

# Avaliação de sistemas gratuitos de escaneamento 3D por imagens, no design de produtos

*Evaluation of free 3D image scanning systems, in product design*

QUINTANA, Caio Costa; Bacharelado; Universidade Federal de Juiz de Fora

quintana.caio@estudante.ufjf.br

MENDES, Lucas Façanha; Bacharelado; Universidade Federal de Juiz de Fora

lucas.facanha@estudante.ufjf.br

SANTOS, Ivan Mota; Doutorado; Universidade Federal de Juiz de Fora

ivan.santos@ufjf.br

## Resumo

Este trabalho avalia sistemas gratuitos de escaneamento 3D por imagens e aplicativos de scanners 3D para o desenvolvimento de produtos. A capacidade de gerar modelos 3D a partir de fotografias digitais, de forma gratuita, democratiza o acesso a tecnologias antes limitadas a equipamentos caros para geografia e cartografia. Para verificar a viabilidade e precisão dos aplicativos, foram analisados aspectos qualitativos e funcionais de 13 aplicativos disponíveis na Apple Store e Play Store. A avaliação incluiu presença nas lojas, gratuidade, avaliações de usuários e funções disponíveis. Constatou-se que alguns aplicativos têm uso restrito devido à gratuidade limitada ou pagamento obrigatório para seu uso. A análise também visou organizar e ranquear os aplicativos com base nas expectativas de estudantes de Design de Produtos. Conclui-se que, apesar das limitações, os avanços nos aplicativos de escaneamento 3D tornaram essa tecnologia mais acessível, embora ainda existam falhas e áreas a serem exploradas.

**Palavras Chave:** Design de Produto; Escaneamento 3D; Aplicativos Gratuitos.

## Abstract

This work evaluates free 3D image scanning systems and 3D scanner applications for product development. The ability to generate 3D models from digital photographs, free of charge, democratizes access to technologies previously limited to expensive equipment for geography and cartography. To check the viability and accuracy of the apps, qualitative and functional aspects of 13 apps available on the Apple Store and Play Store were analyzed. The evaluation included presence in the stores, gratuity, user ratings and available functions. It was found that some apps are restricted in their use due to limited gratuity or compulsory payment. The analysis also aimed to organize and rank the apps based on the expectations of Product Design students. It was concluded that, despite the limitations, advances in 3D scanning applications have made this technology more accessible, although there are still shortcomings and areas to be explored.

**Keywords:** Product Design; 3D Scanning; Free App

## 1. INTRODUÇÃO

Os recentes avanços na área de escaneamento 3D a partir do desenvolvimento de hardwares e tecnologias de captura de imagens, permitiram a criação de scanners e a automação dos processos de escaneamento 3D, além das reconstituições por computadores, usos de câmeras digitais e captura de laser. Estes avanços permitiram também que tablets e smartphones pudessem utilizar essas tecnologias gratuitamente, que antes eram associados a equipamentos restritos e caros para geografia e cartografia.

Há uma exponencial ampliação do uso do escaneamento 3D nas mais diversas áreas de atuação profissional, trazendo consigo benefícios e mudanças significativas, a partir da visualização de modelos 3D. Desse modo, com o atual cenário de escaneamento 3D, as possibilidades que o uso de scanners 3D traz ao Design são de grande impacto.

Além disso, é importante saber se seria possível definir novos parâmetros para o redesign e também quebrar paradigmas entre o mundo físico e a transposição ao digital a partir de modelos 3D escaneados e virtualizados como, por exemplo, o ensino e prática do design de produtos.

### 1.1. Fotogrametria

A fotogrametria, definida pela ASP (Active Server Pages) em 1979, como sendo a arte, ciência e tecnologia de obtenção de informação confiável sobre objetos físicos e o meio ambiente através de processos de gravação, medição e interpretação de imagens fotográficas e padrões de energia eletromagnética radiante e outras fontes é o modelo mais tradicional de obtenção de informações e escaneamento 3D.

É capaz de criar modelos matemáticos através de fotografias tiradas pelo usuário de objetos reais, técnica antes restrita a modelos tradicionais de equipamentos de geografia e cartografia, que com o advento da tecnologia, o uso de câmeras digitais o desenvolvimento de hardwares e novas tecnologias, permitiram a criação de scanners de mão/bancada e aplicativos de escaneamento 3D, ampliando exponencialmente a possibilidade de geração e uso de modelos 3D em diversas áreas

O termo fotogrametria deriva das palavras gregas photos, que significa luz, gramma, que significa algo desenhado ou escrito e metron, que significa "medir". Portanto, Fotogrametria, de acordo com suas origens, significaria "medir graficamente usando luz"

Os desenvolvimentos que conduziram ao presente estado da arte da Fotogrametria são muito anteriores ao invento da fotografia.

Aristóteles, em 350 A.C. já mencionava como projetar imagens por meio ótico. Leonardo da Vinci, em 1492 demonstrou graficamente os princípios da aerodinâmica e da projeção ótica. Também projetou mecanismos para o polimento de lentes.

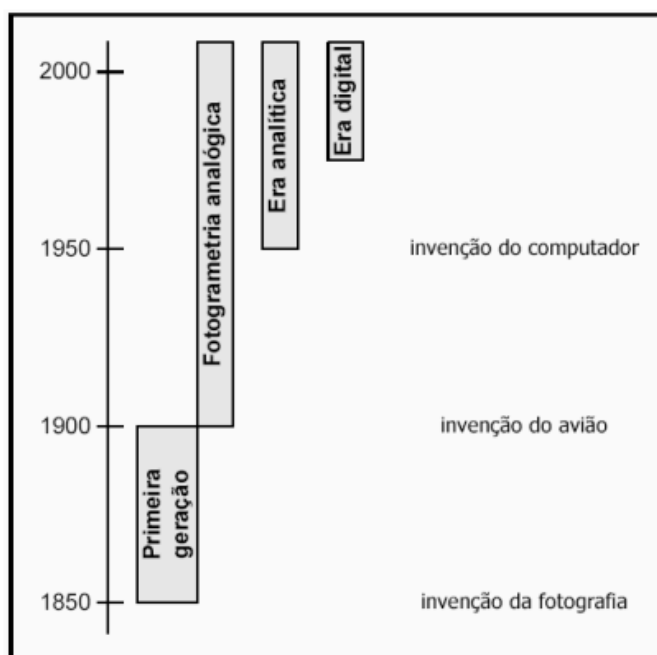
Evidentemente, a prática fotogramétrica só pôde se desenvolver após a invenção da fotografia. Louis Daguerre, em 1839, anunciou o invento do processo fotográfico baseado em placas de metal com uma camada de iodeto de prata, sensibilizado pela luz. Um ano depois, o geodesta francês Arago demonstrou a viabilidade do uso de fotografias nos levantamentos topográficos.

Durante a Segunda Guerra as técnicas fotogramétricas foram utilizadas como nunca para atender às necessidades de mapas aéreos. A fotointerpretação foi utilizada em grande escala para fins de reconhecimento e inteligência. Estes equipamentos analógicos passaram a receber dispositivos de digitalização de coordenadas, sendo conectados a computadores; iniciou-se a

chamada "Fotogrametria Assistida por Computador".

Além destes termos, o advento da tecnologia de imageamento de vídeo, de dispositivos de digitalização e de câmeras digitais, têm permitido a coleta de dados para fotogrametria de modo semelhante à coleta de imagens de satélite, mas com finalidades bem diferentes, por exemplo, aplicações industriais. Este novo ramo da fotogrametria tem recebido várias denominações: videogrametria, videometria, fotogrametria eletrônica, fotogrametria digital, fotogrametria em tempo real, entre outros. Entretanto, estes termos podem perfeitamente ser abrangidos pela definição geral de fotogrametria; apenas considerando que os dados são coletados eletronicamente e convertidos em uma representação digital, a imagem.

