REVISTA DESIGN & TECNOLOGIA
ISSN: 2178-1974
2025, Vol.15, No. 30
DOI 10.23972/det2025iss30pp79-89

PGDESIGN
www.pgdesign.ufrgs.br

Desempenho do Auto-Rigging do Mixamo em Modelos 3D: Um Estudo Experimental

Thiago S. Simm[1]; Flávio Andaló[1]; Milton L. H. Vieira[1]; Kiwi S. Silveira[2]

1 *Programa de Pós-Graduação em Design, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil*

2 *Programa de Graduação em Animação, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil*

RESUMO

Este artigo apresenta uma análise experimental do sistema de *auto-rigging* da plataforma Mixamo, com o objetivo de avaliar sua eficácia na aplicação de esqueletos em modelos 3D com diferentes proporções anatômicas. Foram testados seis personagens bípedes com características físicas distintas, desde modelos humanoides até personagens estilizados, como criaturas fantásticas e animais antropomorfizados. A metodologia incluiu a revisão teórica sobre *rigging* e design de personagens, seguida da experimentação prática com aplicação de animações por captura de movimento incluídas na plataforma. Seguindo os critérios de avaliação de *rig* de Bhati *et al.* (2013), os modelos foram classificados como satisfatório, parcialmente satisfatório ou insatisfatório. Os resultados obtidos indicaram que modelos com morfologia próxima à humana, como o personagem humano chamado Icarus, apresentaram melhor desempenho. Em contrapartida, modelos com membros adicionais ou formas não convencionais, como o modelo de um monstro, geraram erros significativos tanto no posicionamento das juntas quanto na pintura de pesos. Além disso, foi observado que regiões como queixo, pescoço e quadril são comumente apontadas como concentrações de esticamento de malha incoerentes. Dois modelos humanoides estilizados (nomeados Chibi e Troll) apresentaram desempenho intermediário, com necessidade moderada de ajustes manuais. Ainda, percebeu-se que a clareza na separação das partes anatômicas favorece a correta interpretação do modelo pela ferramenta utilizada. O estudo conclui que, embora o Mixamo ofereça uma solução acessível e rápida para *rigging* automático, suas limitações técnicas exigem revisão manual dos *rigs*, especialmente em casos com estruturas corporais não padronizadas. Sugere-se a adoção de ferramentas complementares ou alternativas em projetos que demandem maior controle técnico sobre o esqueleto e suas deformações.

PALAVRAS-CHAVE

Rigging;
Automação;
Animação 3D.

Mixamo Auto-Rigging Performance on 3D Models: An Experimental Study

ABSTRACT

This paper presents an experimental analysis of the Mixamo platform's auto-rigging system, with the aim of evaluating its effectiveness in applying skeletons to 3D models with different anatomical proportions. Six bipedal characters with distinct physical characteristics were tested, ranging from humanoid models to stylized characters, such as fantasy creatures and anthropomorphized animals. The methodology included a theoretical review of rigging and character design, followed by practical experimentation with the application of motion capture animations included in the platform. Following the rig evaluation criteria of Bhati et al. (2013), the models were classified as satisfactory, partially satisfactory, or unsatisfactory. The results obtained indicated that models with morphology close to human, such as the character Icarus, performed better. In contrast, models with additional limbs or unconventional shapes, such as the Monster model, generated significant errors in both joint positioning and weight painting. Furthermore, it was observed that regions such as the chin, neck, and hips are commonly identified as concentrations of incoherent mesh stretching. Models like Chibi and Troll, despite being stylized, presented intermediate performance, requiring moderate manual adjustments. Additionally, it was observed that the clear separation of anatomical parts favors the correct interpretation of the model by the tool used. The study concludes that, although Mixamo offers an accessible and fast solution for automatic rigging, its technical limitations require manual rig review, especially in cases involving non-standard body structures. The adoption of complementary or alternative tools is suggested for projects that require greater technical control over the skeleton and its deformations.

KEYWORDS

Rigging;
Automation;
3D Animation.

CONTATO: Thiago S. Simm – *thiagossimm@gmail.com*

© 2025 – Revista Design & Tecnologia

1. INTRODUÇÃO

O mercado global de animação foi avaliado em 371,85 bilhões de dólares em 2024, projetado para atingir 590,85 bilhões de dólares em 2033, com uma Taxa de Crescimento Anual Composta (TCAC) de 5,28% em comparação com a expectativa de 2025 (MARKET DATA FORECAST, 2025). Com o crescimento das plataformas de *streaming,* a demanda por volume de produções audiovisuais aumentou. Em seu relatório do segundo semestre de 2023, a Netflix evidenciou que 33 dos seus 100 filmes mais assistidos globalmente eram animações (NETFLIX, 2025). Ainda, segundo dados fornecidos pela Parrot Analytics, animações têm sido uma forma consistente de engajamento para a plataforma, tendo o mercado asiático como seu maior consumidor, e a América Latina com o maior crescimento, de 12% no começo de 2023 para 20% no quarto trimestre de 2024.

O processo de animação 3D conta com diversas etapas de produção, desde o design de personagens, modelagem 3D, *rigging*, animação, até sua renderização (BEANE, 2012). Dentre essas etapas, o processo de *rigging* pode ser considerado extremamente penoso, muitas vezes sendo um impeditivo para artistas mais iniciantes ingressarem na animação 3D (BARAN; POPOVIĆ, 2007). Para isso, diversas ferramentas foram criadas no decorrer dos anos, com o objetivo de acelerar e simplificar o processo de criação do *rig*, gerando-o de forma automática.
Este artigo tem como objetivo analisar como o Mixamo, uma ferramenta de *auto-rig* online, se comporta com modelos de diferentes proporções e níveis de complexidade, desde a importação do modelo até a aplicação automática do esqueleto e do *skinning*. Além disso, esse artigo propõe identificar os desafios enfrentados em cada modelo, assim como comparar a qualidade do esqueleto em relação ao tempo e esforço exigidos em sua criação.

Dentre os diferentes sistemas de *auto-rig* no mercado, foi escolhido o Mixamo devido a sua fácil acessibilidade, sendo disponibilizado de forma gratuita e online, sem a necessidade de compatibilidade com algum software 3D específico. Além disso, a ferramenta é compatível com o Blender, software também gratuito, através de um *add-on* próprio, que permite fazer alterações no esqueleto gerado de forma mais prática e dinâmica (MIXAMO, 2025).

Este artigo está estruturado em quatro seções principais. A primeira apresenta a fundamentação teórica, abordando conceitos relacionados à animação, *rigging* e design de personagens. Em seguida, é descrita a metodologia adotada, bem como os procedimentos aplicados nos modelos selecionados. A terceira seção expõe os resultados obtidos a partir da aplicação prática da metodologia. Por fim, a última seção é dedicada à conclusão, na qual são discutidas as considerações finais, limitações e possíveis desdobramentos da pesquisa.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Nesta seção serão abordados os tópicos essenciais sobre o desenvolvimento de animação 3D necessários para melhor entendimento deste estudo experimental, além das características principais utilizadas para seleção dos diversos modelos de personagens presentes que foram analisados e categorizados posteriormente.

2.1 Animação 3D e Rigging

Andy Beane (2012) utiliza o termo “animação 3D” para designar toda a indústria que utiliza este recurso por meio de softwares de computação gráfica dentre as mais variadas aplicações. Essa definição abrange produções desde a indústria do entretenimento, incluindo filmes, séries e jogos, até as áreas da publicidade e estudo científico.

O *rigging* é o processo de preparar um modelo 3D estático para ser animado (ORVALHO *et al*., 2012). Nessa fase, o *rigger*, ou artista técnico, deve criar um sistema de controles que permite ao animador deformar o objeto conforme suas intenções. Este sistema de controles pode variar desde uma simples hierarquia entre objetos, até esqueletos complexos de deformação da malha do objeto 3D.

