

## DESIGN DE EMBALAGEM DE ALIMENTOS FRESCOS COM O AUXÍLIO DE SIMULAÇÕES FÍSICAS EM AMBIENTE VIRTUAL

### *FRESH FOOD PACKAGE DESIGN AIDED BY PHYSICS 3D SIMULATIONS THROUGH INTERACTIVE VIRTUAL AMBIENTS*

Gilson Braviano<sup>1</sup>

Joe Wallace Cordeiro<sup>2</sup>

#### **Resumo**

Este trabalho tem por objetivo descrever o processo de desenvolvimento de Design de embalagem de alimento, por meio de visualizações interativas 3D e simulações de física dinâmica. Essas simulações foram desenvolvidas utilizando o software *Blender*<sup>®</sup>. O processo foi dividido em cinco etapas básicas: aquisição, análise dos dados, modelagem, simulação e detalhamento. Adicionalmente, apresenta-se o resultado de um produto desenvolvido utilizando este método. Os resultados mostram as vantagens e desvantagens na utilização de simulações dinâmicas em ambiente virtual. Conclui-se que é possível utilizar a simulação 3D, desde os estágios iniciais de um projeto de Design de embalagens de alimentos, em prol da redução de tempo e de custos de projeto, além da diminuição na utilização de materiais e protótipos físicos.

**Palavras-chave:** design de embalagens; simulação virtual; 3d; indústria 4.0.

#### **Abstract**

This paper describes the process of food packaging design development through interactive 3D visualizations and dynamic physics simulations. Those simulations were developed with the *Blender*<sup>®</sup> software. The process itself is divided in five basic steps: acquisition, data analysis, modeling, simulation and detailing. This paper also presents a product that is the result of the described process. By doing so, it shows the pros and cons of using dynamic simulations in a virtual environment. The paper demonstrates that it is possible to use 3D simulation from the early stages of a food packaging design project, reducing the use of physical materials and prototypes, as a way to decrease costs and save time.

**Keywords:** packaging design; virtual simulation; 3d; industry 4.0.

---

<sup>1</sup> Professor Doutor, UFSC – CCE - Programa de Pós-Graduação em Design, Florianópolis, SC, Brasil.  
gilson@cce.ufsc.br; ORCID: 0000-0002-7967-2015.

<sup>2</sup> Mestrando, UFSC – CCE - Programa de Pós-Graduação em Design, Florianópolis, SC, Brasil.  
joewallac@gmail.com; ORCID: 0000-0002-3726-5112.

## 1. Introdução

Nas últimas décadas, a evolução tecnológica proporcionou um avanço nas mais diversas áreas de consumo. Pode-se constatar esse fenômeno pela crescente utilização de embalagens que, de acordo com Negrão e Camargo (2008), são utilizadas em quase 70% dos produtos comercializados.

Conforme ABRE/FGV (2018), a produção de embalagens vem crescendo ao longo dos anos e tornando-se fundamental para a economia e, de acordo com Camilo (2017), o mercado global de embalagens produzidas possui uma estimativa de crescimento de 3,5% ao ano e pode chegar a 2020 em quase um trilhão de dólares. Com isso, surgem oportunidades para o Design e especificamente para o Design estrutural de embalagens.

O desenvolvimento dos projetos de embalagens torna-se então um dos desafios mercadológicos contemporâneos. No Design estrutural de embalagens de alimentos, em particular, o próprio produto orgânico oferece uma gama de complexidades referentes à sua natureza formal, passando pela sua estrutura e composição química, assim como pelos aspectos de degradação e conservação, os quais influenciam no tempo e custos de um projeto.

Uma forma de minimizar tais custos em um projeto, que envolva produtos desta natureza, é a utilização de métodos de digitalização tridimensional, cujo resultado fornece a cópia de um produto físico que pode ser incorporado ao projeto de embalagem, fornecendo dados como dimensão e volume que, por sua vez, podem auxiliar na otimização das ações de Design, contribuindo na decisão e assertividade dos resultados. Como fator secundário, o objeto gerado pode ser visualizado em conjunto com as alternativas geradas, contribuindo para a estética da apresentação.