Imagem 1: Representação de linha do tempo da evolução da fotogrametria



Fonte: Schenk, Toni (2002)

Com o avanço através da tecnologia e o uso de câmeras digitais e o desenvolvimento de hardwares, permitiram a criação de scanners e automação dos processos, reconstituição por computador câmeras digitais e scanners, o que atualmente permitem que celulares valham-se dessa tecnologia em nossos bolsos atualmente há uma gama de softwares de áreas diferentes valendo-se de arquivos gerados pelas possibilidades de escaneamento 3d dessa maneira quais seriam os impactos tecnologias no universo do design assim, a possibilidade de gerar automaticamente um modelo 3D de qualquer tipo de fotografia digital, seja por tablets ou smartphones, de forma gratuita, parece ser extremamente significativa. A pergunta mais óbvia vem à tona: o modelo 3D é realmente preciso?

Para que se possa definir a viabilidade e certificar a precisão e gratuidade dos aplicativos de escaneamento 3D, há a necessidade de seguir princípios de fotogrametria preestabelecidos e analisar as tecnologias presentes, além de analisar minuciosamente aspectos qualitativos e funcionais dos APPs, a partir da identificação e dos disponíveis no mercado, comparando-os aos equipamentos de escaneamentos 3D profissionais do mercado.

## 1.2. Possibilidades dos APPs gratuitos de escaneamento 3D

A possibilidade de gerar automaticamente um modelo 3D de qualquer tipo de fotografia digital, seja por tablets ou smartphones, de forma gratuita, passa a ser extremamente significativa. Seria o modelo 3D realmente preciso? Quais os limites e tolerâncias desses aplicativos das medidas reais nos modelos gerados? Estes aplicativos de escaneamento 3D são de fato gratuitos e viáveis para sua aplicação no desenvolvimento de projetos e redesign de produtos? Em Abril de 2011, a empresa Autodesk permitiu o acesso gratuito a um conjunto de softwares ligados à modelagem de modelos virtuais 3D.

Dentre eles, apresentava-se o 123d CATCH, capaz de criar modelos matemáticos através de fotografias tiradas pelo usuário de objetos reais. Após o lançamento do aplicativo, outros seguiram, ampliando a possibilidade de geração e uso de modelos 3D. Esses softwares eram baseados em fotogrametria.

Com isso, passou a ser possível “capturar” objetos reais, amigos, esculturas, edifícios ou qualquer outra coisa que você possa fotografar. Transformá-los automaticamente em modelos 3D interativos que podem ser impressos ou compartilhados com amigos, família, e uma crescente comunidade de fotógrafos 3D.

## 2. METODOLOGIA

Este estudo adota uma abordagem mista, qualitativa e quantitativa, para examinar características e desempenho de softwares e aplicativos gratuitos de escaneamento 3D. A metodologia segue um delineamento de levantamento correlacional, visando investigar e comparar os aplicativos disponíveis, para entender suas funcionalidades e limitações. Os objetivos principais são avaliar a eficácia dos aplicativos gratuitos para o desenvolvimento de produtos e identificar os melhores disponíveis no mercado. Para tal, o trabalho apresenta ao final um breve experimento prático simulando uma situação de desenvolvimento de produto físico.

A metodologia empregada compreende três abordagens principais:

**Pesquisa de Levantamento (Survey Research):** Utiliza questionários, entrevistas e avaliações de usuários para coletar dados sistemáticos, entendendo as opiniões dos usuários e as funcionalidades oferecidas pelos aplicativos. (FOWLER, 2014)

**Análise Comparativa:** Avalia e compara diferentes aplicativos com base em critérios como funcionalidades, tecnologias utilizadas e desempenho geral. (GEORGE; BENNETT, 2005)

**Análise Paramétrica:** Utiliza parâmetros específicos e métricas para comparar os aplicativos de maneira objetiva, permitindo a classificação e ranqueamento com base em desempenho quantitativo. (MONTGOMERY, 2017).

O estudo segue as seguintes etapas:

1. Levantamento e Seleção: Identifica aplicativos de escaneamento 3D nas lojas Apple Store e Play Store.
2. Análise das Funções: Avalia funcionalidades básicas e avançadas, incluindo exportação, importação e processamento de imagens.
3. Comparação de Tecnologias: Compara LIDAR e fotogrametria quanto à precisão e aplicação.
4. Avaliação dos Usuários: Coleta e analisa avaliações e notas fornecidas pelos usuários.
5. Investigação de Diferenciais Gratuitos: Analisa características de otimização e diferenciais

- nas versões gratuitas.
6. Análise de Modelos de Negócios: Estuda compras internas e valores associados às funcionalidades adicionais.
  7. Estudo das Funções Pagas: Avalia funcionalidades exclusivas das versões pagas.
  8. Avaliação de Escaneamento Gratuito: Compara capacidades de escaneamento gratuitas e pagas.
  9. Recomendações: Identifica melhores práticas para escaneamento 3D eficaz.
  10. Entrega de Arquivos: Investiga métodos de entrega de arquivos e formatos suportados.
  11. Análise de Limitações: Identifica restrições impostas pelas versões gratuitas e pagas.
  12. Análise Paramétrica e Ranqueamento: Compara aplicativos com base em critérios paramétricos e desenvolve um modelo de ranqueamento.
  13. Experimento básico no design de produtos.

Os dados serão coletados a partir das análises de funcionalidades dos aplicativos, avaliações de usuários e testes de escaneamento. A tabulação e análise desses dados fornecerão uma visão compreensiva sobre as capacidades e limitações dos aplicativos gratuitos, permitindo elaborar recomendações e definir os melhores aplicativos para o desenvolvimento de produtos.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1. Aspectos qualitativos de um bom sensor e softwares

Para selecionar o sensor ideal, é essencial testar uma amostragem abrangente, avaliando a precisão, resolução, legibilidade, dimensões máximas e a quantidade de leituras possíveis. A compatibilidade com diversos formatos de exportação, como OBJ, USDZ, GLTF, GLB, FBX, DAE, STL, XYZ, PLY, PTS, LAS, E57 e PCD, é crucial para garantir a flexibilidade e a integração dos arquivos gerados com uma ampla gama de ferramentas de design e engenharia.

Além disso, a compatibilidade multiplataforma é um fator determinante para a aplicação e manejo dos arquivos. A seguir, estão agrupados os softwares de design pelos formatos de arquivo que utilizam:

- **OBJ e FBX:** AutoCAD, Revit, Microstation, Autodesk Inventor, Maya, 3DMax, Vectorworks, Cinema 4D, Unity, Unreal Engine, Spark AR, SnapLensStudio
- **OBJ e DAE:** SketchUp, Archicad, Photoshop
- **OBJ e GLB:** Blender, Unity, Unreal Engine, Spark AR, SnapLensStudio
- **OBJ, DAE e STL:** CloudCompare, Meshlab
- **OBJ, PLY, STL e FBX:** CloudCompare
- **OBJ, FBX, LAS, PTS, E57 e XYZ:** Vectorworks
- **LAS e XYZ:** Recap
- **FBX e Point Cloud Files:** AutoCAD, Revit
- **GLTF:** Cinema 4D

Para tanto o sensor e o software ideais para o escaneamento 3D, é crucial considerar a precisão, resolução e a capacidade de lidar com diferentes dimensões e volumes. A diversidade de formatos de exportação, também é vital, pois assegura compatibilidade com uma ampla gama de ferramentas de design. A escolha deve focar em sistemas que não apenas ofereçam alta qualidade de captura, mas também garantem integração eficiente com plataformas e softwares variados, otimizando assim a aplicação e a utilidade dos modelos 3D gerados.