Para a maioria dos personagens, é criado um esqueleto formado por ossos e articulações que não serão renderizados na visualização final do produto (ORVALHO *et al*., 2012). É por meio deles que o objeto estático pode se tornar animável. Elas podem ser posicionadas similarmente às articulações de um corpo, a fim de promover movimentos realistas aos personagens (BEANE, 2012).

Skinning é a etapa a qual o *rig* é conectado ao modelo 3D. Ela define como as transformações aplicadas aos ossos do esqueleto afetarão a deformação da malha do objeto (ARSAHD *et al.*, 2019). Esta ação atribui a cada vértice do modelo um valor correspondente a uma ou mais articulações, o que permite que ele seja deformado de maneira proporcional à sua interação com os ossos do esqueleto (BEANE, 2012). Ainda nessa etapa, é empregada a pintura de peso, ou *weight paint*, um método intuitivo para sinalizar a influência de um osso sobre diferentes partes de um modelo, através de grupos de vértices (BLENDER, 2025). Para melhor entendimento, é utilizada a analogia de “mapas de calor”, onde áreas azuis representam pesos próximos a 0, enquanto áreas vermelhas representam pesos próximos a 1, como demonstrado na Figura 1.

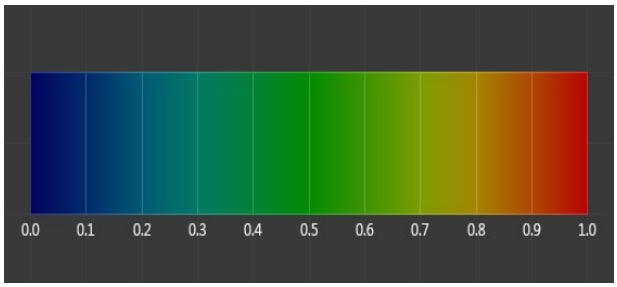


Figura 1 Mapeamento do espectro de cores para Weight Paint (Fonte: Blender 4.4 Manual - Weight Paint (2025)).

Orvalho *et al.* (2012) ainda realça a aplicação de uma interface de usuário (UI), comumente utilizada para facilitar o processo de animação que será realizado no personagem ou objeto, que pode estar disponível na visualização do ambiente 3D ou em janelas separadas.

2.2 Design de Personagens

O design de personagens pode ser descrito como o processo de criar e estabelecer novos personagens, desenvolvendo sua aparência, seu estilo de arte, e sua personalidade (ORVALHO *et al.*, 2012). Segundo os autores, as primeiras expressões do artista no desenvolvimento de um personagem com boas formas básicas, utilizando-se se exageros em poses, tamanhos e proporções, a fim de resultar em um personagem único e interessante. Wyatt (2010) traz a animação digital como um meio extremamente flexível para extrapolar os limites do naturalismo visual, e ressalta a importância de um bom conhecimento de anatomia para utilizar-se dos exageros de forma eficaz.

Um design de personagem efetivo é aquele capaz de conectar o personagem com seu espectador e contar sua história por meio do seu visual. Filho *et al.* (2016) apontam que um bom design de personagem pode partir de duas abordagens principais: da psicologia e história do personagem, chamada de *Storytelling*; e da sua composição visual, referida

como *Aesthetics*. Os autores afirmam que independentemente da abordagem escolhida como ponto de partida, ambas são indispensáveis para um produto final de qualidade.

Ainda, Orvalho *et al.* (p. 4139, 2012) enfatiza o papel do design de personagem no processo de *rig* de personagens: "o conceito e design vão determinar a aparência do personagem, sua personalidade e sua performance, que ditam como ele se move e age na animação final". Para isso, a estruturação do esqueleto deve ser montada de acordo, suprindo as necessidades estéticas e conceituais do personagem.

2.3 Auto-rigging

Auto-rigging, ou *rig* automático, é o processo dentro da computação gráfica 3D em que um esqueleto é gerado de forma automática e conectado a um modelo tridimensional, geralmente um personagem ou um objeto articulado (BARAN; POPOVIĆ, 2007). Esta prática tem como principal objetivo acelerar a produção de uma animação. A maioria dos modelos de *auto-rig* criados contemplam desde a fase de adaptação de um esqueleto em relação a malha, até o processo de *skinning*. Ainda há ferramentas que são capazes de criar controladores com UI otimizada para o animador, além de controladores em IK (*inverse kinematics*). Isso permite que o animador seja capaz de inverter a ordem hierárquica de um conjunto de ossos. Por exemplo, o controlador da mão é capaz de guiar o movimento do braço e antebraço, permitindo que o animador posicione a mão do personagem no local desejado com mais facilidade (BEANE, 2012).

Baran e Popović (2007) dividem a formação automática de esqueletos em dois grandes grupos: extração de esqueleto ou integração de esqueleto. A extração de esqueleto (*skeleton extraction*) envolve extrair o esqueleto diretamente da malha 3D, isto é, utilizar-se de variadas técnicas para encontrar o mais provável posicionamento de ossos dentro de um modelo, assim como sua hierarquia. Em contrapartida, a integração de esqueleto (*skeleton embedding*) consiste na adaptação de um esqueleto pré-definido, ajustando-se dentro das limitações do objeto 3D. Modelos como UniRig (ZHANG *et al.*, 2025) e RigAnything (LIU *et al.*, 2025) utilizam uma abordagem autorregressiva, em que se utiliza *machine learning* para prever o próximo elemento em uma sequência com base nos elementos que o precederam, sem possuir um esqueleto pré-existente.

Baran e Popović (2007) ainda apontam o LBS (*Linear Blend Skinning*) como a técnica mais utilizada de *skinning* devido a sua simplicidade e eficiência computacional. Nela, a posição de um vértice deformado é calculada como uma soma ponderada das posições originais do vértice, transformadas individualmente por cada osso, em que os pesos desta soma são os pesos de *skinning* atribuídos a esse vértice por cada osso. Assim, é garantido uma transição suave nas articulações do modelo. No entanto, muitas vezes pode causar a impressão de "emborrachado".

3. METODOLOGIA

A metodologia adotada nesta pesquisa é de natureza aplicada e comparativa. Ela foi estruturada em três etapas principais: levantamento teórico, análise comparativa e experimentação prática. Para este estudo, foi selecionada a ferramenta de *auto-rig* gratuita Mixamo.

Mixamo é uma plataforma gratuita disponibilizada online pela Adobe. Além de disponibilizar um catálogo de personagens e um banco de animações realizadas por captura de movimento, ela possui sua própria ferramenta de *auto-rig*. Por meio dela, o usuário pode enviar seu próprio personagem para gerar automaticamente um esqueleto humanoide completo, adaptado às proporções do personagem enviado (Mixamo, 2025).

Inicialmente, foi realizada revisão bibliográfica de *rigging* e *auto-rig*, com base nos autores Beane (2012) e Baran e Popović (2007) respectivamente, assim como a influência do design de personagens na construção de um *rig* otimizado, como abordado por Orvalho et al. (2012). Em seguida, foi realizada uma análise comparativa de diferentes modelos, a fim de testar as capacidades e limitações técnicas da ferramenta de *auto-rig*. Por fim, foi efetuada a experimentação prática, em que os modelos selecionados passaram pelo procedimento de *auto-rig* e testados em diferentes animações disponibilizadas pela própria plataforma, com o intuito de identificar possíveis incongruências em suas deformações de malha.

Os critérios utilizados para avaliar a qualidade dos *rigs* montados são baseados naqueles apresentados por Bhati *et al.* (2013): (i) o *rig* deve ser consistente, isto é, ao animar, os controles não devem "quebrar" o *rig* ou seguir transformações não convencionais; (ii) O *rig* deve ter comportamento previsível e os controles devem se comportar como planejados; (iii) O *rig* deve ser fácil de usar, com o mínimo de controle e máximo de funcionalidade; (iv) o *rig* deve ser construído considerando como o personagem deve agir e se apresentar.

