

Geração Automática de Personagens: Um Mapeamento Sistemático da Literatura

Felipe Lucas Weber Pasini, André Tavares da Silva, Marcelo da Silva Hounsell

Programa de Pós-Graduação em Computação Aplicada

Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC)

Joinville, Brasil

flpasini@gmail.com, andre.silva@udesc.br, marcelo.hounsell@udesc.br

Resumo—Em áreas de aplicação como jogos e animações, frequentemente é necessária a produção de grandes quantidades de personagens distintos. Desta forma técnicas de geração automática de personagens são necessárias e vem sendo pesquisadas na literatura. Este artigo apresenta um mapeamento sistemático da literatura das técnicas de geração de personagens humanos 3D. Busca identificar as diferentes técnicas de geração ou deformação utilizadas, e as principais aplicações para estas. A busca foi realizada em 3 mecanismos de busca acadêmica, onde se obtiveram 4466 artigos, dos quais restaram 27 após o processo de seleção. Os dados sugerem que existe uma preferência na área por técnicas de geração paramétricas.

Abstract—In application areas such as games and animation, the production of large amounts of different characters is often required. Thus, automatic character generation techniques are necessary and have been researched in the literature. This paper presents a systematic literature mapping on 3D human character generation techniques. It aims to identify the different generation or deformation techniques used, and its main applications. The search was conducted in 3 academic search engines, where 4466 articles were obtained, of which 27 remained after the selection process. Data suggests a preference in techniques for parametric generation.

Keywords—geração de personagens; técnicas de deformação;

I. INTRODUÇÃO

Ao se tratar da produção de filmes, simulações, e jogos digitais, a criação manual de conteúdo é um processo que tende a ser lento e custoso. A produção de jogos comerciais, por exemplo, pode exigir o trabalho de algumas centenas de pessoas, muitas das quais trabalham diretamente na produção de conteúdo [1].

De acordo com [2], um dos grandes desafios que os desenvolvedores enfrentam na produção de jogos, são a redução de custos e tempo de produção. Dentre os tipos de conteúdo a ser criado estão texturas, cenários, personagens e animações. Para personagens existe, por vezes, a necessidade de que sejam criados em quantidades significativas e com aparências distintas, ver Figura 1, para geração de multidões, por exemplo. Sendo assim, são necessárias soluções que permitam a criação de personagens de maneira automática.

A modelagem paramétrica é uma das estratégias comumente utilizada da modelagem automática de personagens humanos realistas e também utilizada na reconstrução de modelos 3D. De maneira geral, as



Figura 1. Geração de múltiplos personagens (Tabela II: índice [Z])

estratégias de modelagem paramétrica buscam representar o corpo humano utilizando parâmetros relacionados a aspectos como a forma base do corpo, pose do modelo, sequência de movimentos, e possivelmente outros [4]. Costumam utilizar bases de modelos escaneados no treinamento dos parâmetros dos modelos de deformação do corpo. Este treinamento costuma envolver análise estatística das informações de forma dos modelos, resultando em componentes de deformação. Entretanto, a modelagem paramétrica não é a única estratégia e não é só para animação que se cria variedade de personagens. Portanto entender as técnicas e a abrangência desta área passa a ser uma questão interessante.

Desta forma, se faz necessário descobrir quais são as diferentes estratégias e técnicas sendo empregadas para a geração automática de personagens 3D, e em que áreas estão sendo aplicadas.

Este trabalho está estruturado da seguinte maneira: na seção II são apresentados trabalhos relacionados; na seção III é apresentado o processo de execução do mapeamento sistemático; na seção IV são apresentados os resultados obtidos; finalmente na seção V é apresentada a conclusão.

II. TRABALHOS RELACIONADOS

Em [3] foram estudadas diferentes soluções para o problema da modelagem automática de personagens humanos animáveis. Apresenta e classifica métodos para capturar a forma de pessoas, como escaneamento 3D ou imagens. Apresenta também técnicas por interpolação de modelos e de modelagem paramétrica da forma dos personagens bem como de deformações por movimento para animação.

Outra revisão da literatura presente na área é [4], que apresenta e compara trabalhos recentes sobre modelagem paramétrica da forma do corpo 3D. Apresenta definições comuns usadas em modelos paramétricos, e classifica os modelos existentes quanto a duas abordagens de deformação, local baseada em triângulos, ou global baseada em vértices. Também compara os modelos quanto aos parâmetros treinados, o tipo de base que usam, e a qualidade dos resultados.

Há também o mapeamento sistemático realizado por [5], que realiza um levantamento sobre os diversos métodos empregados na área de deformação de modelos humanos tridimensionais. Entre outros, realiza levantamentos sobre as estratégias de deformação, áreas de aplicação, os modos de obtenção dos modelos 3D, bem como o tipo de esqueleto utilizado nestes modelos. A principal diferença entre o presente mapeamento e o realizado por [5], está no foco do segundo em alterações da forma do corpo relacionadas à engorda ou emagrecimento, já este trabalho, por sua vez, tem foco na geração ou deformação da forma do corpo em geral.