### 3.2. Identificar aplicativos

Para identificar e avaliar os aplicativos de escaneamento 3D disponíveis no mercado, foi realizada uma seleção e análise extensiva dos aplicativos encontrados nas lojas Apple Store e Play Store. O objetivo foi abranger a maior variedade possível de opções disponíveis para os usuários. Os critérios utilizados na seleção dos aplicativos foram os seguintes:

1. **Gratuidade:** Consideramos apenas aplicativos que oferecessem opções gratuitas, permitindo o acesso inicial sem custos.
2. **Disponibilidade em Multiplataformas:** Incluímos aplicativos disponíveis tanto na Apple Store quanto na Play Store, garantindo uma cobertura abrangente para diferentes sistemas operacionais.
3. **Compras e Valores Dentro dos Aplicativos:** Avaliamos a presença de compras dentro do aplicativo e a estrutura de preços, para entender os custos adicionais que podem ser necessários para desbloquear funcionalidades avançadas.
4. **Avaliação dos Usuários e Notas:** Analisamos as avaliações e as notas atribuídas pelos usuários, fornecendo uma visão sobre a satisfação e a confiabilidade dos aplicativos.
5. **Experiência do Usuário:** Consideramos a análise da experiência do usuário, incluindo a facilidade de uso, a qualidade da interface e o suporte disponível, para garantir que os aplicativos oferecem uma boa experiência geral.

Após o levantamento dos aplicativos disponíveis nas lojas Apple Store e Play Store, foram identificados 13 aplicativos relevantes para análise: ARitize360, Widar, Polycam, SCANN3D, Scanner 3D Qlone, 3d Pro Box, 3DScanner, Kiri Engine, Scanner 3D Qlone (iOS), 3d Scanner app tm, Scaniverse - 3D Scanner, Scandy Pro e Metascan - 3D Scanner.

### 3.3. Análise das funções dos aplicativos

Estes aplicativos foram avaliados com base na gratuidade do download e na presença de compras dentro do aplicativo. Essa abordagem garantiu uma visão abrangente das opções disponíveis no mercado, permitindo também uma comparação detalhada e fundamentada dos aplicativos de escaneamento 3D.

Tabela 1: Primeira análise de apps

APP	Download Gratuito	Compras dentro do APP	Plataforma
ARitize360	Sim	Sim	Android/ios
Widar	Sim	Sim	Android/ios
Polycam	Sim	Sim	Android/ios
SCANN3D	Sim	Sim	Android
Scanner 3D Qlone	Não	Não	Android

APP	Download Gratuito	Compras dentro do APP	Plataforma
<b>3d Pro Box</b>	Sim	Sim	Android/ios
<b>3DScanner</b>	Sim	Sim	Android
<b>Kiri Engine</b>	Sim	Sim	Android/ios
<b>Scanner 3d Qlone</b>	Sim	Sim	ios
<b>3d Scanner app tm</b>	Sim	Não	ios
<b>Scaniverse- 3d scanner</b>	Sim	Não	ios
<b>Scandy Pro</b>	Sim	Sim	ios
<b>Metascan - 3d Scanner</b>	Sim	Sim	ios

Fonte: Do autor.

Observou-se uma ampla oferta de aplicativos com download gratuito em ambas as plataformas, mas muitos exigem pagamentos adicionais para plena utilização. Alguns aplicativos adotam diferentes mecanismos de cobrança, como download pago ou compras dentro do aplicativo, e foram considerados apenas os aplicativos com download gratuito, excluindo aqueles com cobrança inicial.

A análise revelou as funções básicas e avançadas oferecidas gratuitamente por cada aplicativo, as avaliações dos usuários e os comparativos de valores. O benchmark dos aplicativos permitiu a categorização dos dados que definem funções essenciais para um aplicativo de escaneamento 3D.

Estes parâmetros são fundamentais para garantir uma experiência de usuário satisfatória, definindo as expectativas para um uso gratuito e eficiente dos scanners 3D. sendo estes parâmetros estão definidos por:

- a) **Login** - Característica comum na maioria dos aplicativos e forma de manter os dados do usuário salvo para futuros logins em diferentes dispositivos.
- b) **Escanear** - Característica fundamental esperada em um aplicativo, aplicativo de escaneamento 3D.
- c) **Exportar** - Característica necessária e esperada como forma de utilizar-se os resultados obtidos para aplicações práticas.
- d) **Lidar** - Característico tecnológico presente em aplicativos que suportam a tecnologia.

Tabela 2: Funções básicas dos apps

APP	Login	Escanear	Exportar	LIDAR(ios)
<b>ARitize360</b>	Sim	Sim	Sim	Não

APP	Login	Escanear	Exportar	LIDAR(ios)
<b>Widar</b>	Sim	Sim	Não	Sim
<b>Polycam</b>	Sim	Sim	Sim	Sim
<b>SCANN3D</b>	Sim	Sim	Sim	Não
<b>Scanner 3D Qlone (Android)</b>	-	-	-	-
<b>3d Pro Box</b>	Sim	Sim	Sim	Não
<b>3DScanner</b>	Sim	Sim	Sim	Não
<b>Kiri Engine</b>	Sim	Sim	Sim	-
<b>3d Scanner app tm</b>	Sim	Sim	Sim	Sim
<b>Scaniverse- 3d scanner</b>	Sim	Sim	Sim	Sim
<b>Scanner 3d Qlone</b>	Sim	Sim	Sim	Sim
<b>Scandy Pro</b>	Sim	Sim	Sim	Sim
<b>Metascan - 3d Scanner</b>	Sim	Sim	Sim	Sim

Fonte: Do autor.

Ao analisarmos os aplicativos atualmente disponíveis no mercado com download gratuito, apesar de suas características particulares em pagamentos dentro do aplicativo ou funções presentes dentro do aplicativo, é notável que há uma disparidade na oferta por plataforma IOS, Android e Aplicativos compartilhados. Isso se dá principalmente pela tecnologia LIDAR presente no IOS a partir do 13Pro/Ipad Pro, o que incentiva tanto a procura desses aparelhos pela tecnologia, quanto facilita o desenvolvimento de aplicativos para essa plataforma. O que gera um resultado de 10 aplicativos disponíveis a plataforma IOS e 8 a plataforma Android, sendo que em plataformas android há somente a tecnologia de Fotogrametria disponível, já no IOS Lidar e Fotogrametria.



### 3.4. Tecnologia LIDAR X Fotogrametria

Como diz Tommaselli (2003), o sistema LiDAR (Light Detection And Ranging) mede a distância através do tempo de retorno do pulso laser (Time of Flight). Sendo assim, neste sistema de varredura, o instrumento emite milhares de pulsos laser por segundo, normalmente de luz infravermelha. A partir destes dados é possível calcular as coordenadas cartesianas 3D dos pontos medidos e sua resposta espectral, que pode ser usada para criar uma imagem semelhante à visível. O resultado final do processo de medição e processamento é uma nuvem de pontos. Sendo assim os sistemas de varredura a laser são resultado do aprimoramento sucessivo das técnicas de captação de imagens 3D, mas com maior velocidade de coleta e recursos de automação mais avançados. A qual se diferencia da técnica mais amplamente estabelecida, a fotogrametria, que será desenvolvida a partir da sobreposição múltiplas fotos do objeto pretendido.

Entretanto, apesar de técnicas distintas, Tommaselli continua em Um Estudo sobre as Técnicas de Varredura a Laser e Fotogrametria para Levantamentos 3d a curta Distância, que ambas técnicas, Fotogrametria e Varredura a Laser, são técnicas com mesmo objetivo: medir coordenadas 3D de pontos remotos, sem tocá-los. Além disso, HASHEMI & ANDERSON agregam ao apresentarem que estas técnicas não serão necessariamente subtrativas da necessidades da outra, uma vez que, A alternativa mais atrativa para emprego das tecnologias laser e fotogramétrica, é a combinação de ambas, num processo cooperativo, o que já vem sendo desenvolvido operacionalmente (HASHEMI & ANDERSON, 2001).

Apesar de citado e considerado como tecnologia implementada nos aplicativos, a tecnologia LIDAR presente no IOS a partir do 13Pro/Ipad Pro ficou fora de nosso estudo por não conseguirmos ter acesso a tecnologia durante a pesquisa.

### 3.5. Avaliação dos usuários

Outro critério fundamental para a avaliação de sistemas e aplicativos a ser levada em conta é a avaliação dos usuários e as notas que dão aos aplicativos, nesse critério pode-se observar tanto a satisfação dos usuários quanto às funcionalidades, características, acessibilidade e uso dos scanners, bem como ver a satisfação quanto a gratuidade e/ou ao pagamento das características não gratuitas dentro dos aplicativos.