3.1 Seleção de Modelos

O primeiro procedimento realizado foi a definição de quais modelos seriam avaliados para testar a ferramenta de *auto-rig* do Mixamo. Conforme suas limitações, todos modelos precisam ser bípedes, e estar em "*A-pose*" ou "*T-Pose*", como na Figura 2. Essas poses foram adotadas como padrão para personagens animados por apresentarem uma configuração neutra e inexpressiva do corpo, ao mesmo tempo em que mantêm os membros afastados do tronco. Essa disposição favorece o processo de *skinning*, uma vez que reduz a sobreposição de geometria e facilita a atribuição de pesos aos vértices da malha.



Figura 2 Demonstração de um modelo 3D bípede em "*A-pose*" e "*T-pose*". (Fonte: Elaborado pelos autores).

Assim, foram selecionados modelos que variam em proporções entre seus membros, mas ainda mantivessem uma forma bípede e humanoide, conforme estabelecido por Orvalho *et al.* (2012). Todos os modelos utilizados para a análise da ferramenta são de autoria própria ou foram retirados da plataforma CGTrader, disponíveis para uso livre conforme as regras de direitos autorais da própria plataforma, como exposto na Tabela 1.

Tabela 1 Modelos 3D utilizados nomeados e organizados em seu tipo corporal, número de vértices e onde foram obtidos.

Modelo	Tipo de personagem	Nº de vértices	Origem
Icarus	Humanoide	197.382	Autor
Cajuzinha	Bípede Estilizado (Animal Antropomorfizado	5.052	Autor
Chibi	Humanoide Estilizado	13.488	CGTrader: usuário @beaver95
Troll	Humanoide Estilizado	2.920	CGTrader: usuário @dessjit
Robô	Humanoide Robô	124.017	CGTrader: usuário @BlenderZone
Monstro (4 braços)	Bípede Estilizado	26.514	CGTrader: usuário @dremorn

(Fonte: Elaborado pelos autores)

3.2 Exportação para o Mixamo

Após os modelos serem selecionados, eles foram importados no website Mixamo. Todos foram enviados segundo as instruções fornecidas pelo próprio website:

1. No painel do editor, clique no botão "Carregar personagem" para navegar, selecionar e carregar um personagem;
2. São suportados apenas três tipos de arquivos: ".fbx", ".obj" e ".zip". Para esse estudo, todos os modelos foram exportados como arquivos ".obj";
3. Após a importação, deve-se colocar marcadores no queixo, pulsos, cotovelos, tornozelos e virilha;
4. Selecione o tipo de esqueleto que será criado. Dentre os modelos fornecidos, existe uma variação de número de ossos e hierarquia das mãos. Cada modelo foi selecionado como o mais apropriado para seu design;
5. Confirme a seleção dos marcadores. Após alguns minutos, o *rig* é finalizado.

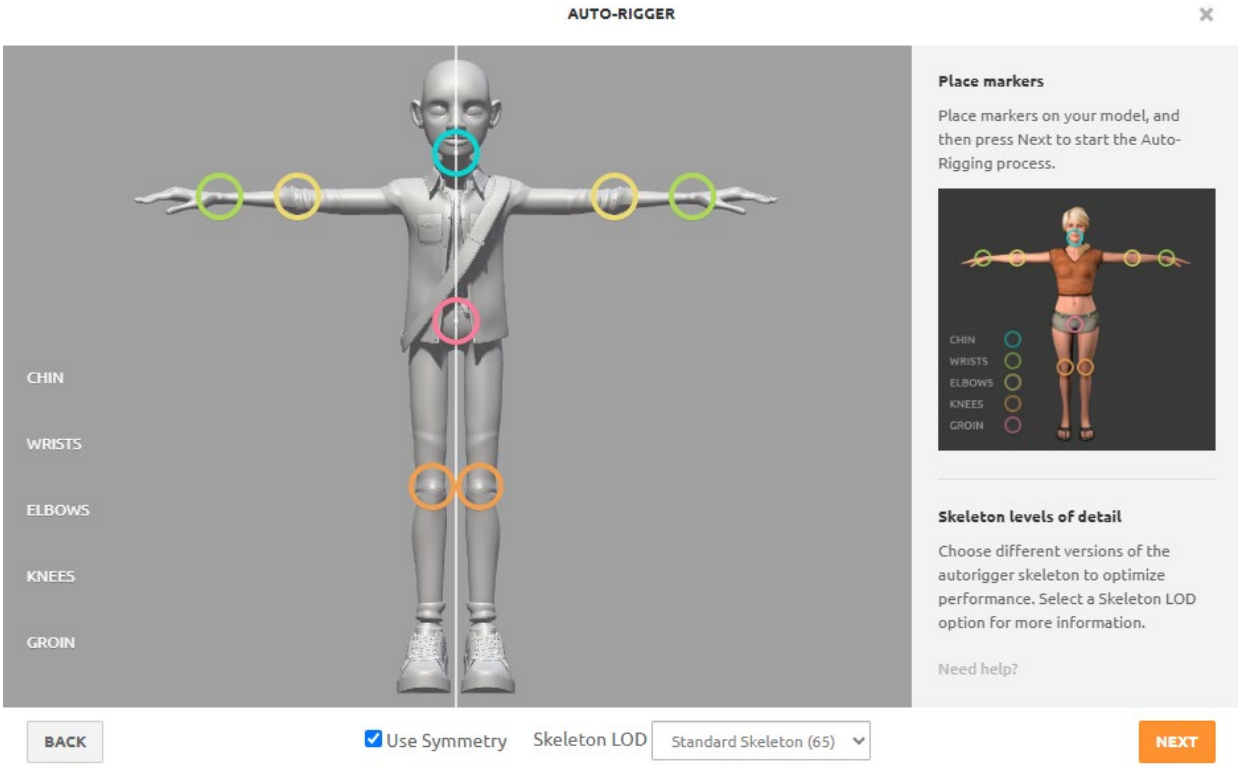


Figura 3 Painel do *auto-rigging* na plataforma Mixamo, com os marcadores no modelo 3D do personagem Icarus. (Fonte: Mixamo(2025)).

3.3 Avaliação

Ainda na plataforma Mixamo, três animações do banco disponibilizado foram selecionadas para testar as deformações dos modelos: (i) "*walking*"; (ii) "*jumping*"; (iii) "*locking hip hop dance*". Todas foram exportadas em ".fbx", com taxa de 30 *frames* por segundo, com "skin" e sem redução de *keyframes*. A análise posterior foi realizada no Blender na sua versão 4.5.0, software generalista 3D sob predefinições inalteradas nativas do software. Ainda, todos personagens foram exportados em "*T-pose*", também fornecida pelo repositório da plataforma. Mesmo como uma pose estática, os personagens possuem o esqueleto anexado a eles, e garante maior neutralidade na análise dos pesos dos vértices. O Blender adota o sistema métrico para quantificar tamanhos e distâncias, enquanto a malha do objeto 3D é mensurada através de vértices, arestas, faces e triângulos. Esqueletos exportadas pelo Mixamo sofrem uma alteração de sua escala proporcional para "0.01", valor que deve ser ajustado de volta para "1.00" dentro do software

3D. No entanto, a escala do modelo e esqueleto não altera diretamente a qualidade da animação gerada.

Para a avaliação qualitativa do desempenho do sistema de *auto-rigging,* foram adotados quatro critérios de avaliação de *rig*, baseados nos desenvolvidos por Bhati *et al.* (2013): (i) consistência do *rig*, (ii) comportamento previsível, (iii) facilidade de uso e (iv) adequação ao design do personagem, que foram cruzados com os resultados obtidos de cada modelo.