Apesar de que a revisão apresentada por [3], possa ser considerada como um apanhado geral da área, similar ao objetivo deste trabalho, considera-se necessário realizar uma pesquisa contemplando trabalhos mais recentes. Já a revisão apresentada por [4] trata exclusivamente de trabalhos que empregam técnicas de modelagem paramétrica, sendo assim, e considerando a diferença de foco para com [5], este trabalho tem como objetivo realizar um levantamento geral das técnicas mais recentes de geração ou modelagem automática de personagens humanos em 3D, bem como de suas aplicações.

III. MAPEAMENTO SISTEMÁTICO

O mapeamento foi realizado seguindo um protocolo de pesquisa, com etapas predefinidas a serem seguidas. O protocolo utilizado foi definido com base nas diretrizes apresentadas por Petersen et al. [6]. Define-se mapeamentos sistemáticos como estudos projetados para dar uma visão geral de uma área de pesquisa através da classificação e contagem de contribuições em relação às categorias dessa classificação. Um mapeamento sistemático permite obter uma visão geral da área pesquisada, bem como identificar lacunas de pesquisa ou encontrar possíveis melhorias para a área. As etapas deste processo podem ser divididas em:

- Definir as questões de pesquisa;
- Realizar a busca em bases de dados;
- Selecionar os artigos com critérios predefinidos;
- Coletar e analisar os dados destes artigos.

As subseções a seguir descrevem o processo realizado neste mapeamento sistemático, em seguida na seção IV os resultados são apresentados.

A. Questões de Pesquisa

Deseja-se saber “como a geração de personagens humanos 3D está sendo realizada, e a que áreas está sendo aplicada”. Considerando-se também abordagens que utilizam bases de modelos capturados, procura-se saber quais são essas bases. Desta forma, foram definidas as seguintes questões de pesquisa:

- QP-1: Quais são as técnicas utilizadas para a geração automática de personagens humanos 3D?

- QP-2: Quais são as principais áreas em que estas técnicas estão sendo aplicadas?
- QP-3: Quais são as principais bases de modelos capturados sendo utilizadas?
- QP-4: Existe alguma fórmula ou padrão que define a deformação de cada parte do corpo do personagem 3D?

B. Busca de Trabalhos

Partindo das questões de pesquisa, bem como de palavras chave de trabalhos previamente conhecidos, as palavras chaves foram divididas em grupos adaptando-se a estratégia PICOC [7]:

- *Population*: palavras relacionadas à personagens humanos 3D – *human, body* e *avatar*;
- *Intervention*: palavras relacionadas à geração ou deformação destes personagens – *deform, generate, morfe* e *model*;
- *Comparison*: não se aplica;
- *Outcome*: palavras relacionadas à forma ou aparência dos personagens – *shape, form* e *appearance*;
- *Context*: por fim termo para limitar à modelos tridimensionais – *3D*.

Desta forma, foi montada a seguinte frase de busca, a qual foi aplicada nos títulos, resumos e palavras-chave dos trabalhos:

(*avatar OR body OR human*) AND (*deform* OR generat* OR morph* OR model**) AND (*shap* OR form OR appearance*) AND *3D*

A busca foi realizada em 3 Mecanismos de Busca Acadêmicos (MBA), selecionados devido ao tamanho de suas bases de artigos, e com revistas e eventos da área de computação e computação gráfica. Os mecanismos em questão são: ACM Digital Library, Scopus e ScienceDirect. A busca, executada em junho de 2019, obteve um total de 4466 artigos, como apresentado na Tabela I.

TABELA I. ARTIGOS RETORNADOS POR BASE

Base de Busca	Quantidade Retornada
ACM DL	1024
Science Direct	1164
Scopus	2278
Total	4466

Para filtrar os resultados obtidos, foram definidos os seguintes critérios Objetivos (CO), aplicados diretamente nos MBA sempre que possível:

- CO-1: Artigos publicados a partir de 2008;
- CO-2: Artigos publicados em revistas e eventos revisados por pares;
- CO-3: Artigos no idioma Inglês;

Foram considerados apenas artigos publicados nos últimos 10 anos completos no intuito de obter apenas trabalhos considerados recentes.

C. Seleção de Trabalhos

Para a etapa de seleção dos trabalhos, foram definidos 6 Critérios de Exclusão (CE) e 2 Critérios de Inclusão (CI). Estes foram aplicados ao título e resumo de cada artigo. Durante a seleção, os artigos foram rejeitados sempre que

estes atenderam a qualquer um dos Critérios de Exclusão. Os Critérios de Exclusão definidos são:

- CE-1: Artigos duplicados;
- CE-2: Artigos não disponíveis para acesso e *download* gratuitos;
- CE-3: Artigos que não estejam no tema de computação gráfica;
- CE-4: Artigos que não mencionem as técnicas utilizadas;
- CE-5: Artigos que abordem apenas partes do corpo, como rosto, mãos, etc.;
- CE-6: Artigos que abordem somente animação dos personagens, ou as deformações associadas ao movimento destes.