Dessa maneira podemos obter uma análise média das experiências e características dentro dos aplicativos, além de ser possível analisar através das Quantidades de Downloads, Quantidade de Avaliação e Notas obtidas, um ranqueamento dos usuários para os aplicativos. Mas será que um aplicativo, melhor ranqueado pelos usuários, é realmente o que traz maiores benefícios gratuitos? O que melhor apresenta características e resultado de escaneamento? Esta tabela pode servir de comparação entre a avaliação de usuário VS aplicativos gratuitos obtidos através desse estudo. Além disso, aplicativos com menos downloads e menos conhecidos podem ainda estar em desenvolvimento e apresentar melhores características que outros aplicativos já estabelecidos e com uma nota definida.

Tabela 3: Avaliação de usuários dentro da loja

App	Qtd. downloads	Qtd avaliações	Notas
ARitize360	+5mil	-	-
Widar	+100mil	2.0mil	4.5
Polycam	+1milhão	4.29mil	4.5
SCANN3D	+1milhão	6.16mil	2.1
Scanner 3D Qlone	+1mil	145	2.8
3d Pro Box	+10mil	149	2.1
3DScanner	+10mil	49	2.8
Kiri Engine	+100mil	754	3.0
Polycam- Lidar & 3d	-	737	4.8
3d Scanner app tm	-	479	4.5
Scaniverse- 3d scanner	-	134	4.9
Scanner 3d Qlone	-	121	4.1
Scandy Pro	-	106	4.5
Metascan - 3d Scanner	-	23	4.6

Fonte: Do autor.

A avaliação dos usuários e as notas atribuídas aos aplicativos são cruciais para entender a satisfação com as funcionalidades e a acessibilidade dos scanners 3D. Embora aplicativos com altas classificações e muitos downloads possam indicar popularidade e aceitação, eles nem sempre são os que oferecem os melhores benefícios gratuitos ou as melhores características de escaneamento. A análise comparativa das avaliações e do número de downloads pode revelar diferenças significativas entre a percepção do usuário e as funcionalidades reais, sugerindo que aplicativos menos conhecidos e em desenvolvimento também podem oferecer vantagens notáveis.

### 3.6. Otimização e diferenciais gratuitos

Diante da alta oferta e concorrência no mercado de aplicativos, muitos buscam se diferenciar, mas geralmente seguem comportamentos similares, com características parecidas ao descontinuado 123D CATCH da Autodesk. Embora todos apresentem as funções básicas necessárias para escaneamento, muitos impõem restrições no uso gratuito. Por isso, foram catalogadas e analisadas essas limitações, destacando-se as otimizações e diferenciais gratuitos, os valores e as funções pagas, juntamente com um levantamento dos scanners 3D e valores de

mercado. os softwares se diferenciam ao permitir a importação de arquivos de imagens externas com qualidade superior à das câmeras dos dispositivos, incluindo imagens capturadas por drones e outros dispositivos preferidos pelos usuários.

Oferecer ferramentas avançadas para edição de arquivos, pré-tratamento e preparação para exportação. O site da plataforma atua como um canal de divulgação e repositório de dados e conteúdos relevantes, incluindo blogs e artigos que mantêm os usuários informados sobre novos limites e possibilidades da tecnologia e do software. O suporte à comunidade é uma prioridade, fornecendo assistência com erros, bugs e promovendo o desenvolvimento coletivo da ferramenta. Adicionalmente, o software apresenta características exclusivas e diferenciadas no mercado, destacando-se na área tecnológica.

Outro aspecto relevante a ser considerado são as funcionalidades específicas e a conectividade que alguns aplicativos oferecem, criando um ambiente mais integrado para os usuários que necessitam de ferramentas adicionais, como edição de arquivos, tutoriais guiados e conectividade com outras plataformas e serviços. Abaixo, podemos observar como cada aplicativo se destaca nesses quesitos.

Tabela 4: Diferenciais gratuitos 1

APP	Importar arquivos de imagem externos	Editar Arquivos	Guias/ Tutoriais	Site
ARitize360	Não	Não	Sim	Sim
Widar	Não	Sim	Sim	Sim
Polycam	Sim	Sim	Sim	Sim
SCANN3D	Não	Não	Sim	Não
Scanner 3D Qlone (Android)	-	-	-	-
3d Pro Box	Sim	Sim	Sim	Sim
3DScanner	Não	Não	Sim	Sim
Kiri Engine	Sim	Sim	Sim	Sim
3d Scanner app tm	Não	Sim	Sim	Sim
Scaniverse- 3d scanner	Não	Sim	Sim	Sim
Scanner 3d Qlone	Não	Sim	Sim	Sim
Scandy Pro	Não	Sim	Sim	Sim
Metascan - 3d Scanner	Não	Sim	Sim	Sim

Fonte: Do autor.

Além das funções mencionadas, é importante destacar como cada aplicativo aborda o suporte à comunidade e a disponibilização de conteúdo educacional, como blogs e artigos, que são essenciais para a atualização constante dos usuários sobre novos limites e possibilidades da tecnologia de escaneamento 3D. Essas características não só ampliam a usabilidade dos aplicativos, mas também fortalecem a fidelização dos usuários ao oferecer um ecossistema completo e de apoio contínuo.

Tabela 5: Diferenciais gratuitos 2

App	Blog/Artigos	Suporte a comunidade	Outros
ARitize360	Sim	Sim	Boa conectividade com serviços para designers, AI, CAD, e arquitetos
Widar	Sim	Sim	-
Polycam	Sim	Sim	Upload de imagens online
SCANN3D	Não	Não	-
Scanner 3D Qlone	Sim	Sim	-
3d Pro Box	Sim	Sim	Compartilhamento de arquivos na comunidade
3DScanner	Não	Sim	-
Kiri Engine	Sim	Sim	Ferramenta web para upload de imagens e missões para liberar mais exportações
3d Scanner app tm	Não	Sim	FAQ detalhado sobre uso da ferramenta e seus formatos
Scaniverse-3d scanner	Sim	Sim	Edição de arquivos, visualizações em vídeo, e conectividade direta com o Sketchfab
Scanner 3d Qlone	Sim	Sim	Tapete de malha para escaneamento impresso, para auxiliar no escaneamento
Scandy Pro	Sim	Sim	Edição e modificação de arquivos, ajustes de resolução para cada tipo de escaneamento
Metascan - 3d Scanner	Não	Sim	dição de arquivos, captura online, compartilhamento e exportação em HD, escaneamento LIDAR ilimitado

Fonte: Do autor.

Em suma, a análise dos aplicativos revela que, além de suas funcionalidades básicas, o suporte à comunidade e a disponibilização de conteúdo educacional são fatores cruciais para a valorização e o aprimoramento contínuo da experiência do usuário. A diversidade nas abordagens desses recursos demonstra como cada aplicativo se empenha em criar um ecossistema robusto

que não apenas atende às necessidades tecnológicas, mas também fomenta um ambiente de aprendizado e engajamento. Esses elementos são determinantes para a escolha do usuário e para a fidelização a longo prazo.

### 3.7. Compra e valores dentro de aplicativo

A este ponto as características gerais que caracterizam as funções de um scanner 3d de aplicativo, as percepções das avaliações dos usuários, além de notar-se as estratégias dos aplicativos ao oferecer downloads gratuitos e compras dentro do aplicativo, assim como os principais atrativos gratuitos que ofertam.

Nesse contexto, quais são os valores de assinatura ou compra de cada aplicativo em comparação aos scanners profissionais e estabelecidos no mercado? Quais são as funcionalidades principais desbloqueadas em comparação com a sua utilização gratuita? Será que realmente algum aplicativo consegue funcionar totalmente de maneira gratuita?

Os aplicativos analisados demonstram uma versatilidade significativa em seus modelos de negócios, abrangendo assinaturas semanais, mensais e anuais, cada uma com diferentes níveis de serviço (Pro, Team e Business). Além disso, oferecem descontos estudantis, opções sob demanda e a possibilidade de compra única de créditos. Essa diversidade permite que os usuários ajustem suas escolhas às suas necessidades financeiras e de uso, bem como às funcionalidades desejadas.

