analogia, compondo sons e imagens que imitam as expressões do real ou natural.

Para o design, representar é a parte do processo de criação que permeia o projeto por inteiro. Segundo Nascimento (2010), a metodologia de projeto em design, independentemente de qual delas for adotada e para qual finalidade, é o processo a ser percorrido para se chegar a um produto final que faz uso de vários tipos de representações gráficas. Com o uso efetivo de ferramentas de representação nas fases projetuais do processo criativo, o autor afirma que é possível obter resultados melhores não apenas no produto final mas também nas etapas iniciais onde as representações ajudam a visualizar, compreender e resolver melhor o problema de um dado projeto (Nascimento, 2010).

3 Estudo Comparativo

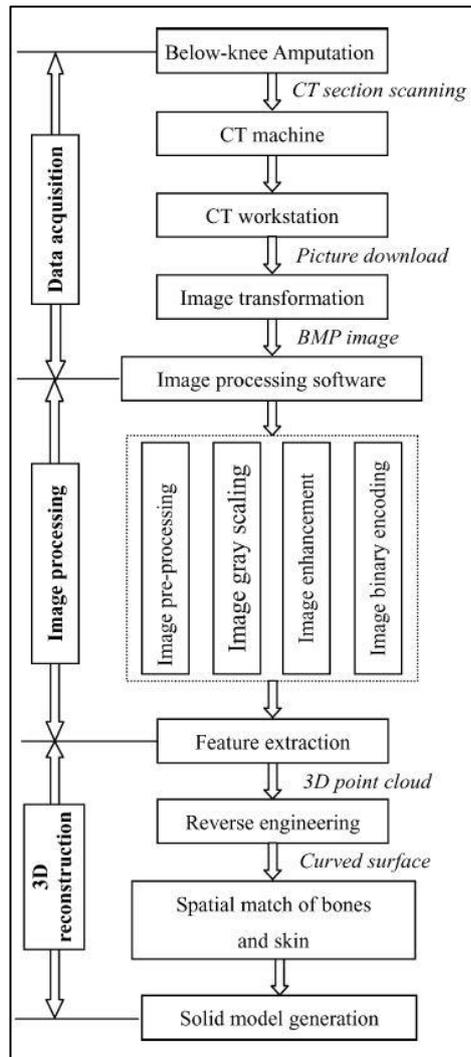
No presente estudo comparativo entre abordagens de processos de produção de próteses assistida por computador fez-se uma comparação entre o artigo científico intitulado “*3D reconstruction of the structure of a residual limb for customising the design of a prosthetic socket*” (Reconstrução 3D da estrutura de um membro residual para a customização do design de um encaixe protético) de Zheng, Zhao e Lu (2005) com aquele intitulado “*3D modelling and knowledge: tools to automate prosthesis development process*” (modelagem 3D e conhecimento: ferramentas para automatizar o processo de desenvolvimento de próteses) de Buzzi et al. (2012).

Primeiro Artigo

O primeiro artigo científico, de Zheng et al., se propôs a desenvolver uma representação tridimensional do membro residual de um sujeito, tanto da parte externa visível como daquelas internas, tais como os ossos, com o intuito de poder superar dificuldades encontradas em técnicas tradicionais de produção de próteses, que envolvem moldes feitos manualmente, e também de poder gerar conhecimento científico acerca desta metodologia. A Figura 1, produzido pelos autores do artigo, demonstra as etapas que foram utilizadas para o estudo.

O modelo do processo utilizado pode ser dividido em três etapas principais: Aquisição de dados, Processamento de imagens e Reconstrução 3D, cada qual com suas respectivas subdivisões. O artigo analisado pretendeu criar uma representação interna e externa de um membro residual digitalizado, porém não define etapas para a parte posterior que seria aquela de criar a prótese em si.

Figura 1: Figura mostrada em artigo de Zheng et al. 2005



No artigo os autores especificam o tipo de amputação que fora observada (abaixo do joelho) e definem que o primeiro passo para a “reconstrução” digital do membro seria a medição das partes internas e externas deste membro residual. Para tal, os autores definiram que a melhor técnica de aquisição dessas informações seria a tomografia computadorizada que cria imagens 2D de seções do coto onde pode-se visualizar o contorno dos diferentes tecidos externos e internos do membro pois nas imagens os ossos e os tecidos moles têm tons diferentes.