Estes Critérios de Exclusão foram definidos levando em consideração alguns pontos, como: Não são de interesse para esta pesquisa trabalhos que mostrem apenas seus resultados, sem apresentar as técnicas ou métodos empregados, visto que um dos objetivos deste mapeamento é identificar estas ditas técnicas. O foco da pesquisa está na geração da forma do corpo como um todo, não de partes isoladas como o rosto. Ainda, mesmo que trabalhos abordem animação ou deformação por movimento, devem também abordar a geração forma base do corpo.

Já os Critérios de Inclusão definidos, que representam os aspectos que os artigos devem atender, foram definidos considerando-se que a forma do corpo humano é de principal importância, comparada à de animais ou outros seres, e que os trabalhos devem estar no contexto da geração ou deformação do corpo em 3D. Sendo assim, os Critérios de Inclusão são:

- CI-1: Artigos relacionados a forma do corpo de personagens humanos;
- CI-2: Artigos que abordem técnicas de geração ou deformação de personagens humanos 3D.

Após a filtragem inicial dos resultados nos MBA, e a remoção dos artigos duplicados, de acordo com CE-1, restaram 2745 artigos, como apresentado na Tabela II. Os Critérios de Inclusão e de Exclusão foram primeiramente aplicados aos títulos dos 2745 artigos restantes, resultando na pré-seleção de 122 artigos. Estes por sua vez, passaram por um segundo processo de seleção, em que os Critérios de Inclusão e Exclusão foram aplicados pela leitura dos resumos e, quando necessário, dos textos completos. O processo descrito resultou na seleção de 25 artigos. Finalmente, foram adicionados à seleção final de maneira ad-hoc dois trabalhos de conhecimento prévio, resultando um total de 27 trabalhos, dos quais os dados foram extraídos para este mapeamento.

TABELA II. ARTIGOS REMOVIDOS POR ETAPA

	Removidos	Total
Total Inicial	—	4466
Refinamento dos resultados nos MBA	1593	2873
Duplicados	128	2745
Inclusão e Exclusão (títulos)	2623	122
Inclusão e Exclusão (resumos)	97	25
Total pós Seleção	—	25

Na Tabela III estão as referências dos artigos selecionados neste, junto a índices alfanuméricos para conveniência na apresentação dos resultados nas próximas seções.

TABELA III. REFERÊNCIAS SELECIONADAS

ID	Referência
[A]	H. Zhu et al., “Dynamic human body modeling using a single RGB camera,” <i>Sensors</i> , vol. 16, n. 3, 2016, pp. 402.
[B]	N. Hasler et al., “Estimating body shape of dressed humans,” <i>Computers & Graphics</i> , vol. 33, n. 3, 2009, pp. 211-216.
[C]	L. Su et al., “Data-driven human model estimation for realtime motion capture,” <i>Journal of Visual Languages & Computing</i> , vol. 48, 2018, pp. 10-18.
[D]	A. E. Ichim and F. Tombari., “Semantic parametric body shape estimation from noisy depth sequences,” <i>Robotics and Autonomous Systems</i> , vol. 75, 2016, pp. 539-549.
[E]	M. Loper, N. Mahmood and M. J. Black, “MoSh: Motion and shape capture from sparse markers,” <i>ACM Transactions on Graphics (TOG)</i> , vol. 33, n. 6, 2014, pp. 220.
[F]	S. Zhu and P. Y. Mok, “Predicting realistic and precise human body models under clothing based on orthogonal-view photos,” <i>Procedia Manufacturing</i> , vol. 3, 2015, pp. 3812-3819.
[G]	P. Boonbrahm, L. Sewata and S. Boonbrahm, “Transforming 2D human data into 3D model for augmented reality applications,” <i>Procedia Computer Science</i> , vol. 75, 2015, pp. 28-33.
[H]	S. Streuber et al., “Body talk: crowdshaping realistic 3D avatars with words,” <i>ACM Transactions on Graphics (TOG)</i> , vol. 35, n. 4, 2016, pp. 54.
[I]	P. Kadlecěk et al., “Reconstructing personalized anatomical models for physics-based body animation,” <i>ACM Transactions on Graphics (TOG)</i> , vol. 35, n. 6, 2016, pp. 213.
[J]	Z. Xu, Q. Zhang and S. Cheng, “Multilevel active registration for kinect human body scans: from low quality to high quality,” <i>Multimedia Systems</i> , vol. 24, n. 3, 2018, pp. 257-270.
[K]	M. Loper et al., “SMPL: A skinned multi-person linear model,” <i>ACM transactions on graphics (TOG)</i> , vol. 34, n. 6, 2015, pp. 248.
[L]	S. Saito, ZY. Zhou and L. Kavan, “Computational bodybuilding: Anatomically-based modeling of human bodies,” <i>ACM Transactions on Graphics (TOG)</i> , vol. 34, n. 4, 2015, pp. 41.
[M]	SY. Baek and K. Lee, “Parametric human body shape modeling framework for human-centered product design,” <i>Computer-Aided Design</i> , vol. 44, n. 1, 2012, pp. 56-67.
[N]	BY. Koo et al., “Example-based statistical framework for parametric modeling of human body shapes,” <i>Computers in Industry</i> , vol. 73, 2015, pp. 23-38.
[O]	Y. Chen et al., “Parametric 3D modeling of a symmetric human body,” <i>Computers & Graphics</i> , vol. 81, 2019, pp. 52-60.
[P]	Z. Ji et al., “Human body shape reconstruction from binary silhouette images,” <i>Computer Aided Geometric Design</i> , vol. 71, 2019, pp. 231-243.
[Q]	L. Pishchulin et al., “Building statistical shape spaces for 3d human modeling,” <i>Pattern Recognition</i> , vol. 67, 2017, pp. 276-286.
[R]	N. Deng, X. Yang and Y. Zhou, “PROME: projected measures model for fast human shape estimation,” <i>Proc. Proceedings of the 16th ACM SIGGRAPH International Conference on Virtual-Reality Continuum and its Applications in Industry</i> . 2018, pp. 27.
[S]	CH. Chu et al., “Exemplar-based statistical model for semantic parametric design of human body,” <i>Computers in Industry</i> , vol. 61, n. 6, 2010, pp. 541-549.