A presença de planos empresariais sob demanda e descontos para estudantes amplia a atratividade e flexibilidade dos serviços oferecidos. Os valores médios das assinaturas variam: semanalmente entre 10 e 14 reais, mensalmente de 25 a 195 reais, e anualmente de 250 a 1950 reais, enquanto os descontos estudantis podem alcançar até 50%. As opções sob demanda exigem consulta direta com a empresa responsável pelo aplicativo.

### 3.8. Funções Pagas dos Aplicativos

Embora muitos aplicativos de escaneamento 3D sejam oferecidos gratuitamente para download, suas funcionalidades completas frequentemente dependem de compras internas. Essas compras desbloqueiam características adicionais, como exportações ilimitadas, formatos variados, importação de imagens externas e maior número de fotos por escaneamento.

Por exemplo, o ARitize360 permite exportações ilimitadas e oferece uma nuvem para armazenamento e uma plataforma web para otimização de modelos, enquanto o Widar suporta diversos formatos e captura em 4K, com URLs compartilháveis sem marca d'água. A Polycam oferece até 150 capturas de objetos por mês e suporta múltiplos formatos, enquanto o SCANN3D e o 3D Pro Box limitam exportações mensais de acordo com o pacote escolhido, variando entre 20 e 50 modelos.

Aplicativos como o Kiri Engine e o Metascan - 3D Scanner também têm limitações nas exportações, mas oferecem suporte a múltiplos formatos e funções adicionais, como vídeos de exportação em 4K e tempo reduzido de processamento.

A capacidade de escaneamento e a eficiência dos aplicativos gratuitos são, portanto, substancialmente ampliadas quando se opta por serviços pagos, evidenciando as limitações das versões gratuitas e a importância das funcionalidades avançadas oferecidas pelas versões pagas para uma experiência mais completa e eficiente no escaneamento 3D.

### 3.9. Análise do Escaneamento Gratuito

Após identificar e categorizar os aplicativos, bem como analisar suas funções pagas e

gratuitas, foram realizados testes para entender a oferta gratuita de cada app e avaliar as recomendações para um bom escaneamento. As principais características analisadas foram:

- **Formatos de Arquivo:** Tipos de arquivos exportáveis gratuitamente.
- **Média de Fotos:** Quantidade de fotos e/ou tempo de vídeo disponível para escaneamento gratuito.
- **Funções:** Outras características e funções disponíveis gratuitamente.

Observou-se que alguns aplicativos, como ARitize360 e SCANN3D, não permitem exportações gratuitas, restringindo o acesso a formatos desejados. Em contraste, o Polycam e o 3D Pro Box oferecem suporte a diversos formatos, facilitando a exportação dos arquivos.

A média de fotos permitidas para escaneamento gratuito varia: o Widar permite entre 60 e 200 fotos, o Kiri Engine permite até 70 fotos, enquanto o 3D Scanner app tm e o Scaniverse - 3D Scanner oferecem opções para capturas mais extensas, incluindo vídeos e ajustes avançados.

As funções adicionais gratuitas também diferem entre os aplicativos. O ARitize360 destaca-se pela captura via vídeo e upload para processamento. O Widar oferece escaneamento, edição e criação de colagens. O Polycam é notável pela interface intuitiva e recursos avançados, como medição e criação de vídeos.

Alguns aplicativos enfrentam desafios: o SCANN3D frequentemente falha na renderização, o 3D Pro Box inicia o pós-processamento apenas após atingir o número máximo de fotos, e o 3DScanner não suporta importação de imagens externas. O Kiri Engine se destaca pela flexibilidade nas configurações, e o 3D Scanner app tm e Scaniverse - 3D Scanner são elogiados por suas inovações e didática no processo de escaneamento.

O Scanner 3D Qlone não pôde ser testado adequadamente devido à falta de funcionalidade do Grid, o Scandy Pro é eficiente e fácil de usar com opções para ajustar a resolução, e o Metascan - 3D Scanner é apreciado pela simplicidade e eficácia, oferecendo um tutorial útil.

Esses testes mostram que as versões gratuitas dos aplicativos frequentemente têm limitações significativas, com funcionalidades avançadas e maior eficiência geralmente disponíveis através de opções pagas.

### 3.10. Recomendações para Escaneamento

Para obter resultados de alta qualidade em escaneamento 3D, é fundamental seguir uma série de princípios e diretrizes, que envolvem tanto o material a ser escaneado quanto o ambiente em que o escaneamento é realizado. De acordo com Gordon et al. (2001), um desafio comum para scanners, incluindo aqueles baseados em triangulação e lidar, é a refletância dos materiais. Se o sinal laser não for refletido adequadamente por um material, não será possível calcular as coordenadas desse ponto, o que compromete a qualidade do modelo 3D gerado.

As principais recomendações para um escaneamento eficaz incluem:

1. **Evitar Objetos Transparentes e Polidos:** Objetos com essas características podem interferir na captura precisa das superfícies, causando falhas na geração do modelo 3D.
2. **Evitar Objetos Refletivos:** Superfícies refletivas podem desviar o sinal do scanner, resultando em imagens incompletas ou distorcidas.
3. **Ambiente Bem Iluminado:** Um ambiente com boa iluminação e contraste é crucial para melhorar a qualidade do escaneamento. As condições de iluminação adequadas ajudam

a obter imagens claras e detalhadas.

4. **Sobreposição Mínima (Overlap):** Para garantir um escaneamento completo e preciso, é recomendável manter uma sobreposição de imagens de pelo menos 50% durante a captura do objeto. Isso assegura que todas as áreas sejam capturadas com precisão e que o modelo 3D final seja coeso.

Cada aplicativo oferece orientações específicas para melhorar o processo de escaneamento. Por exemplo, o ARitize360 fornece recomendações através de um tutorial inicial e no seu site oficial. O Widar sugere evitar objetos transparentes, refletivos e polidos, e recomenda um ambiente bem iluminado, capturando pelo menos 60 fotos do objeto de diferentes ângulos. O Polycam também destaca a importância de ambientes bem iluminados e sugere utilizar alta resolução para superfícies pequenas, com uma sobreposição mínima de 50% nas imagens.

O SCANN3D inclui um guia no aplicativo com recomendações sobre o ambiente e os objetos a serem escaneados. O 3D Pro Box oferece diversas orientações em seu blog, abordando tanto a utilização dos modelos gerados quanto as funcionalidades do aplicativo. O Kiri Engine, o 3D Scanner app tm, o Scaniverse - 3D Scanner, o Scandy Pro e o Metascan - 3D Scanner fornecem recomendações similares, enfatizando a importância de um ambiente bem iluminado e a evitação de objetos transparentes, refletivos e polidos. Além disso, o Kiri Engine disponibiliza orientações adicionais por meio de vídeos em seu canal no YouTube e blog.

Essas recomendações são essenciais para superar as limitações comuns dos scanners 3D e garantir que o modelo final seja preciso e de alta qualidade.

### 3.11. Entrega do Arquivo

A entrega do arquivo resultante do escaneamento 3D é uma etapa crucial, pois determina a eficácia com que o modelo pode ser utilizado. A forma como o arquivo é disponibilizado e as características do processo de entrega são, portanto, de grande importância. A seguir, descrevem-se as principais funções relacionadas à entrega de arquivos nos aplicativos analisados.

Em geral, os aplicativos oferecem diferentes métodos para a entrega do arquivo 3D, que incluem:

1. **Upload e Acesso:** Alguns aplicativos disponibilizam o arquivo diretamente dentro do aplicativo ou na plataforma web.

O ARitize360, por exemplo, envia um link para o email cadastrado e também disponibiliza o arquivo dentro do app, com um tempo de processamento que pode variar de 1 a 2 dias úteis. O Polycam disponibiliza o arquivo para acesso dentro do aplicativo após a captura das fotos, enquanto o 3D Pro Box oferece o arquivo pós-processado diretamente no aplicativo para exportação ou compartilhamento com a comunidade.