A complexidade envolvida nos processos de desenvolvimento de embalagens alimentícias, alinhada com a biodiversidade, tanto ambiental quanto cultural do país, apresenta oportunidades para o desenvolvimento de uma ampla gama de embalagens.

Estamos vivendo uma nova revolução industrial, conhecida como indústria 4.0, que tem como fator importante a digitalização, a simulação e a interatividade. Conforme Camilo (2017), esta mudança relacionada à internet das coisas (*IOT*), apresenta a interconectividade aliada à simulação, virtualização e acesso remoto. Os projetos poderão ser otimizados por meio de simulação de suas cópias digitais em 3D.

De acordo com Brettel et al. (2014), a manufatura rápida, a digitalização, a simulação de produtos e de processos e a individualização da produção são uns dos aspectos da indústria 4.0 que podem potencializar as opções de Design. Através de sistemas com sensores e interfaces, os seres humanos e as máquinas podem interagir, em sistemas inteligentes de manufatura tanto físicos quanto cibernéticos.

O *Digital Twin*, ou gêmeo digital, incorpora um processo que visa replicar objetos e fenômenos da realidade em meios digitais, podendo ser utilizados para realizar simulações durante o ciclo de vida, permitindo a coleta de informações, melhorias nos processos e produtos, além de melhorar a produtividade por meio de prognósticos e diagnósticos inteligentes, conforme SCHROEDER (2018).

Ares, Parada, Vicente (2018) corroboram com essas afirmações quando afirmam que a agroindústria se tornou um dos setores mais comprometidos com esse processo, recebendo o nome de indústria de alimentos 4.0, como mostra a Figura 1.

Figura 1: Indústria de alimentos 4.0



Fonte: Ares, Parada, Vicente (2018)

Neste contexto, para simulações em ambientes virtuais, vêm sendo cada vez mais aprimoradas, técnicas e tecnologias propícias para a obtenção e exame de modelos 3D, seja por métodos tradicionais de coleta e análise de medidas, seja pela digitalização 3D, para serem incorporadas nas fases de projeto, simulação e visualização, diminuindo custos e o tempo de realização do projeto, além de proporcionar previsões sobre os impactos mercadológicos dos mesmos.

Conforme Freire (2013), este artigo tem o objetivo de propor, descrever e explicar procedimentos experimentais através de um estudo de caso de abordagem quantitativa tendo como ciência, teoria e prática e sendo sua finalidade do tipo aplicada.

Espera-se, com a apresentação deste estudo, por meio da descrição dos processos, contribuir com a inovação, divulgação e universalização do conhecimento de novos métodos para o projeto de Design de embalagens.

## 2. Simulação de Física em Ambiente Virtual

Manovich (2004) afirma que, com o auxílio dos computadores, é possível visualizar grandes conjuntos de dados criando visualizações dinâmicas e interativas aliadas aos variados métodos de estatística clássica. Esse fato acarretou o desenvolvimento de novos paradigmas científicos que possibilitam o estudo de fenômenos complexos, como a física e a biologia.

Conforme Abreu et al. (2013), existe muitas ferramentas de simulação e visualização, além de *Game Engines* como o *Unity*® e outros sistemas mais robustos, porém proprietários, caros e não extensíveis. A utilização do *Blender*® visou minimizar custos, porém mantendo a qualidade das simulações, além de possibilitar a expansão de funcionalidades, por meio da programação de scripts.

A biblioteca dinâmica integrada ao *Blender*® é a *Bullet Physics* que, de acordo com Coumans (2015), é um sistema profissional, de código aberto, para detecção de colisões, dinâmicas de corpos rígidos e flexíveis, utilizados em jogos, efeitos visuais e simulações

robóticas. Além de possibilitar soluções rápidas e estáveis, o sistema é utilizado para simulações contínuas e discretas em diferentes sistemas para consoles de jogos e softwares 3D proprietários como Maya® e Cinema 4D®.