[T]	C. Mao, S. F. Qin and D. Wright, “A sketch-based approach to human body modelling,” <i>Computers & Graphics</i> , vol. 33, n. 4, 2009, pp. 521-541.
[U]	YL. Lin and MJ. J. Wang, “Constructing 3D human model from front and side images,” <i>Expert Systems with Applications</i> , vol. 39, n. 5, 2012, pp. 5012-5018.
[V]	S. Zhu, P. Y. Mok and Y. L. Kwok, “An efficient human model customization method based on orthogonal-view monocular photos,” <i>Computer-Aided Design</i> , vol. 45, n. 11, 2013, pp. 1314-1332.
[W]	X. Zhou et al., “Anthropometric body modeling based on orthogonal-view images,” <i>International Journal of Industrial Ergonomics</i> , vol. 53, 2016, pp. 27-36.
[X]	S. Wuhler et al., “Estimation of human body shape and posture under clothing,” <i>Computer Vision and Image Understanding</i> , vol. 127, 2014, pp. 31-42.
[Y]	H. Xu et al., “Modeling 3D human body with a smart vest,” <i>Computers & Graphics</i> , vol. 75, 2018, pp. 44-58.
[Z]	N. Hasler et al., “A statistical model of human pose and body shape,” <i>Proc. Computer graphics forum</i> . Oxford, UK: Blackwell Publishing Ltd., 2009, pp. 337-346.
[AA]	G. C. Silva, sKanner3D: Captura Corporal 3d Com Modelagem Automática Enriquecida. Dissertação (Mestrado em Computação Aplicada) – UDESC, 2018.

D. Extração de Dados

Com o processo de seleção finalizado, as referências selecionadas foram lidas na íntegra para realizar a coleta de dados. A Tabela IV representa o formulário de extração de dados utilizado, com as questões de pesquisa (QP) associadas a cada dado.

TABELA IV. EXTRAÇÃO DE DADOS

Dado	QP
Título do artigo	-
Autores	-
Ano de publicação	-
Veículo de publicação	-
Técnica de geração ou deformação	QP-1
Área de aplicação	QP-2
Apresenta fórmula de deformação	QP-4
Quais etapas do processo são automatizadas	QP-1
Utiliza base de modelos	QP-3
- Nome da base	QP-3
- A base é aberta?	QP-3
- Idade da base em anos	QP-3
- Idade da base em anos	QP-3
- Quantidade de modelos masculinos	QP-3
- Quantidade de modelos femininos	QP-3

IV. RESULTADOS

O número de publicações relacionadas a técnicas de geração de modelos humanos tridimensionais vem crescendo nos últimos anos, como pode ser observado, na Figura 2, pela reta pontilhada que é uma regressão linear do volume de publicações dos diversos anos. Observa-se que o ano de 2019 apresenta uma quantidade baixa de publicações e que para 2018 também não é tão alta. Estes valores são esperados de serem abaixo da realidade, pois 2019 não acabou e 2018 pode ter publicações que ainda não tiveram seus metadados incluídos nas respectivas bases.

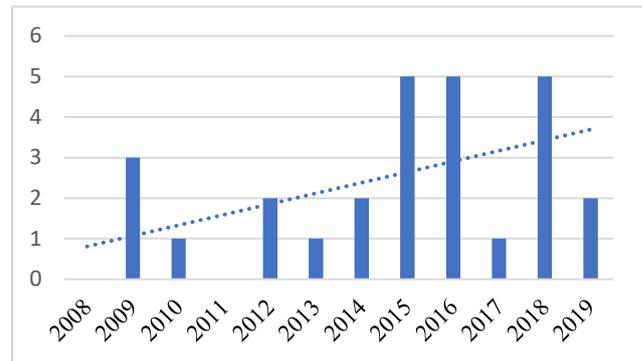


Figura 2. Publicações no período pesquisado

Dentre os 27 artigos lidos observou-se que apenas um [R], foi publicado em conferência, enquanto que os 25 restantes foram publicados em revistas. Tamanha diferença demonstra a predominância das revistas como veículo de publicação de preferência da área.