Para criar a representação 3D final estas imagens foram unidas de tal forma que os autores definiram o processo como “reconstrução”, o que não impede que seja considerada uma criação de uma representação digital. Similarmente, quando os autores alegam terem usado o processo de engenharia reversa estavam se referindo ao processo de criar modelos de representação de sólidos usando um software a partir de uma nuvem de pontos gerada na etapa de processamento de imagens.

Uma vez que obtiveram as imagens das seções do membro, os autores então passam para a etapa de processamento dessas imagens. O primeiro passo é organizá-las utilizando uma técnica que chamam de *spacial matching* (correspondência espacial) que serve para que fiquem nas suas devidas posições com relação às outras. O que os autores se referem quando se referem ao pré-processamento das imagens é a etapa de limpar o ruído das imagens bem

como as imagens redundantes. Depois desta etapa as imagens são transformadas em uma escala de cinza e são posteriormente realçadas para que haja um bom contraste. A última fase da etapa de processamento de imagens é denominada codificação binária e nesta fase os autores definiram valores para os níveis de cinza para que as imagens pudessem ser automaticamente transformadas em preto e branco, realçando o contorno dos ossos. Figura 2 ilustra o processamento de imagens realizado.

Figura 2: Figura mostrada em artigo de Zheng et al. 2005

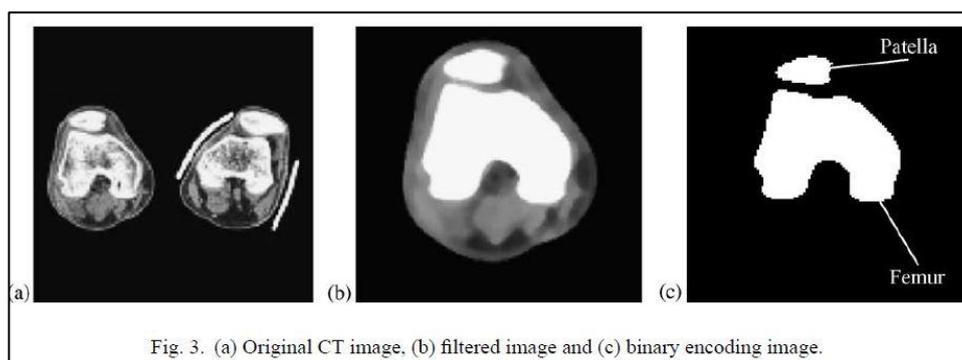


Fig. 3. (a) Original CT image, (b) filtered image and (c) binary encoding image.

Após a etapa de processamento de imagens, passa-se então para a etapa denominada de reconstrução 3D, cujo primeiro passo é a extração de parâmetros para poder “reconstruir” o objeto de representação 3D utilizando um programa específico para processamento de imagens médicas com interface para sistemas de prototipagem rápida e CAD. O programa utilizado é descrito como sendo capaz de realizar as etapas de processamento de imagens descritas anteriormente. O objeto renderizado é então exportado para um programa de CAD em formato STL e representado como nuvem de pontos. Desta nuvem de pontos a superfície do objeto é “reconstruído” usando um sistema chamado NURBS (non-uniform rational B-spline) que segundo os autores é algo muito utilizado no processo de engenharia reversa para a representação de superfícies complexas.

Os ossos renderizados incluem o fêmur, a patela, a tíbia e a fíbula, que foram “reconstruídos” um por um de forma independente o que causou no processo a perda do posicionamento espacial de cada um desses objetos em relação aos outros. Recorreu-se então a etapa anterior, a de extração dos contornos que cria uma nuvem de pontos topológica de todos os ossos e mantém as relações espaciais no posicionamento original.