A "consistência do *rig"* se refere a parte do modelo que é modificada por cada osso atribuído, como cabeça, ombro, braços e pernas. Foi considerado inconsistente qualquer comportamento que provocasse distorções severas e quebras de malha que foram geradas diretamente pela adoção do esqueleto criado automaticamente.

O "comportamento previsível" foi avaliado sobre a resposta esperada de cada controle, permitindo que cada articulação se movimente e rotacione como esperado. Na análise, foi identificado como incoerente movimentos desproporcionais ou atrasados, quando aplicadas as animações fornecidas pela plataforma.

A "facilidade de uso" diz respeito à interação do usuário com o esqueleto após a realização do *auto-rig*, em um software de animação 3D. Foi levado em consideração a interface fornecida para a manipulação do *rig,* assim como a necessidade de quaisquer ajustes manuais na pintura de peso do modelo, para que ele se comporte de forma eficaz. Com interface consistente dentre os modelos, foram considerados como satisfatórios aqueles que exigiram menor intervenção no esqueleto ou *weight paint*.

Por fim, a "adequação ao design do personagem" envolveu uma análise subjetiva da relação entre a estrutura óssea atribuída e a proposta estética e funcional do modelo. A incapacidade de acomodar membros adicionais ou com proporções exageradas foi utilizada como fator limitante significativo para a avaliação deste critério.

4. RESULTADOS

Para melhor definir a origem dos problemas no sistema de *rigging* automático da Mixamo, os modelos em "*T-Pose*" foram exportados para o Blender nas configurações padrões do sistema, onde é possível visualizar onde cada osso da hierarquia foi posicionado, bem como a nomenclatura dada a cada um. Na Figura 4, é possível observar um exemplo de modelo de esqueleto gerado pelo Mixamo.

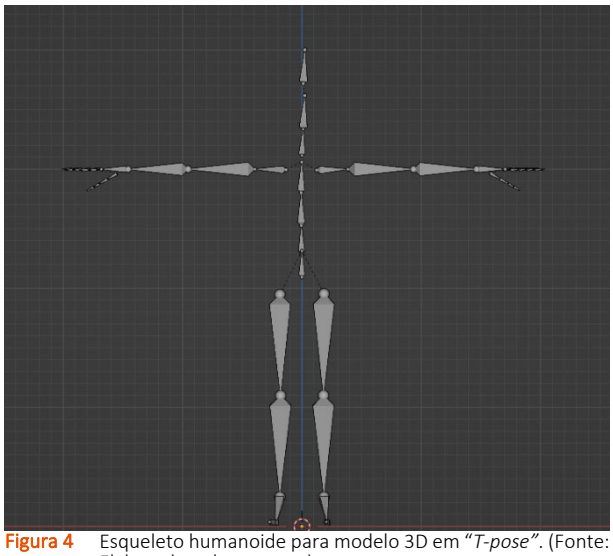


Figura 4 Esqueleto humanoide para modelo 3D em "*T-pose"*. (Fonte: Elaborado pelos autores).

4.1 Icarus

O modelo Icarus, dentre todos os outros analisados, é o que mais se aproxima das proporções de um ser humano comum. Sem membros extras, como caudas, asas e braços, o personagem obteve os melhores resultados ao aplicar as animações fornecidas pelo Mixamo. O *auto-rig* posicionou todas as articulações corretamente, e a distribuição de pesos resultou em deformações satisfatórias, sem a ocorrência de artefatos visuais indesejados. Ainda, as proporções de seus membros com o restante do seu corpo garantem que o personagem interaja com o solo corretamente, sem a necessidade de ajustes.



Figura 5 Exemplo de pose com o *auto-rig* no modelo Icarus. (Fonte: Mixamo (2025)).

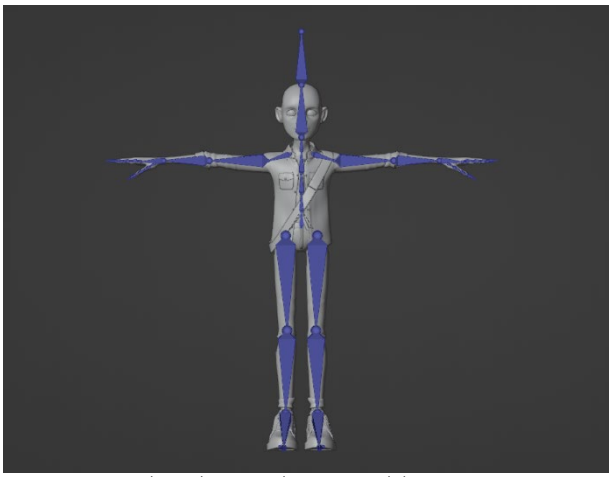


Figura 6 Esqueleto humanoide no modelo Icarus em *T-pose*. (Fonte: Elaborado pelos autores).

4.2 Cajuzinha

O modelo Cajuzinha foi categorizado como "bípede estilizado", uma vez que ela se apoia sobre dois pés no chão, mas suas proporções são muito divergentes das de um ser humano, como a cabeça ampliada. Ainda, pode-se caracterizá-lo como um animal antropomorfizado, visto que incorpora traços visuais que se assemelham a um cachorro, como as orelhas e a cauda.

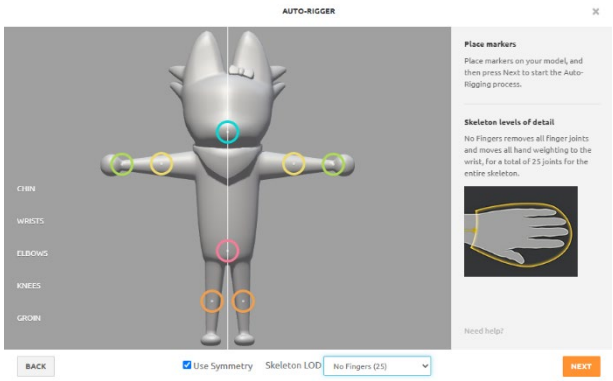


Figura 7 Painel do auto-rigging na plataforma Mixamo, com os marcadores no modelo 3D da personagem Cajuzinha. (Fonte: Mixamo(2025)).

Durante o processo de *rigging* automático, observou-se que o posicionamento dos ossos não correspondeu ao resultado esperado. Supõe-se que a falta de delimitação entre a cabeça e o tronco, somada à simplificação das formas do tórax e ombros e a presença da cauda, comprometeram a eficiência do mapeamento do esqueleto (**Figura 8**).

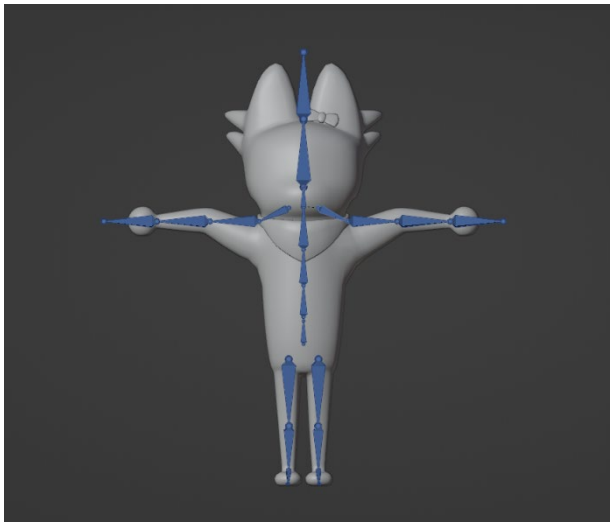


Figura 8 Esqueleto humanoide no modelo Cajuzinha em "*T-pose*" deformado. (Fonte: Elaborado pelos autores)

Como consequência, a pintura de peso dos ossos foi atribuída a locais inapropriados. Esse fenômeno causou deformações indevidas em diferentes partes do corpo, resultando em vértices sendo esticados de forma excedente. Esse problema se manifestou principalmente no alongamento excessivo de vértices nas regiões do pescoço e da cauda (**Figura 9**).