2. **Processamento e Tempo de Entrega:** O tempo de processamento pode variar entre os aplicativos.

O Widar, por exemplo, apresenta um tempo considerável tanto para o upload quanto para o processamento das imagens, notificando o usuário quando o processo é concluído. No caso do Kiri Engine e do Scaniverse - 3D Scanner, o processamento ocorre logo após a captura das fotos e o arquivo fica disponível dentro do app para exportação e edição. O Metascan - 3D Scanner realiza o processamento imediatamente após o escaneamento, gerando o modelo virtual pronto para exportação e compartilhamento.

3. **Problemas Técnicos:** Alguns aplicativos enfrentam dificuldades técnicas que afetam a entrega do arquivo.

O SCANN3D, por exemplo, frequentemente apresenta erros e não consegue renderizar as fotos tiradas, comprometendo a geração do modelo 3D. O 3DScanner também apresenta problemas ao abrir a tela de escaneamento e não permite importar arquivos corretamente. Já o Scanner 3D Qlone não fornece informações detalhadas sobre a entrega do arquivo.

4. **Funções Adicionais:** Alguns aplicativos oferecem funcionalidades adicionais na entrega do arquivo.

O Scaniverse - 3D Scanner permite selecionar a qualidade e o modo de pós-processamento do arquivo, tornando-o disponível para exportação, edição e gravação de vídeos. O Scandy Pro e o 3D Scanner app tm fornecem a geração virtual do modelo logo após o escaneamento, permitindo edição, modelagem e exportação imediata.

Essas características evidenciam a diversidade de métodos e tempos de processamento para a entrega de arquivos nos aplicativos de escaneamento 3D. A eficiência e a praticidade na entrega são fundamentais para garantir que os usuários possam utilizar os modelos 3D de forma eficaz e conforme suas necessidades.

### 3.12. Limitações dos aplicativos

Ao observarmos os dados obtidos com a identificação e análise dos aplicativos, é possível verificar que apesar da gratuidade oferecida pelos aplicativos, ainda há muitas limitações pagas dentro dos aplicativos, os quais permitem a monetização e desenvolvimento do aplicativo. Em linhas gerais as limitações dos aplicativos giram em torno de:

1. **Escanear** - Quantidade de escaneamentos ou o impedimento de escanear;
2. **Exportar/Compartilhar** - Quantidade de exportações/compartilhar ou impedimento por tempo;
3. **Formatos de arquivo** - Limitação de formatos ou liberar formatos diferentes;
4. **Quantidade/Modo de imagens de captação** - Quantidade de fotos por captura executada, qualidade na captura e processamento ou pós processamentos;
5. **Outras Funções específicas dos aplicativos** - Aplicações Web, salvamento em Nuvem, etc.

Mesmo com essas limitações, é possível usar os aplicativos gratuitamente. No entanto, é necessário categorizar e avaliar analiticamente e de forma paramétrica cada aplicativo e suas características para validar a viabilidade da tese.

### 3.13. Análise Paramétrica dos aplicativos

No contexto dos aplicativos gratuitos de escaneamento 3D analisados, foram considerados diversos princípios para definir os parâmetros de um bom scanner 3D gratuito. A análise incluiu a gratuidade de download, avaliações dos usuários, funcionalidades, ferramentas disponíveis, preços de compra e comparações com scanners profissionais. Muitos aplicativos oferecem funcionalidades restritas na versão gratuita.

O objetivo da análise foi organizar e apresentar um ranking dos aplicativos, além de



sintetizar os elementos relevantes para um estudante de Design que busca um software de escaneamento 3D verdadeiramente gratuito e funcional. Este ranking ajudará na seleção dos melhores aplicativos gratuitos para que, na segunda parte da pesquisa, seja possível avaliar os resultados reais gerados por esses aplicativos, comparando-os com modelos 3D STL e sua impressão em manufatura aditiva FDM (impressão 3D).

Os parâmetros selecionados para avaliação, com pesos que refletem a importância de cada item, foram compilados da seguinte forma:

1. **Download Gratuito (+1 ponto):** O aplicativo deve permitir o download sem custo.
2. **Disponível em Ambas as Lojas (+2 pontos):** O aplicativo deve estar disponível em ambas as principais lojas de aplicativos.
3. **Exportação Gratuita (+2 pontos):** O aplicativo deve permitir exportação de arquivos sem custo adicional.
4. **Diversidade em Formatos de Exportação (+1 ponto):** O aplicativo deve suportar uma variedade de formatos de exportação.
5. **Funcionamento Sem Compras Dentro do App (+2 pontos):** O aplicativo deve funcionar plenamente sem a necessidade de compras adicionais.
6. **Escaneamento Gratuito (+1 ponto):** A funcionalidade de escaneamento deve estar disponível sem custos.
7. **Importação de Arquivos de Imagem (+1 ponto):** O aplicativo deve permitir a importação de arquivos de imagem externos.
8. **Presença de Site (+1 ponto):** O aplicativo deve ter um site oficial.
9. **Edição de Arquivos (+1 ponto):** O aplicativo deve oferecer ferramentas para edição de arquivos escaneados.
10. **Guias/Tutoriais (+1 ponto):** O aplicativo deve fornecer guias ou tutoriais para ajudar no uso.
11. **Suporte à Comunidade (+1 ponto):** O aplicativo deve oferecer suporte ou interação com a comunidade de usuários.
12. **Blogs/Artigos (+1 ponto):** O aplicativo deve ter artigos ou blogs relacionados à sua funcionalidade.

A tabela abaixo apresenta a pontuação dos aplicativos de acordo com esses critérios:

Tabela 6: Pontuação dos aplicativos

Aplicativos	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l
ARitize360	+1	+2	+2	0	+2	+1	0	+1	0	+1	+1	+1
Widar	+1	+2	0	0	0	+1	0	+1	+1	+1	+1	+1
Polycam	+1	+2	+2	0	+2	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1

Aplicativos	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l
SCANN3D	+1	0	0	0	0	+1	+1	0	0	+1	0	0
Scanner 3D Qlone (An	0	+2	0	0	0	+1	0	0	0	0	+1	+1
3d Pro Box	+1	+2	+2	+1	+2	+1	0	+1	+1	+1	+1	+1
3DScanner	+1	0	+2	0	+2	+1	0	+1	0	+1	+1	0
Kiri Engine	+1	+2	+2	+1	+2	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1
3d Scanner app tm	+1	0	+2	+1	+2	+1	0	+1	+1	+1	+1	0
Scaniverse- 3d scanner	+1	0	+2	+1	+2	+1	0	+1	+1	+1	+1	+1
Scanner 3d Qlone (IOS)	+1	+2	0	0	0	+1	0	+1	+1	+1	+1	+1
Scandy Pro	+1	0	+2	+1	+2	+1	0	+1	+1	+1	+1	+1
Metascan - 3d Scanner	+1	0	+2	0	+2	+1	0	+1	+1	+1	+1	0

Fonte: Do autor.

### 3.14. Ranqueamento de Aplicativos Gratuitos

Do resultado final obtido através da pontuação na tabela de parâmetros, podemos notar diversos movimentos e padrões acontecendo, existem elementos que apresentam pontos fortes em uma ou outras características ou elementos, além de algumas disparidades entre alguns desses aplicativos, pontuando muito mais que os outros.

A fim de poder deixar de mais fácil entendimento e visual a pontuação final dos aplicativos analisados, o ranking destaca os aplicativos que apresentam o uso mais gratuito possível, selecionados também para a próxima fase do experimento.

Tabela 7: Ranqueamento de aplicativos

Aplicativo	Ranking	Pontuação
3D Pro Box	1º	15 pontos
Kiri	1º	15 pontos
Polycam	2º	14 pontos
ARitize360	3º	12 pontos

Aplicativo	Ranking	Pontuação
Scaniverse- 3d scanner	3º	12 pontos
Scandy Pro	3º	12 pontos
3d Scanner app tm	4º	11 pontos
Metascan - 3d Scanner	5º	10 pontos
Widar	6º	9 pontos
3DScanner	6º	9 pontos
Scanner 3d Qlone (IOS)	6º	9 pontos
Scanner 3D Qlone (Android)	7º	8 pontos
SCANN3D	8º	4 pontos

Fonte: Do autor.