A próxima etapa denominada junção espacial dos ossos com a pele descreve como, de forma similar ao que fora feito para conseguir o objeto representativo das estruturas ósseas, foi tirado a estrutura em nuvem de pontos para a pele utilizando as mesmas imagens da Tomografia Computadorizada usadas para os ossos. Modificando os valores de cinza a serem mantidos e transformados em contornos preto e branco, criou-se um modelo da superfície da pele com os mesmos procedimentos descritos anteriormente. Para que este novo objeto da pele fosse posicionado corretamente em relação aos demais dos ossos foi usado um programa geométrico que permite que pontos específicos em ambos os modelos pudessem ser reposicionados em relação uns aos outros. O processo é descrito como tendo um objeto fixo (no caso usaram a pele) e o outro objeto seria posicionado de acordo com os parâmetros definidos por 3 pontos em cada objeto, cada um com 3 parâmetros de posicionamento espacial (x, y, z). O artigo não especifica quais pontos ou que estratégia foi utilizada para defini-los. Segue uma imagem (Figura 3) ilustrativa do objeto final gerado, composto de superfície da pele e ossos.

Por fim, com o modelo finalizado os autores indicam que se pode utilizá-lo para estudos de interação entre o membro e o encaixe da prótese bem como para prototipagem rápida. O protótipo resultante pode vir a ser utilizado, segundo os autores, para testes de performance em posteriores etapas processuais de design do encaixe da prótese.

Figura 3: Figura mostrada em artigo de Zheng et al. 2005

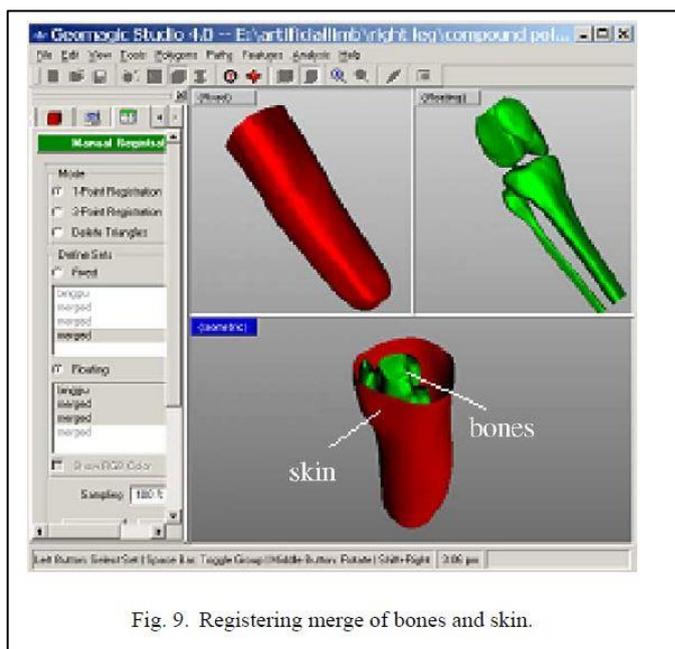


Fig. 9. Registering merge of bones and skin.