Apesar da preferência por revistas, observa-se que não existe um fórum específico para a área mas, como pode ser visto na Figura 3, as revistas com maior número de publicações na área são “*ACM Transactions on Graphics*” com 5 (19,2%) artigos encontrados e “*Computers & Graphics*” com 4 (15,3%) artigos encontrados.

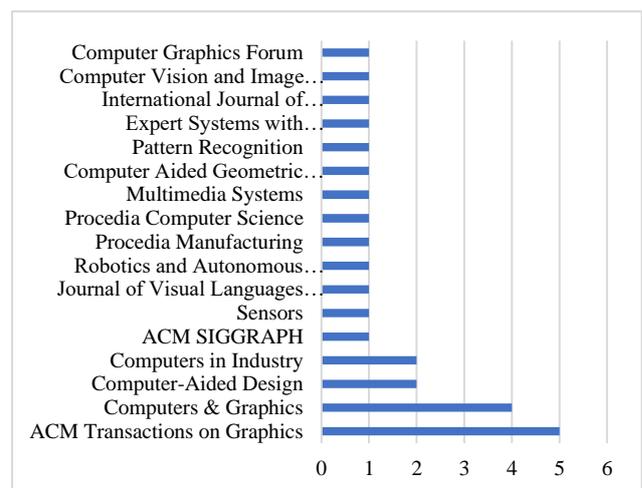


Figura 3. Artigos por fonte

Dentre os 27 trabalhos que abordam a geração de modelos humanos 3D, identificou-se que 14 utilizam técnicas de deformação paramétricas [C, D, E, H, J, K, M, N, O, Q, R, S, X e Z], ver Figura 5. Nesta estratégia, um modelo do espaço de formas do corpo é utilizado, e seus parâmetros definem as deformações a serem realizadas em um modelo base. O modelo de formas é comumente obtido através da análise estatística de bases de modelos escaneados. Os parâmetros que compõem estes modelos são principalmente relacionados a forma base de um personagem e a sua pose, mas podem também englobar informações de movimento, respiração, ver Figura 4, pesos de vértices, local das juntas, e possivelmente outros.

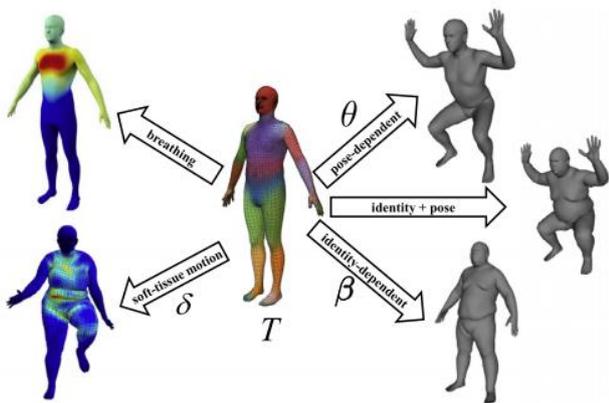


Figura 4. Modelo base (T) deformado de acordo com parâmetros de pose (θ), forma (β), movimento (δ) e respiração (figura de [4]).

Técnicas baseadas em FFD (*Free Form Deformation*) são utilizadas em 5 dos trabalhos [F, U, V, W e AA]. Esta abordagem consiste em, de forma simples, envolver o modelo a ser deformado em outro modelo de forma geométrica mais simples. Quando o modelo mais simples é deformado, o modelo mais complexo sofre deformações correspondentes. Diferentemente do *rigging* que deforma o modelo objetivando uma nova configuração postural, FFD permite variar a forma (malha externa do modelo) tanto quanto a pose.

Dentre o restante dos trabalhos, foram encontrados 2 trabalhos cujas técnicas de deformação são baseadas em modelos de simulação anatômica [I e L], onde ossos, músculos e gordura são simulados para gerar um modelo realista. Há um trabalho sobre a modelagem de personagens a partir de esboços [T], onde as linhas do personagem desenhado servem como base para a geração de seu modelo 3D. Foi encontrado um trabalho utilizando *Soft scaling* [G], em que a deformação foi realizada aplicando transformações de escala em diversas seções transversais de um modelo base, e de forma gradiente para regiões próximas a estas. Por fim, em 4 trabalhos foram utilizadas mais de uma técnica para a geração dos personagens [A, B, P e Y], como a combinação de técnicas paramétricas com técnicas baseadas em FFD, por exemplo.

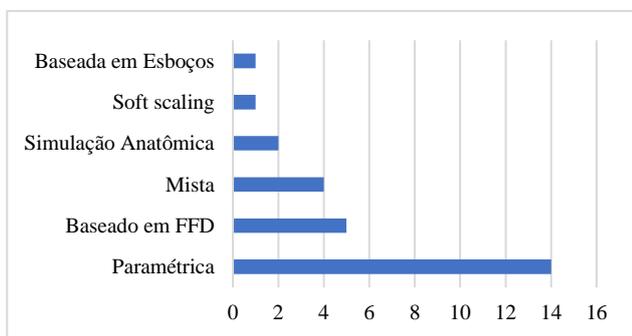


Figura 5. Técnicas de geração identificadas

Identificou-se que 19 (70,3%) dos trabalhos utilizaram bases de modelos 3D em alguma parte do processo [A, B, C, E, F, H, J, K, M, N, O, P, Q, R, S, V, X, Y e Z], como no treinamento de modelos paramétricos, ou na obtenção de medidas antropométricas necessárias para determinadas técnicas.