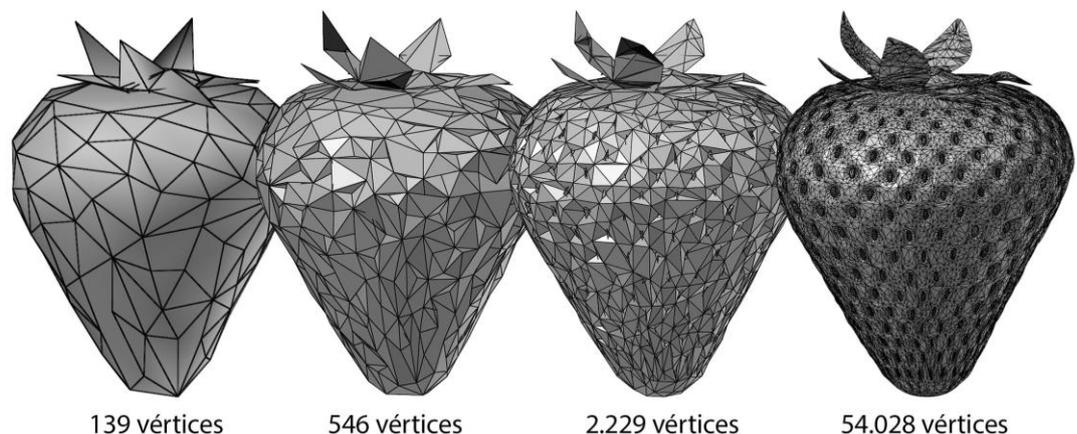
House e Keyser (2017) afirmam que animações fisicamente baseadas utilizam os princípios da física, mais especificamente da mecânica clássica e seus fenômenos por meio de simulações em computadores. São necessários dois componentes para executar as simulações físicas, um modelo e uma simulação, que são processadas através de algoritmos que simplificam fenômenos do mundo real, representados pelas leis de Newton e considerando aspectos como força, massa, inércia e velocidade.

### 2.1. O Objeto em 3D

Para que exista a possibilidade de interação entre os variados elementos de um projeto de Design estrutural de embalagens em ambientes virtuais, é preciso que alguns elementos sejam conhecidos e mensurados, dentre eles estão os produtos que deverão ser acondicionados, no caso os alimentos que no processo, passam a ter uma versão virtual de sua forma física, conhecido como objeto 3D.

De acordo com Bertin (1986), tratar os dados é simplificá-los sem destruí-los, é reduzir os dados de forma útil e pertinente. Através de interpretação, decisão e comunicação, a informação é a resposta a uma questão que revela suas relações internas e externas, referentes ao sistema adotado. Conforme Bertin (1986), para que o desempenho do sistema permaneça estável, é importante que os dados dos objetos, representados pela quantidade de elementos e de suas respectivas densidades de malha poligonal, sejam otimizados, porém sem perder a integridade estrutural, volumétrica e formal, conforme Figura 2.

Figura 2: Relação entre resolução e percepção do objeto



Fonte: Elaborado pelos autores

Conforme Chen et al. (2015), a engenharia reversa é um método que, a partir de objetos reais, se reconstrói e interpreta a ideia anterior a sua realização, no caso o objeto 3D. Esses processos dependem fortemente das condições dos modelos, como dimensões e materiais e levantamentos manuais utilizando-se equipamentos como trenas, paquímetros e fotografias.

Para Cunha (2014), os objetos de malha poligonal 3D, entre as várias maneiras de representação, proporcionam um meio eficaz de representar objetos complexos em meios de realidade virtual e de visualização científica. Com a finalidade de atingir alto grau de realismo, utilizam-se várias formas de obtenção de modelos 3D como a modelagem e a digitalização. A geometria contém dados que podem representar vários atributos como coordenadas de textura e materiais de reflexão.