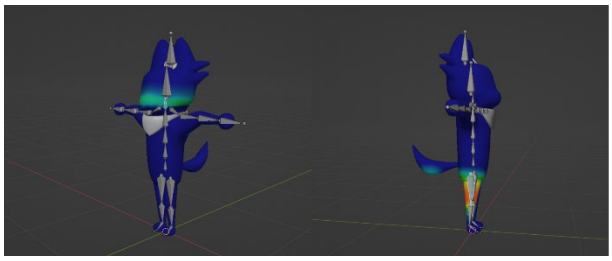


Figura 9 Anomalias na pintura de peso do modelo Cajuzinha. (Fonte: Elaborado pelos autores)

4.3 Chibi

Assim como o modelo Cajuzinha, o personagem Chibi também se diverge das proporções comuns de um ser humano, possuindo uma cabeça aumentada e membros encurtados, adotando-se a classificação de "humanoide estilizado".

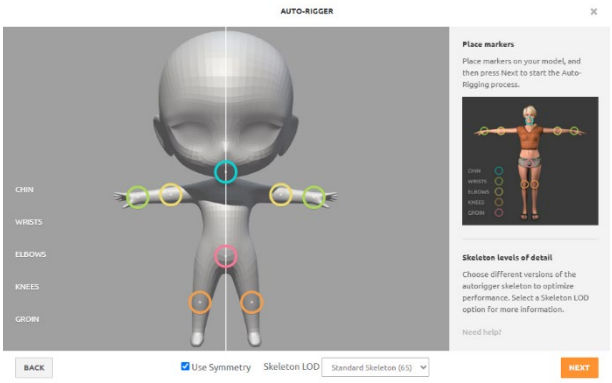


Figura 10 Painel do *auto-rigging* na plataforma Mixamo, com os marcadores no modelo 3D do personagem Chibi. (Fonte: Mixamo(2025)).

Em contraste com Cajuzinha, esse modelo obteve melhor resultado na construção base do esqueleto, posicionando corretamente os ossos da cabeça, pescoço e ombros. Além disso, Chibi alcançou respostas mais adequadas na distribuição de peso nos vértices, exigindo poucos ajustes manuais na pintura de peso. Isso se comprova nos bons resultados performados na execução das animações sobre o modelo, que não apresentaram esticamento ou compressão de malha de forma demasiada (**Figura 11**).

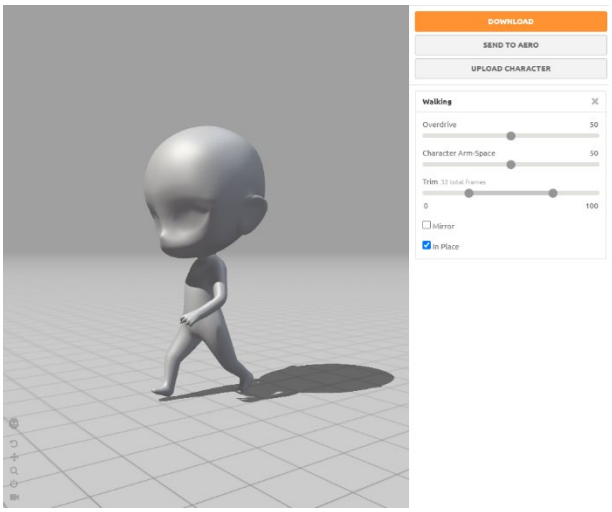


Figura 11 Exemplo de pose com o *auto-rig* no modelo Chibi. (Fonte: Mixamo (2025)).

Ademais, foi observado que, devido ao tamanho da cabeça do personagem, algumas animações fornecidas por captura de movimento causam o atravessamento de malha, como a interpenetração do braço com a cabeça. No entanto, tal ocorrência não é um erro do *auto-rig*, mas sim um indicativo da má compatibilidade do modelo com capturas de movimento. Para resultados mais satisfatórios, torna-se necessário que o animador realize ajustes manuais sobre a animação capturada, assegurando que o movimento do personagem respeite corretamente as suas limitações espaciais.

4.4 Troll

Diferentemente do modelo Cajuzinha, o *auto-rig* realizado no modelo Troll foi capaz de posicionar os ossos de forma eficaz, sem a necessidade de grandes ajustes. No entanto, de forma semelhante, alguns atributos do modelo prejudicaram a distribuição de pesos em determinadas regiões.

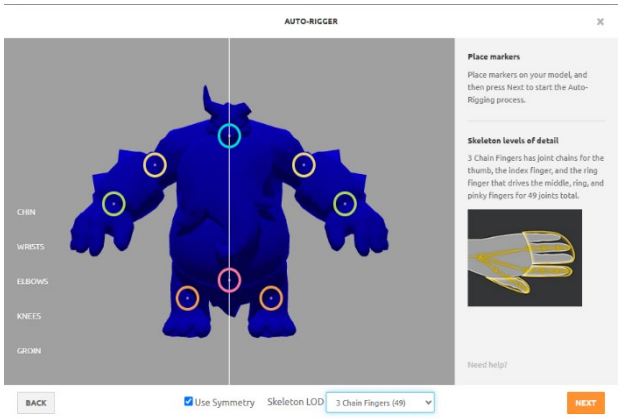


Figura 12 Painel do *auto-rigging* na plataforma Mixamo, com os marcadores no modelo 3D do personagem Troll. (Fonte: Mixamo(2025)).

Embora não possua membros extras, características como a ausência de pescoço e queixo, bem como a barriga e braços em proporções exageradas, fez com que as articulações nestas regiões sofressem um comprometimento na credibilidade da deformação do personagem. Partes como o pescoço, pélvis, mãos e pés demonstraram erros de pintura de peso.

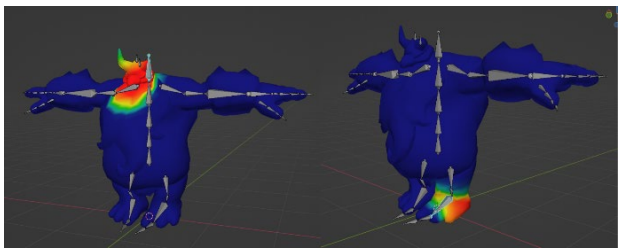


Figura 13 Pintura de peso com erros do modelo Troll. (Fonte: Elaborado pelos autores)

De maneira similar ao Chibi, ao aplicar animações no modelo Troll, como “jumping” e “locking hip hop dance", as proporções do personagem causaram o efeito de interpenetração com o chão. Mais uma vez, isso não se identifica como uma falha no auto-rig, e é trabalho do animador corrigir tais incongruências.

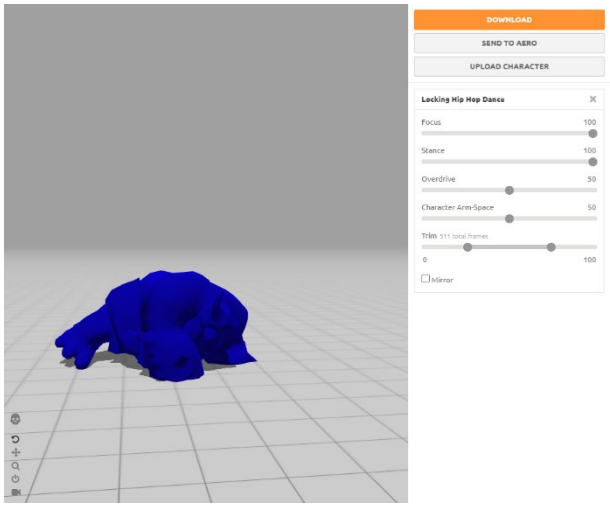


Figura 14 Complicação no modelo Troll após aplicação de animação. (Fonte: Mixamo (2025)).