### 3.15 Experimento no design de produtos

Com essa análise, percebe-se que os aplicativos Kiri e 3D Pro Box foram os únicos a cumprir todos os requisitos paramétricos estabelecidos, demonstrando significativos resultados quanto à viabilidade do uso de aplicativos gratuitos de escaneamento para transpor o mundo físico ao digital a partir de modelos 3D escaneados e virtualizados, além de sua eficácia no Design.

O experimento visou avaliar a eficácia e a aplicabilidade de aplicativos gratuitos de escaneamento 3D no design de produtos. Para isso, selecionamos o aplicativo Kiri Engine e realizamos testes com um objeto específico: o troféu CRITT, desenvolvido pela Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF) e o Centro Regional de Inovação e Transferência de Tecnologia (CRITT). O objetivo era verificar se os aplicativos realmente oferecem soluções gratuitas e de qualidade para escaneamento 3D e como se comportam na prática, comparando-os com o produto físico final e o produto em um software paramétrico.

O experimento seguiu as orientações dos aplicativos, criando um ambiente controlado com fundo e iluminação adequados para maximizar a qualidade do escaneamento. Inicialmente, o troféu CRITT foi colocado em um ambiente sem fundo e com contraste suficiente. Os testes foram realizados em três fases para avaliar o desempenho do Kiri Engine em diferentes condições.

Apesar de estar em primeiro no ranking, o 3DProBox não foi utilizado porque estava fora do ar para atualização, uma ocorrência comum no mercado de apps de escaneamento 3D devido às constantes melhorias e atualizações necessárias.

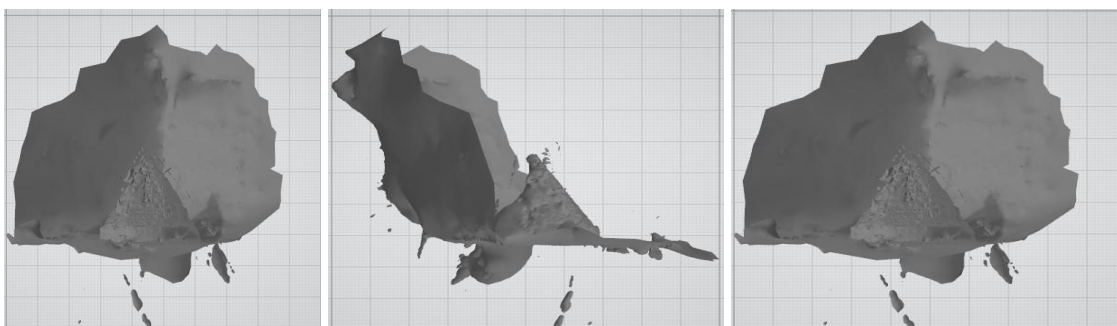
Imagem 2: Resultados teste 1



Fonte: Do autor

**Teste 1 - Kiri Engine** No primeiro teste, o troféu foi escaneado com um fundo sem contraste, resultando em problemas com o MESH do arquivo. A falta de contraste no fundo e a iluminação inadequada comprometeram a qualidade do escaneamento. O arquivo gerado apresentou falhas visuais significativas.

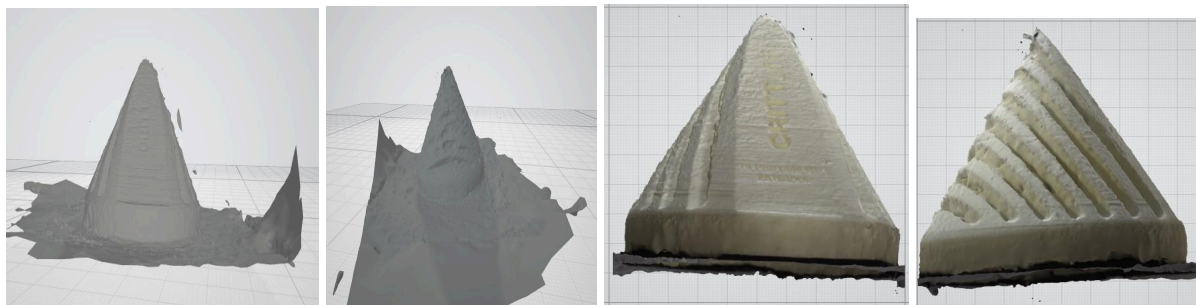
Imagem 3: Resultados teste 2



Fonte: Do autor

**Teste 2 - Kiri Engine** No segundo teste, o cenário foi ajustado com melhor controle de ambiente, iluminação aprimorada e um fundo com contraste mais adequado. Embora esses ajustes tenham melhorado a qualidade do escaneamento, ainda foram observados problemas relacionados à anexação do fundo de contraste ao arquivo. O arquivo gerado apresentou distorções visuais.

Imagem 4: Resultados teste 3

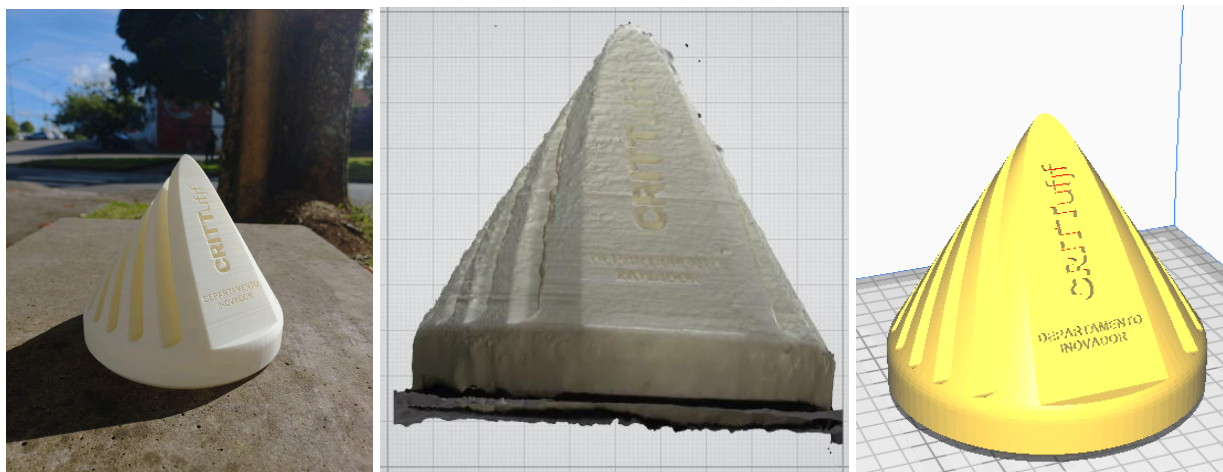


Fonte: Do autor

**Teste 3 - Kiri Engine** O terceiro teste envolveu a rotação manual do troféu ao redor do objeto, com um fundo fixo no chão. O novo ambiente, com melhor iluminação e fundo contrastante, resultou em uma melhora significativa na qualidade do escaneamento. O arquivo final foi gerado no formato OBJ e mostrou uma redução nos problemas de MESH, mas ainda necessitou de cortes e correções para remover artefatos indesejados.

Os testes indicaram que, embora o Kiri Engine seja uma ferramenta útil para escaneamento 3D, as versões gratuitas dos aplicativos frequentemente enfrentam desafios relacionados à qualidade do escaneamento e ao controle de ambiente. A iluminação e o fundo adequado são cruciais para obter resultados precisos. O aplicativo demonstrou melhorias com ajustes no ambiente de escaneamento, mas ainda exigiu intervenções manuais para correção dos arquivos gerados. Este estudo sublinha a importância de considerar tanto as limitações das versões gratuitas quanto a necessidade de ajustes adicionais para alcançar resultados satisfatórios no escaneamento 3D.