Na Figura 6 pode-se observar que as bases mais utilizadas são CAESAR [C, E, K e O] e MPI [A, B, R e X], ambas utilizadas em 4 trabalhos cada. Observa-se também que não é incomum que autores criem e utilizem suas próprias bases, como é o caso em 4 dos trabalhos encontrados [F, H, S e Z]. Em [F] por exemplo a partir de modelos escaneados é criada uma base de perfis corporais, já em [H] é criada uma base de modelos sintética a partir do modelo de deformação apresentado em [K].

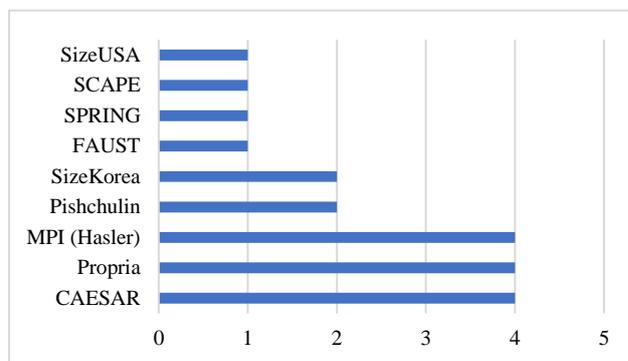


Figura 6. Bases de modelos identificadas

Na Tabela V pode-se observar que a base CAESAR, uma das mais utilizadas, não está aberta para uso gratuito, sendo ela uma base comercial. O número de modelos masculinos (M) e femininos (F) para cada base representa o número reportado nos trabalhos que as utilizaram, mantendo-se o maior valor nos casos em que houve diferenças numéricas para uma mesma base. O mesmo é o caso para a faixa etária dos modelos disponíveis em cada base, em que os intervalos apresentados correspondem com o utilizado pelos trabalhos encontrados. Observa-se claramente, pela faixa etária dos modelos, que existe uma lacuna de bases, e possivelmente de técnicas, que lidam com modelos de crianças ou bebês.

TABELA V. BASES DE ACORDO COM ARTIGOS SELECIONADOS

Base	Aberta	Num. Modelos (M)	Num. Modelos (F)	Faixa Etária
FAUST	Sim	—	165	—
CAESAR	Não	1700	2103	18 a 65
MPI (Hasler)	Sim	59	55	17 a 61
Pishchulin	Sim	2150	2150	18 a 65
SPRING	Sim	1500	1500	—
SCAPE	Não	2400	2400	18 a 65
SizeKorea	Sim	125	125	20 a 39
SizeUSA	Não	3450	6630	18 a 35

Equações relacionadas à deformação dos modelos são apresentadas em 23 (85,2%) dos 27 trabalhos lidos, exceto em [F, H, P e AA]. Estas equações estão, em sua maioria, relacionadas à análise estatística dos modelos das bases ou de medidas antropométricas.

Todo o processo de geração de personagens é realizado de maneira automática em 10 (37%) dos trabalhos [A, B, E, I, J, K, P, Q, W e AA], conforme Figura 7, enquanto que outros 9 contém etapas que devem ser realizadas manualmente [C, F, H, N, T, U, V, X e Z]. Os 8 trabalhos

restantes não informam quais etapas do processo são ou não automáticas. Observa-se, portanto, que a geração automática ainda tem bastante espaço para se desenvolver.

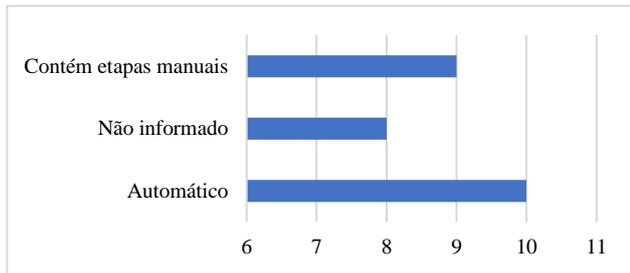


Figura 7. Automatização do processo

Finalmente, na Figura 8 pode-se observar as áreas de aplicação para as técnicas de geração de personagens humanos 3D, de acordo com os 27 trabalhos lidos. No gráfico são representadas as diferentes áreas quanto ao número de trabalhos que aplicam as técnicas apresentadas nestas, ou as identificam como possível aplicação.