4.5 Robô

O robô se afasta da morfologia dos modelos selecionados não pela proporção entre seus membros, mas pela rigidez assumida pelo seu material. Com tamanhos de membros semelhantes a Icarus, o *auto-rig* foi capaz de posicionar os ossos de maneira eficiente, agindo de forma consistente e previsível. Como exceção, o *rig* dos dedos não foi satisfatório e apresentou incoerências tanto no posicionamento de articulações como na pintura de peso (Figura 16).

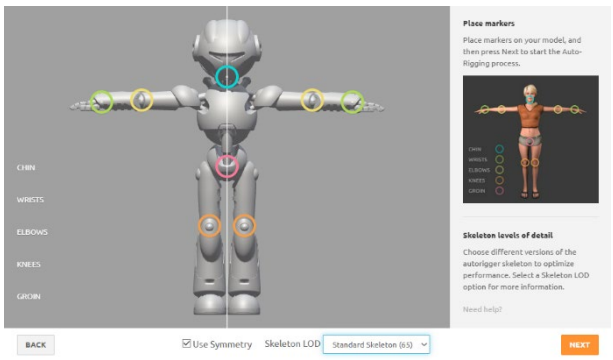


Figura 15 Painel do *auto-rigging* na plataforma Mixamo, com os marcadores no modelo 3D do personagem Robô. (Fonte: Mixamo(2025)).

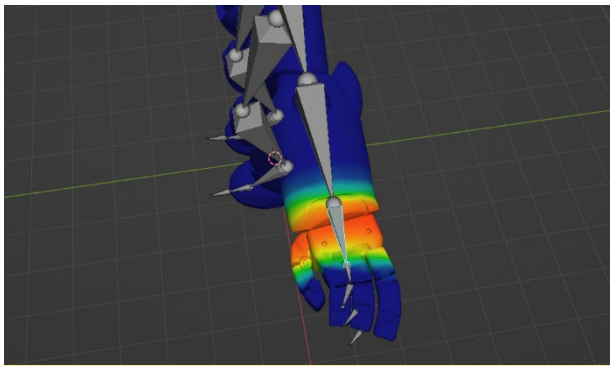


Figura 16 Complicação no *rig* dos dedos, articulações e pintura de peso no modelo Robô (Fonte: Elaborado pelos autores).

Além disso, o algoritmo de distribuição de pesos utilizado pelo Mixamo favorece uma transição suave nos locais articulados. Isso promove o aspecto “emborrachado” citado por Baran e Popović (2007), em contraste com o aspecto rígido esperado de partes mecânicas (Figura 17).

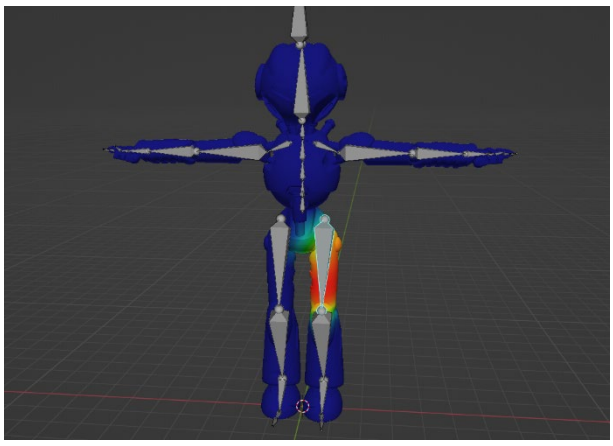


Figura 17 Transição suave na pintura de peso na perna do modelo Robô (Fonte: Elaborado pelos autores).

No entanto, a aplicação das animações fornecidas foi, no geral, satisfatória. Com poucas deformações exageradas e perceptíveis, considera-se que poucas alterações e ajustes seriam necessários ao serem adotadas neste modelo.

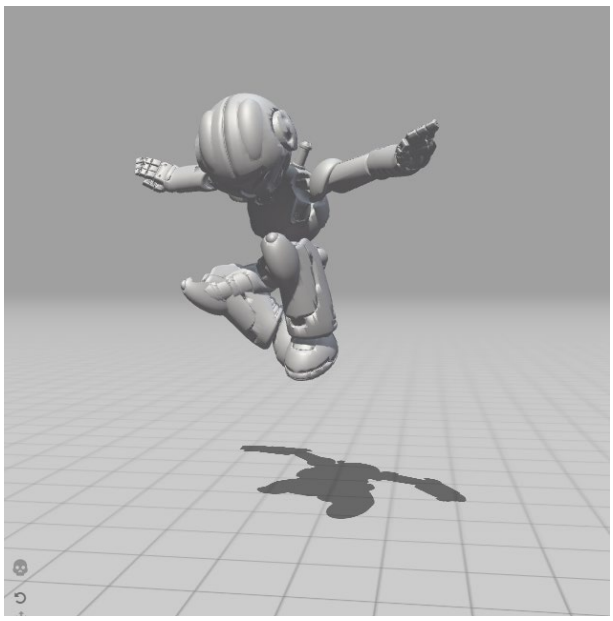


Figura 18 Pose dinâmica aplicada no modelo Robô.

(Fonte: Mixamo (2025)).

4.6 Monstro

Como é possível observar na Figura 19, o modelo Monstro é o que mais se afasta do aspecto humanoide, apesar de ainda poder ser classificado como bípede. A presença de garras, um par de braços adicionais, ombros deformados e uma cauda de grandes proporções constitui um conjunto de fatores que dificultam a atuação eficaz do sistema de *auto-rigging* do Mixamo, comprometendo o posicionamento adequado da estrutura óssea.

Ainda no Mixamo, o resultado gerado pelo sistema de *auto-rig* não foi satisfatório, apresentando numerosos artefatos visuais, com alongamentos excessivos de malha por todo o corpo do personagem (Figura 20). Nessa condição, a aplicação de qualquer animação se torna inviável, uma vez que a legibilidade dos movimentos é severamente comprometida, o que inviabiliza a utilização desse *rig* automático para fins práticos de animação.

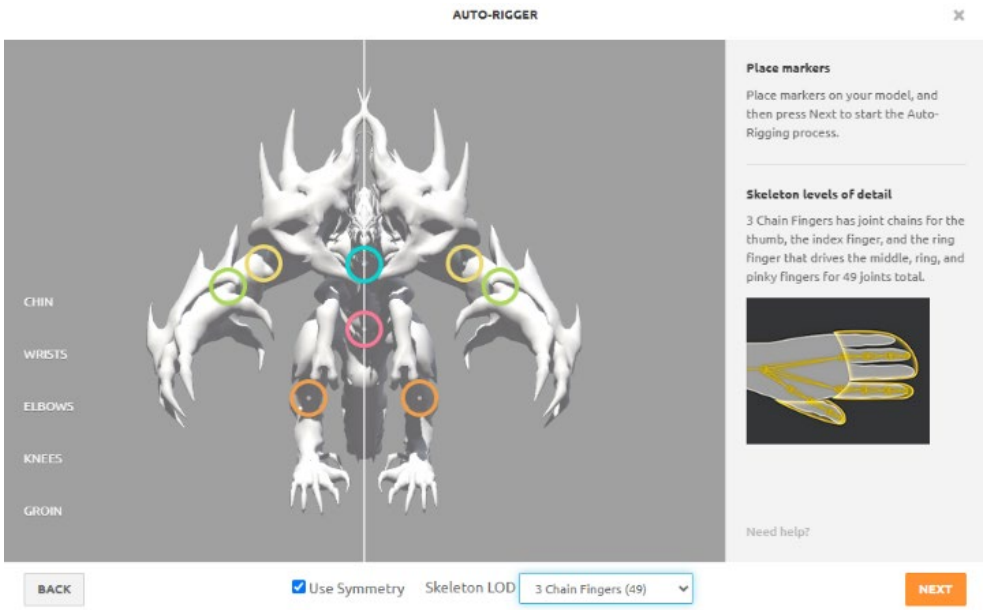


Figura 19 Painel do *auto-rigging* na plataforma Mixamo, com os marcadores no modelo 3D do personagem Monstro. (Fonte: Mixamo(2025)).