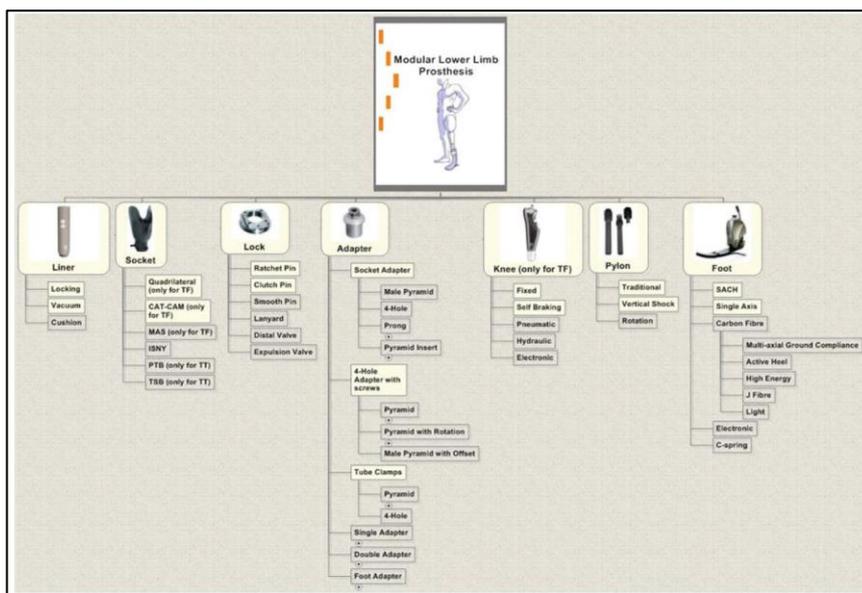
Segundo Artigo

O segundo artigo científico selecionado, o de Buzzi et al., traz uma abordagem mais holística. Seu intuito foi de criar uma estrutura para apoiar o técnico protético em todas as etapas processuais para a criação de uma prótese, sugerindo regras e procedimentos para cada tarefa a ser realizada. Para entender melhor o processo dos criadores, serão apresentadas as etapas processuais, passo-a-passo, conforme fora feito para o estudo de caso anterior.

O artigo propõe um sistema automatizado que integra ferramentas e dados necessários para criar uma prótese para ajudar o profissional técnico protético a realizar sua tarefa na protetização de pessoas amputadas a nível transtibial e transfemural. Para tal apresenta um ambiente que integra ferramentas para gerenciamento do conhecimento do produto e do processo, prototipagem virtual dos componentes (sejam eles modulares, pré-fabricados ou customizados) e simulação de comportamento para investigar a interação humano-prótese. Atenção foi dada à modularidade de componentes de próteses de membros inferiores que, geralmente, são selecionados pelo técnico a partir de um catálogo comercial tendo em vista o histórico do paciente. A Figura 4, a seguir, apresenta o mapa mental de todos os tipos diferentes de componentes que podem ser utilizados na montagem da prótese.

As informações necessárias para a criação deste mapa mental, bem como as outras várias informações necessárias para a estruturação deste processo, foram adquiridas através de livros, catálogos e principalmente através de entrevistas com pessoas qualificadas desta área para adquirir conhecimentos tácitos que não estariam disponíveis em outras formas. A partir destas informações levantadas foram identificadas regras de conduta específicas para cada profissional e com o uso de técnicas como mapas mentais.

Figura 4: Figura mostrada em artigo de Buzzi et al. 2012



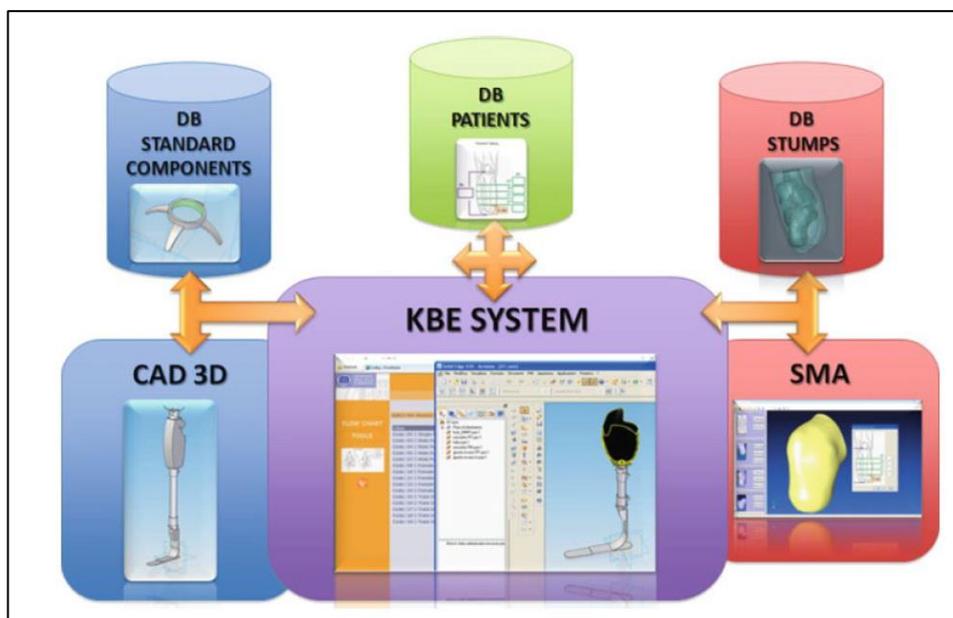
Parâmetros foram identificados a partir das informações levantadas para guiar a configuração do processo. Estes foram divididos em três grupos: a avaliação do paciente, a avaliação da do membro residual e medições antropométricas conforme apresentados na tabela gerada pelos autores (Tabela 1).