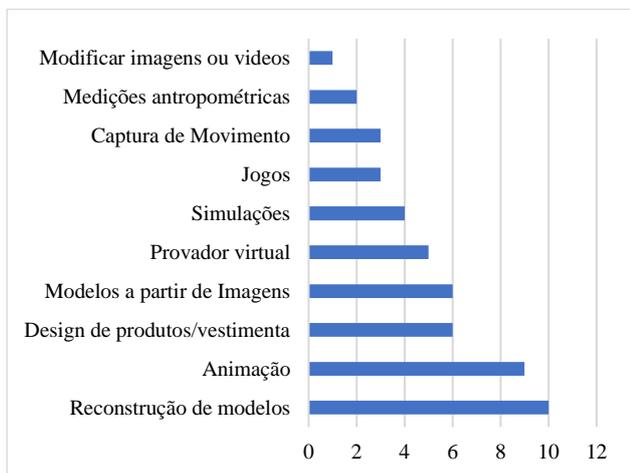


Figura 8. Áreas de aplicação identificadas

Como pode-se observar, a principal área de aplicação é a reconstrução de modelos [B, J, K, N, O, P, Q, S, X, Y e AA], em que se tem por objetivo obter um modelo do corpo humano a partir de outro modelo incompleto ou defeituoso, ver Figura 10. Modelos incompletos são, normalmente, provenientes de escaneamentos 3D, onde partes da malha

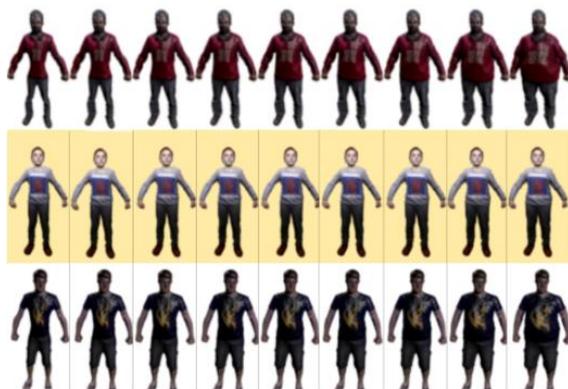


Figura 9: Simulação de engorda e emagrecimento (figura de [AA])

do modelo estão faltando. Modelos do corpo podem também ser reconstruídos a partir de modelos vestidos, em que as roupas ocultam parte da forma do corpo.

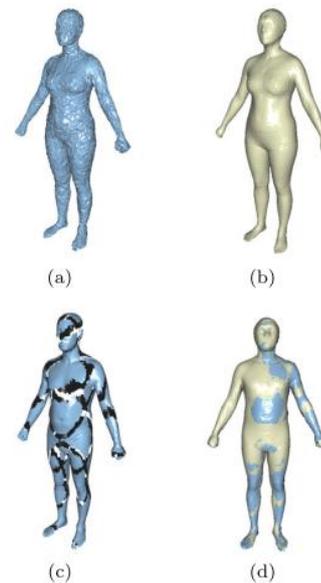


Figura 10. Modelo ruidoso (a) e modelo incompleto (c) reconstruídos em (b) e (d) respectivamente (figura adaptada de [P])

A próxima área de maior aplicação é a de animação [A, E, I, K, L, N, O, T e Z], onde junto das variações de forma são também contempladas as deformações de movimento, ver Figura 11, a fim de gerar personagens capazes de executar as mais variadas poses e movimentos de forma realista. Há também aplicação na área de jogos, como a geração e customização de personagens e avatares para os jogadores. Diferentes tipos simulações, como de engorda e emagrecimento, ver Figura 9, ou até simulação de cirurgias são outras possíveis aplicações.

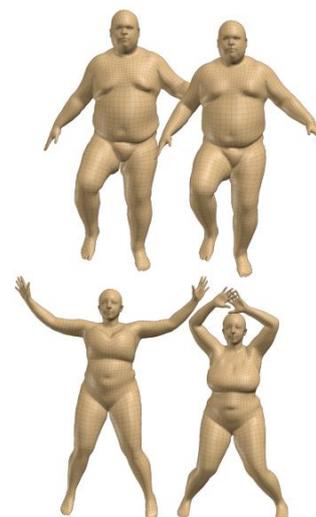


Figura 11. Em cima dois quadros da animação de um homem correndo, em baixo dois quadros da animação de uma mulher fazendo “polichinelos” (figura adaptada de [K])

Quando aplicados para *design* de produtos [M, N, S e W] e vestimenta [F e V], os modelos gerados podem ser utilizados para auxiliar na modelagem de produtos

ergonômicos e de roupas para diferentes formas corporais. Algumas das técnicas de geração de personagens encontradas permitem que estas réplicas virtuais sejam geradas a partir de imagens ou vídeos [F, Q, R, U, V e W], sem a necessidade de um escâner 3D, ver Figura 12. Estes modelos podem também ser utilizados em provedores virtuais [A, G, N, Q e X], onde o modelo gerado é uma réplica virtual de um indivíduo, em que este pode se visualizar vestindo diferentes roupas ou acessórios.

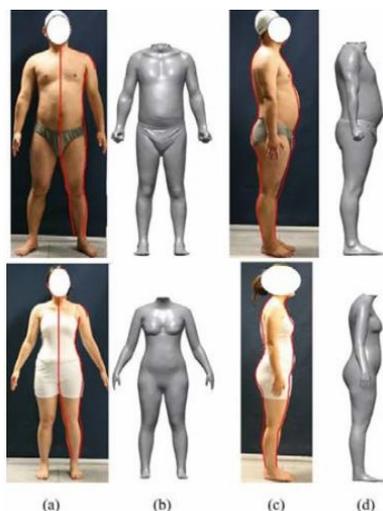


Figura 12. Foto frontal (a) e de perfil (c) de dois indivíduos, e os respectivos modelos gerados (b) e (d) (figura adaptada de [F])

As técnicas de geração de personagens podem ser utilizadas na captura não só da forma, mas também das poses e movimentos de indivíduos. Além disso, medidas antropométricas, ou medidas das partes do corpo, podem ser obtidas diretamente dos personagens 3D gerados [Y e AA]. Por outro lado, é também possível modificar a forma de indivíduos em imagens ou vídeos alinhando modelos 3D a estes e os deformando.