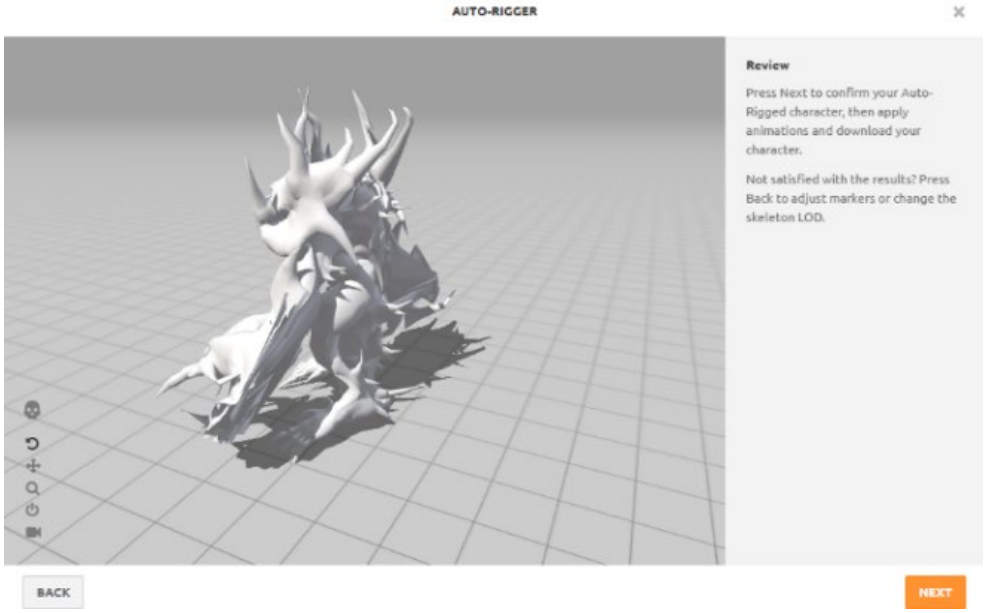


Figura 20 Erro na malha do modelo Monstro após aplicação do *auto-rig* (Fonte: MIXAMO (2025)).

5. DISCUSSÃO

Os produtos das animações aplicadas nos seis modelos podem ser visualizados pelo link https://youtu.be/PSE2c_4Ns5Q, no Youtube. Pelos resultados obtidos, é evidenciado a forte dependência do sistema de *auto-rigging* do Mixamo em relação às proporções e morfologias dos personagens submetidos. Conforme já apontado por Baran e Popović (2007), a abordagem de *skeleton embedding* tendem a funcionar melhor com modelos cujas proporções e estrutura se aproximam de um humano. Essa constatação se confirma no funcionamento do modelo Icarus, que apresenta *rigging* estável e estrutura corporal previsível, com deformações suaves e baixa necessidade de ajuste posterior.

Em contrapartida, modelos mais estilizados ou com características não humanas, como Cajuzinha e Monstro, tiveram um desempenho menos satisfatório, com mapeamento impreciso de articulações e erros recorrentes na pintura de pesos. A ausência de delimitação anatômica clara, como pescoço ou ombros, dificultou o posicionamento correto dos ossos, enquanto a presença de membros adicionais comprometeu a distribuição de pesos nos vértices, como exemplificado na Figura 21. Isso coincide com os limites da técnica Linear Blend Skinning, ou LBS (BARAN; POPOVIĆ, 2007), que embora rápida e eficiente, não é capaz de discernir os membros de forma eficiente, gerando deformações não realistas. Ainda, a LBS não se provou adequada para modelos que exigem articulações rígidas, como o Robô.

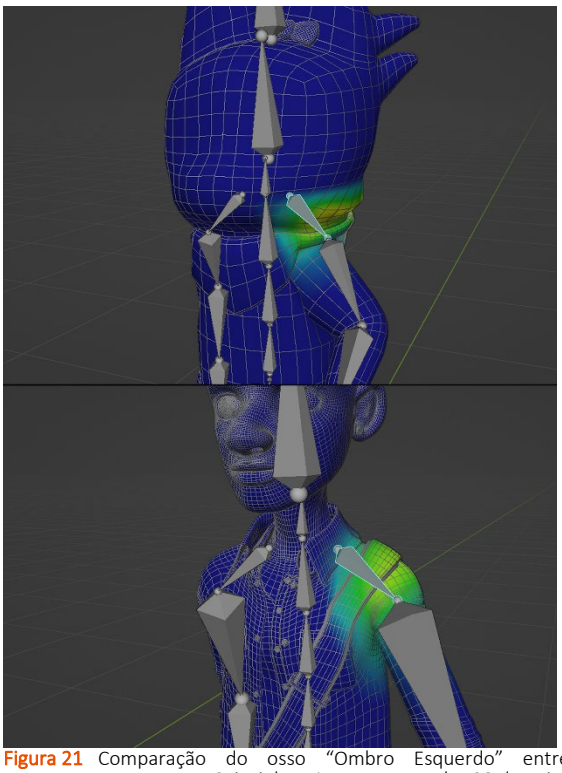


Figura 21 Comparação do osso "Ombro Esquerdo" entre os personagens Cajuzinha e Icarus, no quadro 28 da animação "Walking" (Fonte: Elaborado pelos autores)

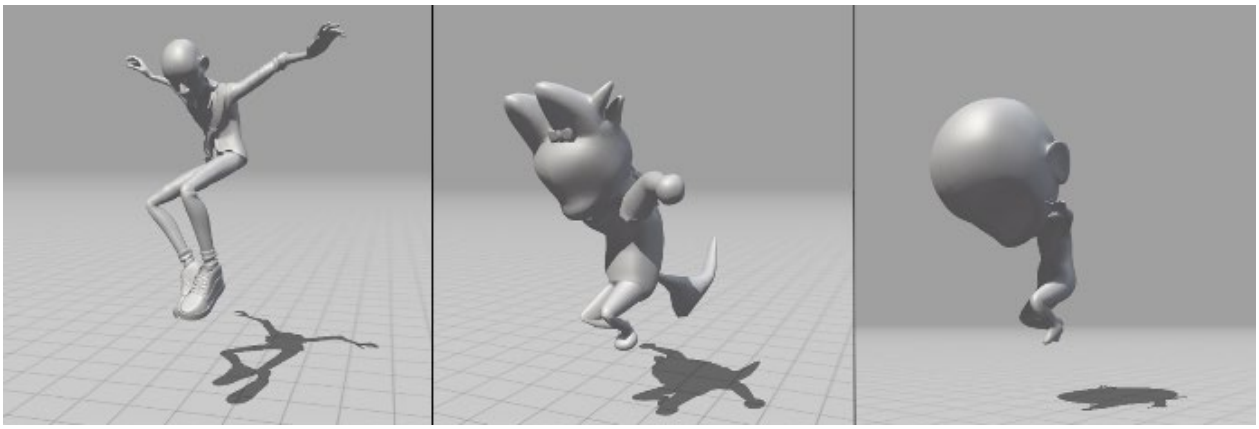


Figura 22 Visualização da mesma pose em três modelos diferentes: Icarus, Cajuzinha e Chibi. (Fonte: Elaborado pelos autores).

Seguindo os critérios de avaliação estipulados por Bhati et al. (2013), foi criada uma tabela categorizando os resultados dos parâmetros em (i) satisfatório; (ii) parcialmente satisfatório e (iii) insatisfatório, como pode ser observado a seguir.

Tabela 2 Categorização dos resultados de cada modelo.