Tabela 1: Tabela mostrada em artigo de Buzzi et al. 2012

Parameter	Value
Table 1 General scheme of required patient's and stump characteristics	
Patient evaluation	
Gender	M,F
Age (year)	<number>
Patient force	Very low, low, medium, high
Life-style	K1, K2, K3, K4
Pathologies	Yes, No
Residual limb evaluation	
Amputation type	TT, TF
Amputation side	L, R, Both
Stump stability	Yes, No
Shape	Cylindrical, conical, non-std
Bone protuberances	Widespread, on top
Skin conditions	Sensitive, normal, scars, scratches
Tonicity	Low, normal, good, very good
Anthropometric measures	
Weight (kg)	<number>
Height (mm)	<number>
Residual limb length (mm)	<number>
Thigh length (mm) (only TF)	<number>
Knee joint height (mm)	<number>
Foot length (mm)	<number>

De acordo com a proposta dos autores, o processo de design de próteses foi redesenhado e foi desenvolvido uma nova estrutura que propõe guiar o técnico pelas etapas processuais enquanto oferece informações e regras para cada atividade do processo. Abaixo (Figura 5) observa-se um dos modelos criados pelos autores para exemplificar a arquitetura do sistema proposto:

Figura 5: Figura mostrada em artigo de Buzzi et al. 2012



A figura acima (Figura 5) é de um modelo holístico que propõe a arquitetura geral da estrutura proposta. Nela pode-se observar a delimitação de etapas determinadas pelos autores como importantes para a criação de próteses e a delimitação do gerenciamento das peças de montagem, porém não traz uma clara definição da ordem das etapas processuais muito menos dos principais componentes de cada etapa.

Neste modelo pode-se identificar etapas de criação de bancos de dados de componentes, de informações de pacientes e de representações de membros residuais, bem como etapas de CAD 3D (Computer-aided design ou design auxiliado por computador), SMA que significa Socket Modelling System (sistema de modelagem de encaixe) desenvolvida pelos autores e por fim, a etapa denominada KBE System que significa knowledge-based engineering (engenharia baseada em conhecimento) onde fizeram uso de um sistema pré-existente. As dificuldades na compreensão deste modelo estão em parte na falta de informação contida no próprio modelo do tipo de tarefa que se pretende realizar em cada etapa processual, assim como na ordem definida pelas setas que aparentam indicar que existe uma ação de ida e volta entre algumas etapas.

O banco de dados do paciente é, segundo os autores, o núcleo do processo e são os dados do paciente que guiam a etapa de seleção de componentes modulares bem como o design do encaixe. Isto ocorre pois os dados do paciente irão indicar o estilo de vida deste que por sua vez irão gerar parâmetros importantes a serem respeitados, afinal a performance da prótese é diretamente correlacionada com o estilo de vida do paciente.

A representação 3D do membro residual e o modelo virtual do encaixe são criados a partir dos dados do paciente usando o programa SMA. Este programa é um sistema CAD 3D que permite que o técnico protético modele o encaixe diretamente por cima da representação do membro residual, guiado sistema realizando ações automatizadas ou semi-automatizadas. O

objeto que representa o membro em si é composto pelos elementos de superfície da pele, músculos e ossatura.

No artigo as etapas para o processo de design propostos são: 1) adquirir dados do paciente, etapa fundamental para realizar todas as tarefas posteriores, 2) fazer o modelo 3D do membro residual para neste criar o encaixe diretamente no modelo do membro seguindo as instruções do sistema desenvolvido, 3) seleção automática dos componentes padrão de acordo com as informações do banco de dados do paciente e do banco de dados dos componentes mais utilizados em próteses modulares e, 4) montagem automática dos componentes selecionados ao encaixe desenvolvido onde o sistema também providencia todas as possíveis configurações para o paciente juntamente com a conta dos valores estipulados. Em cada uma das etapas o sistema sugere regras e procedimentos gerados com base nos métodos tradicionais usados pelos técnicos protéticos.