V. CONCLUSÃO

Este trabalho realizou um mapeamento sobre as técnicas de geração de personagens humanos 3D. Foram encontrados 4466 artigos, dos quais restaram 27 após o processo de seleção, seguindo os critérios definidos de inclusão e exclusão. Observou-se que existe uma tendência de crescimento das publicações nesta área, com predominância de publicações em revistas.

Foram definidas 4 questões de pesquisa, que direcionaram a definição dos critérios de seleção bem como a coleta de dados, cujas respostas ajudam a entender como a geração de personagens humanos 3D vem sendo feita e a qual áreas é aplicada.

Desta forma, identificou-se que (QP-1) muitos trabalhos têm optado por utilizar técnicas paramétricas na geração de personagens, seguidas – à distância – por técnicas baseadas em FFD. Os dados também sugerem que (QP-2) o principal foco dos trabalhos se encontra na reconstrução de modelos e em animação, no entanto áreas de aplicação relacionadas à indústria de vestuário também são comuns.

Em sua maioria, (QP-3) os trabalhos optam por utilizar bases de modelos escaneados já existentes, sem contemplar

modelos jovens, sendo que as mais utilizadas são CAESAR e MPI. A primeira é uma base comercial que contém grandes quantidades de modelos escaneados, bem como medidas antropométricas, já a segunda é uma base aberta, com uma quantidade menor de modelos, porém com maior variedade de poses. Ambas as bases CAESAR e MPI são divididas de maneira aproximadamente uniforme entre modelos masculinos e femininos.

Observou-se também que (QP-4) frequentemente as equações de deformação apresentadas pelos trabalhos se tratam de equações de análise estatística, utilizadas em conjunto com as bases de modelos ou de medidas antropométricas, no intuito de gerar o espaço de formas dentro do qual o modelo deve estar contido.

Identificaram-se poucos trabalhos em que os parâmetros de deformação dos modelos são associados a aspectos específicos de forma, como tipos de porte físico, musculatura, gordura corporal, etc. Também, os trabalhos encontrados, em geral, tentam criar personagens humanos mais realistas o possível, desta forma não foram identificados trabalhos que tratem da estilização da forma dos personagens, como alterar as proporções das partes do corpo para criar personagens em estilo de caricaturas ou de desenhos animados, por exemplo. Estas podem então caracterizar oportunidades para a pesquisa na área.

Registre-se que este mapeamento tem o risco de ter deixado de fora artigos relevantes mas em bases que não foram incluídas ou, a frase de busca utilizada pode não ter sido suficiente para identificar estes trabalhos ou, ainda, pode-se ter eliminado erroneamente artigos relevantes durante a análise subjetiva de inclusão e exclusão.

VI. AGRADECIMENTOS

Marcelo da Silva Hounsell agradece o CNPq pela Bolsa de Produtividade em Desenvolvimento Tecnológico e Extensão Inovadora. Todos os autores agradecem à UDESC e FAPESC pelo financiamento ao grupo de pesquisa LARVA (FAPESC T.O. No.: 2019TR712).

REFERÊNCIAS

- [1] M. Hendrikkx, S. Meijer, J. Van Der Velden and A. Iosup, "Procedural content generation for games: A survey," *ACM Transactions on Multimedia Computing, Communications, and Applications (TOMM)*, vol. 9, n. 1, 2013, pp. 1.
- [2] D. B. Fogel, T. J. Hays and D. R. Johnson, "A platform for evolving characters in competitive games," *Proc. Proceedings of the Congress on Evolutionary Computation*, 2004, pp. 1420-1426.
- [3] N. Magnenat-Thalmann, H. Seo and F. Cordier, "Automatic modeling of animatable virtual humans—a survey," *Proc. Fourth International Conference on 3-D Digital Imaging and Modeling*, 2003, pp. 2-10.
- [4] Z. Q. Cheng, Y. Chen, R. R. Martin, T. Wu and Z. Song, "Parametric modeling of 3D human body shape—A survey," *Computers & Graphics*, vol. 71, 2018, pp. 88-100.
- [5] G. C. Silva, M. S. Tavares, M. da Silva Hounsell and A. T. da Silva, "Virtual Human Deformation: A Systematic Literature Mapping," *Proc. 1º Simpósio Latino-Americano de Jogos*, vol. 1, 2016, pp. 146–153.
- [6] K. Petersen, S. Vakkalanka and L. Kuzniarz, "Guidelines for conducting systematic mapping studies in software engineering: An update," *Information and Software Technology*, vol. 64, 2015, pp. 1-18.
- [7] B. Kitchenham and S. Charters, "Guidelines for performing systematic literature reviews in software engineering," 2007.