Modelo	Consistência	Previsibilidade	Facilidade	Compatibilidade com o Personagem
Icarus	Satisfatório	Satisfatório	Satisfatório	Satisfatório
Cajuzinha	Insatisfatório	Insatisfatório	Parcialmente Satisfatório	Insatisfatório
Chibi	Satisfatório	Satisfatório	Satisfatório	Satisfatório
Troll	Insatisfatório	Parcialmente Satisfatório	Parcialmente Satisfatório	Parcialmente Satisfatório
Robô	Parcialmente Satisfatório	Satisfatório	Parcialmente Satisfatório	Insatisfatório
Monstro	Insatisfatório	Insatisfatório	Insatisfatório	Insatisfatório

(Fonte: Elaborado pelos autores)

Por fim, a recorrência de interpenetrações da malha nas animações aplicadas, como nos modelos Chibi e Troll, não caracterizam falhas no *rig* em si, mas sim para a limitação do uso de captura de movimentos aplicada em personagens com morfologias não humanas. Isso sugere que o resultado de um produto animado não depende apenas da estrutura do seu *rig*, mas também sua compatibilidade com o modelo e o tipo de animação a ser utilizada.

6. CONCLUSÃO

A utilização de sistemas automáticos de *rigging* representa uma ferramenta promissora para otimizar uma das etapas mais trabalhosas e manuais do processo de animação 3D. No entanto, para que tais sistemas operem de forma eficiente, é essencial considerar determinadas características do modelo 3D. O Mixamo se apresenta como uma ferramenta acessível de *auto-rig*, mas possui diversas limitações técnicas para seu bom funcionamento, quando exposto a modelos mais complexos.

No estudo realizado, observou-se que um dos principais fatores que interferem na precisão do posicionamento dos ossos está relacionado à baixa definição visual de articulações como pescoço e ombros. Esse aspecto fica evidente ao comparar os modelos Cajuzinha e Chibi; embora ambos apresentem cabeças desproporcionalmente grandes, o esqueleto gerado apresentou resultados mais satisfatórios no modelo Chibi, que possui a delimitação da cabeça com maior clareza.

Outro fator limitante identificado foi a presença de membros adicionais ou desproporcionalmente exagerados, que resultaram em uma pintura de pesos inadequada ou pouco funcional. A ocorrência de erros no *rig* de personagens com cauda, por exemplo, foi recorrente em todos os modelos testados, evidenciando dificuldades na distribuição automática dos pesos. Entretanto, a quantidade de polígonos, dentre a variação dos modelos estudados, não foi um fator indicativo de problemas na suavidade das deformações nas articulações. Para modelos que exigem deformações mecânicas ou enrijecidas, recomenda-se técnicas diferentes de *rigging* manual, como *Hard Surface Rigging*, utilizado para animação de muitos objetos articulados.

Considerando os modelos avaliados, é importante ressaltar as limitações técnicas da própria plataforma Mixamo. Neste artigo foram utilizados apenas modelos bípedes, mas com características morfológicas que desafiam as recomendações do próprio programa, pois tem o objetivo de testar não apenas as limitações do *auto-rig*, mas também como elas se comportam no modelo, procurando alternativas para ultrapassar essas barreiras anatômicas. Além disso, muitas das inconsistências encontradas nos modelos após a inclusão do auto-rig se devem ao algoritmo utilizado para a distribuição de pesos nos vértices. Assim, é possível que o programa demonstre grande melhoria ao utilizar outros algoritmos mais elaborados, mesmo com a possível perda de eficiência e agilidade.

Diante desses resultados, recomenda-se que, ao utilizar o sistema de *auto-rigging* do Mixamo, o usuário realize correções manuais na pintura de pesos, especialmente nas áreas onde ocorrem maiores distorções. Além disso, é possível aprimorar o processo de animação com o uso de um add-on oficial da plataforma, que permite a criação de uma interface de controle com suporte a animação em inverse kinematics (IK).

Considerando as avaliações, sugere-se o uso do Mixamo em projetos de curta duração, prototipagem e testagem ou animações de menor complexidade, onde personagens humanoides predominam. Em contrapartida, para produções com estilos visuais mais estilizados ou com maior exigência técnica, o uso de ferramentas complementares ou outros sistemas de *auto-rigging* robustos, como Auto-Rig Pro (Blender) ou AccuRIG, pode oferecer maior controle e fidelidade para os personagens.

Para pesquisas futuras, sugere-se a comparação entre o Mixamo e outras ferramentas de *rigging* automático disponíveis no mercado, como o Auto-Rig Pro,que oferece maior adaptabilidade com modelos com membros adicionais.

REFERÊNCIAS

1. ADOBE. Animate 3D characters with Mixamo. Disponível em: <https://helpx.adobe.com/creative-cloud/help/animate-characters-mixamo.html>. Acesso em: 27 jun. 2025.
2. ARSHAD, M. *et al.* Physical Rigging Procedures Based on Character Type and Design in 3D Animation. International Journal of Recent Technology and Engineering (IJRTE), v. 8, n. 3, set. 2019. Disponível em: https://doi.org/10.35940/ijrte.C5484.098319.
3. BARAN, I.; POPOVIĆ, J. Automatic rigging and animation of 3D characters. ACM Transactions on Graphics, v. 26, n. 3, p. 72, 29 jul. 2007. Disponível em: https://doi.org/10.1145/1276377.1276467.
4. BEANE, A. 3D Animation Essentials. Indianopolis, Indiana: John Wiley & Sons, 2012.
5. BLENDER. Introduction — Blender Manual. Disponível em: <https://docs.blender.org/manual/en/latest/sculpt_paint/weight_paint/introduction.html>. Acesso em: 27 jun. 2025.
6. FILHO, J. *et al*. Character Design: a new Process and its Application in a Trading Card Game. In: SBGAMES - SIMPÓSIO BRASILEIRO DE JOGOS E ENTRETENIMENTO DIGITAL. 2016. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/315737602_Character_Design_a_new_Process_and_its_Application_in_a_Trading_Card_Game>. Acesso em: 6 jun. 2025
7. LIU, I. *et al*. RigAnything: Template-Free Autoregressive Rigging for Diverse 3D Assets. 13 fev. 2025. Disponível em: https://doi.org/10.48550/arXiv.2502.09615
8. MAESTRI, G. Digital Character Animation 3. Berkeley, California: New Riders, 2006.
9. MARKET DATA FORECAST. Animation Market Size, Share, Trends & Growth Report, 2033. Disponível em: <https://www.marketdataforecast.com/market-reports/animation-market>.
10. NETFLIX. What We Watched the Second Half of 2023. Disponível em: <https://about.netflix.com/en/news/what-we-watched-the-second-half-of-2023>.
11. ORVALHO, V. *et al.* A Facial Rigging Survey. Eurographics Conferences, p. 183–204, 2012. Disponível em: http://doi.org/10.2312/conf/EG2012/stars/183-204
12. PARROT ANALYTICS. *The Parrot Analytics Streaming Report Card – Q4 2024*. [S.l.]: Parrot Analytics, 10 mar. 2025. Disponível em: https://www.parrotanalytics.com/insights/the-parrot-analytics-streaming-report-card-q4-2024/. Acesso em: 18 jun. 2025.
13. WYATT, A. The complete digital animation course: the principles, practice, and techniques of successful digital animation. Londres, Reino Unido: Thames & Hudson, 2010.
14. ZEESHAN BHATI *et al.* Template Based Procedural Rigging of Quadrupeds with Custom Manipulators. International Conference on Advanced Computer Science Applications

and Technologies, p. 259–264, 1 dez. 2013. Disponível em: https://doi.org/10.1109/ACSAT.2013.58

15. ZHANG, J.-P. et al. One Model to Rig Them All: Diverse Skeleton Rigging with UniRig. 16 abr. 2025. Disponível em: https://doi.org/10.48550/arXiv.2504.12451