O artigo dá continuidade à exposição da proposta do sistema automatizado explicando como o encaixe é modelado sobre a representação do membro em um processo totalmente virtual dando exemplos. Este processo consiste das etapas Histórico do Paciente, Modelagem Preliminar, Modelagem Customizada e Modelagem Finalizada. Este modelo criado será utilizado para montar a prótese utilizando o catálogo virtual do sistema bem como o sistema KBE apresentado pelos autores que automatizará o processo.

4 Resultados e Discussão

Com o auxílio das abordagens teóricas da área de design foi possível atingir os objetivos propostos de comparar abordagens metodológicas e processuais de dois artigos científicos que apresentam formas de automatizar o processo de protetização.

Sistemas de digitalização 3D têm se mostrado muito úteis à medida que as respectivas tecnologias vêm se aprimorando, hoje muitos usuários do campo da medicina relatam que o uso dessas tecnologias aceleram estes processos tornando-os precisos, replicáveis e facilitam a comunicação entre as diversas áreas da medicina por meio de bancos de dados que favorecem o acesso à estas imagens.

A fim de organizar a comparação dos modelos abordados, criou-se uma tabela (Tabela 2) resumindo os pontos positivos e negativos de cada um dos processos das abordagens expostas na ordem que foram apresentadas.

Tabela 2: tabela comparativa

Etapas do Processo	Abordagem 1	Abordagem 2
Coleta de Dados	Utilizou imagens 2D obtidas por Tomografia computadorizada. Não especificou quais medidas são as mais importantes. Não especificou como foram realizadas as medições.	Coleta de dados realizada por profissionais. Especificou as medidas mais importantes em uma tabela (Tabela 1). Não especificou como foram realizadas as medições.
Processamento de Imagem	Indicou métodos usados para cada fase do processamento Indicou o programa pré-existente utilizado para gerar as representações. Descreveu as formas de representações para cada fase.	Não indicou terem utilizado imagens tiradas do membro real na produção dos objetos tridimensionais.
Renderização do(s) Objeto(s)	Descreveu o método usado para gerar os sólidos a partir da etapa anterior. Descreveu métodos utilizados para manter as coordenadas espaciais	Não descreveu em detalhes como os objetos foram criados. Descreveu que os objetos foram criados a partir dos parâmetros gerados pelas medições

	entre os elementos. Não especificou como as medidas foram controladas no objeto.	antropométricas. Como os objetos foram gerados à partir de medições as dimensões foram mantidas conforme a realidade.
prototipação do encaixe	Não foi descrito como seriam gerados os protótipos virtuais ou físicos do encaixe.	Não descreveu em detalhes como o modelo do encaixe foi criado. Descreveu que o modelo do encaixe foi criado a partir dos parâmetros gerados pelas medições antropométricas. Descreveu algumas funções do sistema para manipular o modelo.
Resultados obtidos	Abordagem especificou claramente os métodos e técnicas utilizados para gerar modelos virtuais de membros residuais.	Abordagem traz uma forma de tratar o processo da criação de próteses, porém sem entrar em detalhes processuais em detrimento do registro deste processo.

5 Conclusões

Existem ainda várias oportunidades para a melhoria da visualização e manipulação de imagens de representação para finalidades protéticas. O aprimoramento deste tipo de pesquisa sobre captar e analisar processos de concepção de projetos de próteses pode ser uma das ferramentas que propiciará avanços nesta área. Enquanto a presente pesquisa se restringiu à análise de apenas dois artigos, existem muitas outras que abordam de maneiras diferentes o mesmo tema de automatização de processos de produção de próteses.

A análise de processos que já foram criados e testados têm potencial de poder revelar etapas metodológicas que possam vir a se tornarem técnicas consolidadas em projetos de digitalização de membros residuais para geração de próteses a medida que este processo de produção se torna cada vez mais automatizado e digital.