### 3. Materiais e Métodos

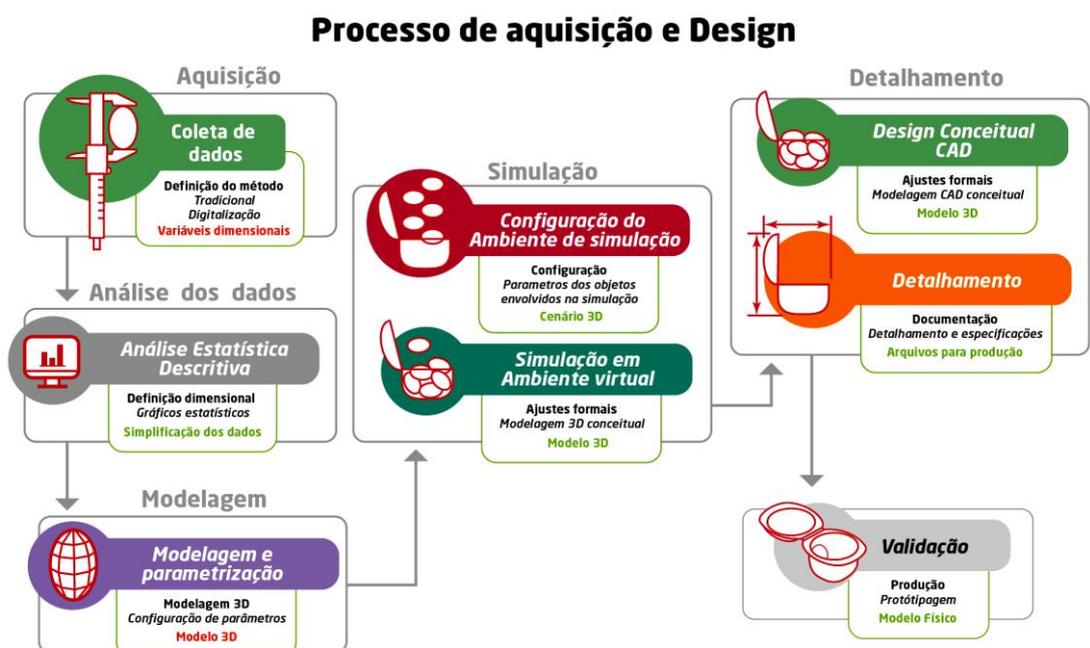
Nesta seção, apresenta-se o estudo de caso de desenvolvimento do design estrutural de uma embalagem para tomates, composta por uma bandeja em material PET e uma cartela, em material cartonado, cujo conjunto é comercializado em território nacional através de redes de supermercados. Além do estudo de caso, este trabalho apresenta um método alternativo para design conceitual estrutural em ambiente virtual, utilizando física dinâmica, por meio de *software* livre.

#### 3.1. Design Estrutural de Embalagens de Alimentos em Ambiente Virtual

O Design estrutural em ambiente virtual não é algo recente, e vem sendo utilizado por meio de desenho assistido por computador ou *CAD* (*Computer Aided Design*), desde sua consolidação, a partir dos anos 2000, com a plataforma *PC*, AZEVEDO (2003).

A Figura 3 ilustra o processo de aquisição, análise de dados estatísticos, modelagem, simulação e Design, realizados após as fases de briefing, pesquisas e análise de dados.