Imagem 5: Comparativo de Resultados



Fonte: Do autor

Além disso, percebe-se que, apesar de uma boa percepção volumétrica do produto escaneado, há uma diferença considerável em comparação ao controle proporcionado pelo software paramétrico, que possibilita melhor qualidade superficial, como observado em produtos impressos em 3D. Isso implica que, para a utilização dos objetos escaneados, é necessário um tratamento externo de malha e superfície para aplicação em produtos físicos. No entanto, o escaneamento 3D apresenta ótimos benefícios para a transposição de modelos físicos para o

digital, favorecendo sua visualização em 3D e o início de uma modelagem paramétrica. Dessa forma, os modelos escaneados servem como base para o desenvolvimento, facilitando a integração e a inovação no design de produtos.

#### 4. CONCLUSÃO

Desse modo, pode-se concluir que os avanços na área de escaneamento 3D a partir do desenvolvimento de aplicativos de escaneamento 3D, permitiram de fato que seria possível utilizar tecnologias de fotogrametria e potencialmente escaneamento laser nos bolsos dos usuários, que antes já foram associados a equipamentos caros e restritos. Com o atual cenário de grandes ofertas de aplicativos de escaneamento 3D, com possibilidades totalmente ou parcialmente gratuitas, apresentam possibilidades que o uso de scanners 3D no design será de grande impacto, permitindo também novas possibilidades entre os mundos físico e digital a partir de modelos 3D escaneados, virtualizados e compartilháveis.

Além disso, é importante destacar se e o que os aplicativos de escaneamento 3D substituem os custos de equipamentos profissionais de escaneamento 3D para o design, pois ainda há diversos limites e tolerâncias apresentados durante este estudo, uma vez que apesar de inovadores e extremamente funcionais estes aplicativos ainda apresentam falhas significativas e um longo processo de desenvolvimento e comparativo para chegar em scanner 3D profissional.

Então, em muitos casos cabe ao usuário, a depender da situação e propósito definir o que é um bom sensor da situação, além da comparação de necessidades tecnológicas e comprometimento orçamentário. Apesar disto, pode-se observar que a boa utilização de técnicas de fotogrametria mesmo aplicadas a aparelhos e hardwares considerados menos complexos, como os aparelhos smartphones, podem gerar resultados satisfatórios e de baixo custo. A exemplo disto os resultados dos levantamentos em benchmark dos aplicativos disponíveis no mercado, além do notável resultado em que se destacam os aplicativos Kiri e 3D Pro Box, como resultantes da pesquisa como os aplicativos com os requisitos e funções estabelecidos para a caracterização de um sistema gratuito de escaneamento 3D por imagens para o design de produtos.

#### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

3D scanner app. **3D scanner app**. 2024. Disponível em: <https://3dscannerapp.com/>. Acesso em: 29 maio. 2024.

3DProBox. **3DProBox**. 2024. Disponível em: <https://www.3dprobox.com/>. Acesso em: 29 maio. 2024.

App Store. **App Store**. 2024. Disponível em: <https://www.apple.com/br/app-store/>. Acesso em: 29 maio. 2024.

APPLE. **Apple anuncia novo iPad Pro com inovador scanner LiDAR e trackpad para uso com iPadOS**. 2020. Disponível em: <https://www.apple.com/br/newsroom/2020/03/apple-unveils-new-ipad-pro-with-lidar-scanner-and-trackpad-support-in-ipados/>. Acesso em: 29 maio. 2024.

DOYLE, F. J. **The historical development of analytical photogrammetry**. 1964. Disponível em: [https://www.asprs.org/wp-content/uploads/pers/1964journal/mar/1964\\_mar\\_259-265.pdf](https://www.asprs.org/wp-content/uploads/pers/1964journal/mar/1964_mar_259-265.pdf). Acesso em: 29 maio. 2024.

FARESIN, Emanuela. **Guida ala scelta dello scanner 3D**. 3DZ, Italy. 2000.

FOWLER, F. J. **Survey Research Methods**. 5. ed. Thousand Oaks: SAGE Publications, 2014.

- GEORGE, A. L.; BENNETT, A. **Case Studies and Theory Development in the Social Sciences**. Cambridge: MIT Press, 2005.
- Ghosh, Sanjib K. **History of photogrammetry**. 1988. Disponível em: [https://www.isprs.org/proceedings/xxix/congress/part6/311\\_xxix-part6.pdf](https://www.isprs.org/proceedings/xxix/congress/part6/311_xxix-part6.pdf). Acesso em: 29 maio. 2024.
- Google play. **Google play**. 2024. Disponível em: [https://play.google.com/store/games?hl=pt\\_BR&gl=US](https://play.google.com/store/games?hl=pt_BR&gl=US). Acesso em: 29 maio. 2024.
- James S. Aber, Irene Marzloff and Johannes B. Ries. **Small-Format Aerial Photography**. 2010. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/topics/agricultural-and-biological-sciences/photogrammetry>. Acesso em: 29 maio. 2024.
- Kiri Engine. **KIRI Engine: 3D scanner app for iPhone, Android and Web**. 2024. Disponível em: <https://www.kiriengine.app/>. Acesso em: 29 maio. 2024.
- MONTGOMERY, D. C. **Design and Analysis of Experiments**. 9. ed. Hoboken: Wiley, 2017.
- Nextech3D.Ai. **Nextech3D.Ai: Your 3D company**. 2024. Disponível em: <https://www.nextechar.com/>. Acesso em: 29 maio. 2024.
- Polycam. **Polycam - LiDAR & 3D Scanner for iPhone & Android**. 2024. Disponível em: <https://poly.cam/>. Acesso em: 29 maio. 2024.
- Qlone. **Qlone - the most user-friendly 3D scanning app**. 2024. Disponível em: <https://www.qlone.pro/>. Acesso em: 29 maio. 2024.
- Scandy Pro. **Scandy Pro - A full-color 3D scanner on your iPhone X**. Disponível em: <https://www.scandy.co/apps/scandy-pro>. Acesso em: 29 maio. 2024.
- Scaniverse. **Scaniverse - 3D scanner - LiDAR - Gaussian splatting - for iPhone and iPad**. Disponível em: <https://scaniverse.com/>. Acesso em: 29 maio. 2024.
- THOMPSON, E. H. **Review of the third edition of THE MANUAL OF PHOTOGRAMMETRY**. 1966. Disponível em: [https://www.asprs.org/wp-content/uploads/pers/1966journal/jul/1966\\_jul\\_595-602.pdf](https://www.asprs.org/wp-content/uploads/pers/1966journal/jul/1966_jul_595-602.pdf). Acesso em: 29 maio. 2024.
- Tommaselli, Antonio. **Um Estudo sobre as Técnicas de Varredura a Laser e Fotogrametria para Levantamentos 3d a curta Distância**. Geodésia On line. 2003. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/319203931\\_Um\\_Estudo\\_sobre\\_as\\_Tecnicas\\_de\\_Varredura\\_a\\_Laser\\_e\\_Fotogrametria\\_para\\_Levantamentos\\_3d\\_a\\_curta\\_Distancia](https://www.researchgate.net/publication/319203931_Um_Estudo_sobre_as_Tecnicas_de_Varredura_a_Laser_e_Fotogrametria_para_Levantamentos_3d_a_curta_Distancia). Acesso em: 29 maio. 2024.
- Tommaselli, Antonio M. G. **Fotogrametria Básica- introdução**. 2009. Disponível em: [http://www.faed.udesc.br/arquivos/id\\_submenu/891/introducao\\_a\\_fotogrametria.pdf](http://www.faed.udesc.br/arquivos/id_submenu/891/introducao_a_fotogrametria.pdf). Acesso em: 29 maio. 2024.
- Temba, Plínio. **Fundamentos da Fotogrametria. Departamento de Cartografia UFMG**. 2000. Disponível em: <http://csr.ufmg.br/geoprocessamento/publicacoes/fotogrametria.pdf>. Acesso em: 29 maio. 2024.
- WIDAR. **WIDAR**. 2024. Disponível em: <https://www.widar.io/>. Acesso em: 29 maio. 2024.