Avaliando o modelo do processo da primeira abordagem (Figura 1), pode-se dizer que, em termos de comunicação, está bem claro quanto às descrições das divisões das etapas processuais e subetapas técnicas e metodológicas. Entende-se o que foi feito e em qual ordem foi realizado cada atividade sem entrar em muitos detalhes sobre aquilo que fora feito em cada etapa. O único elemento visual que ficou difícil de compreender foi o posicionamento das subetapas na linha da etapa de Processamento de imagens, onde os elementos textuais foram rotacionados e o foi criado um balão pontilhado em torno de todas as subetapas. Estima-se que o motivo tenha sido para enfatizar que estas etapas foram realizadas simultaneamente. De modo geral o modelo apresentado pode ser considerado bem-sucedido em comunicar o processo com rapidez, clareza e baixa complexidade cognitiva.

O modelo apresentado na segunda abordagem (Figura 5) não conseguiu realizar uma comunicação clara daquilo que ela se pretendia informar. Esta afirmação se confirma ao ler o artigo e verificar que haveria uma hierarquia de ações no processo que no texto foram enumeradas. Tendo em vista as informações dadas pelo texto pode-se afirmar que o modelo apresentado não foi capaz de informar as etapas processuais de forma clara e houve, portanto, uma falha na comunicação do processo. A falha por parte do modelo apresentado na Figura 5 prejudica a transmissão das informações segundo Coelho (2011), que diz que o registro do processo deveria ser a melhor maneira de transmitir tal conhecimento.

Referências

Bonsiepe, G. (2011) *Design, cultura e sociedade*. São Paulo: Blucher.

- Bonsiepe, G. (2015) *Do material ao digital*. São Paulo: Blucher.
- Buzzi, M., Colombo, G., Facchetti, G., Gabbiadini, S. & Rizzi, C. (2012). 3D modelling and knowledge: tools to automate prosthesis development process. *International Journal of Interaction Design Manufacturing* 6:41–53.
- Coelho, L. (Org.). (2011). *Conceitos-chave em Design*. Rio de Janeiro: Ed. PUC-Rio: Novas Ideias.
- Doi, K. (2006) Diagnostic imaging over the last 50 years: research and development in medical imaging science and technology. *Physics In Medicine And Biology* 51 R5–R27.
- Flusser, V. (2010). *O mundo codificado: Por uma filosofia do design e da comunicação*. São Paulo: Cosac Naife.
- Kirner, C., & Siscoutto, R. (2007) *Realidade virtual e aumentada: conceitos, projeto e aplicações*. Porto Alegre: Editora SBC.
- Makowiecky, S. (2003) Representação: A palavra, a ideia, a coisa. *Cadernos de Pesquisa Interdisciplinar em Ciências Humanas*. Nº 57. ISSN 1678-7730. Florianópolis, SC.
- Manovich, L. (2005) *Novas mídias como tecnologia e ideia: dez definições*. In: LEÃO, Lúcia. (Org.). *O chip e o caleidoscópio: Reflexões sobre as novas mídias*. São Paulo: Senac, p.23-50.
- Murray, J. (2012) *Inventing the Medium: Principles of Interaction Design as a Cultural Practice*. The MIT Press Cambridge, Massachusetts London, England.
- Pavanti, I., Sousa, R. P. L., & Neves Jr., O. R. (2010). Representação, realidade e conhecimento na mídia digital-eletrônica. *Texto Digital*, Florianópolis, v. 6, n. 2, p. 2-18, dez. ISSN 1807-9288. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/textodigital/article/view/16790>>. Acesso em: 01 jul. 2019. doi:<https://doi.org/10.5007/1807-9288.2010v6n2p2>.
- Wallace, J., Gonçalves, B., & Braviano, G. (2018) A representação 3D interativa em design de embalagem: análise de plataformas 3D para visualização. *Educação Gráfica* Vol. 22, N.2 P. 319 -333.
- Zheng, S., Zhao, W., & Lu, B. (2005) 3D reconstruction of the structure of a residual limb for customising the design of a prosthetic socket. *Medical Engineering & Physics* 27 67–74.

Sobre o(a/s) autor(a/es)

Isabel Carvalho, Mestranda, UFSC, Brasil bel.mm.carvalho@gmail.com

Milton Vieira, PhD, UFSC, Brasil milton.vieira@ufsc.br

Berenice Gonçalves, PhD, UFSC, Brasil berenice@cce.ufsc.br