Figura 3: Processo de aquisição e Design em ambiente virtual



Fonte: Elaborado pelos autores

As novas oportunidades surgem com a utilização de softwares *open source*, que apresentam adequações e precisão no sentido de auxiliar ao projeto de Design conceitual e

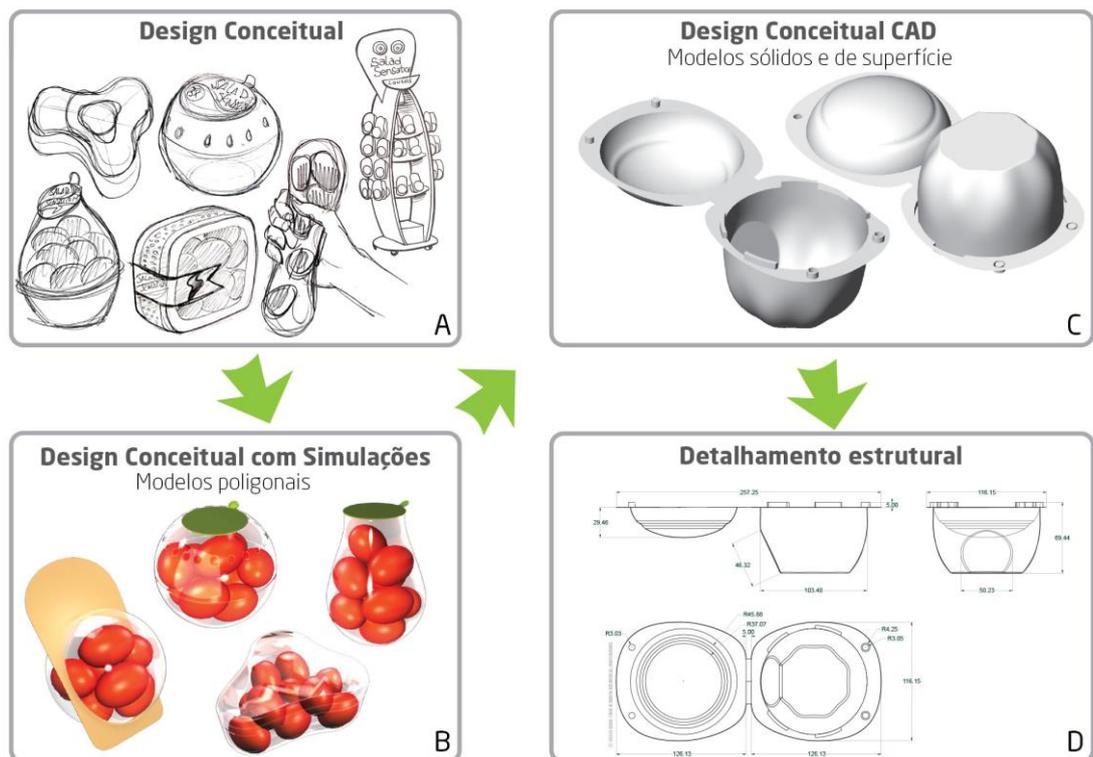
estrutural. A possibilidade de inserção de objetos tridimensionais em ambientes virtuais dinâmicos, no fluxo de um projeto de Design estrutural de embalagem, para serem analisados em tempo real, abre novas possibilidades para a inovação e pesquisa em Design, além de ampliar as possibilidades de resolução de problemas em determinadas fases de um projeto de Embalagem.

### 3.2. Design Conceitual de Embalagens

O design de embalagens é uma das atribuições do Design podendo ser desempenhada em todas as fases do desenvolvimento de um projeto de embalagens.

A Figura 4 apresenta a síntese do método utilizado para gerar a forma final da embalagem até o estágio de detalhamento. A geração de alternativas iniciais utilizou métodos tradicionais como *sketchs* conceituais (Figura 4a). Em seguida passou por simulação física dinâmica e modelagem conceitual (Figura 4b), e com a alternativa selecionada, foram definidos os volumes e formas, cujo detalhamento passou por novas simulações (Figura 4c) e por fim, o detalhamento estrutural, (Figura 4d).

Figura 4: Processo de desenvolvimento de embalagem



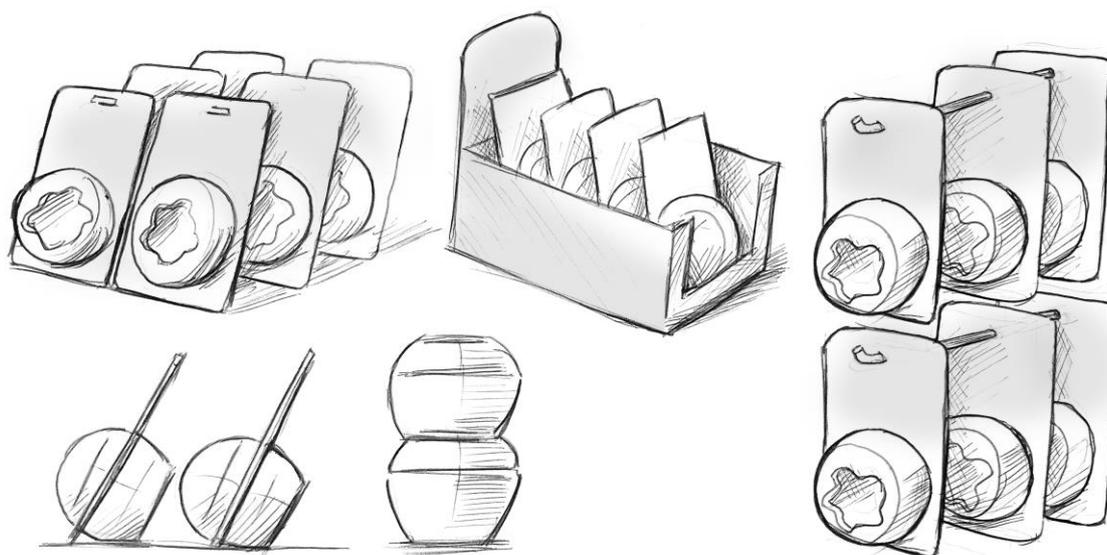
Fonte: Elaborado pelos autores

Em um projeto de embalagens, as dimensões envolvidas incluem interfaces gráficas e interfaces estruturais, cabendo ao Designer encontrar soluções para os problemas comunicacionais, informacionais e formais, atuando tanto nas superfícies quanto nas estruturas. Conforme Bonsiepe (2015 Pg. 161), “O design é o domínio no qual se estrutura a

interação entre usuário e produto, para facilitar ações efetivas. Design industrial é essencialmente design de interfaces”.

Este trabalho foi estruturado conforme os métodos de Mestriner (2002), Baxter (2015) e Negrão e Camargo(2008). O desenvolvimento da embalagem seguiu as diretrizes definidas pelo cliente e suas necessidades estratégicas de marketing. O produto deveria ser exposto em prateleiras, empilhado, suspenso e fixado em ganchos e expositores, tanto de mesa quanto de chão, além de permitir estabilidade, visibilidade e identidade em todas as configurações, conforme Figura 5.

**Figura 5: Estudos conceituais dos requisitos funcionais**



Fonte: Elaborado pelos autores

Para Mestriner (2002), as inovações em embalagem podem surgir tanto do projeto estrutural quanto do gráfico. Forma e cor são elementos que diferenciam e comunicam a embalagem. A visualização de alternativas é um fator importante nos estágios de projeto conceitual e a possibilidade de *feedback* em tempo real, pode auxiliar na definição da melhor alternativa, indo além dos aspectos estéticos para os aspectos estruturais, e conforme afirma Negrão e Camargo (2008), a estética deve ser utilizada em prol da estratégia mercadológica da empresa, mas nunca deve ser o parâmetro principal de projeto, corroborando os conceitos que definem um bom Design.

### **3.3. Coleta e Análise das Amostras**

O produto, uma embalagem primária, transparente, em forma de blister, deveria apresentar uma estrutura que comportasse o volume correspondente a 300g de tomates, além de permitir o empilhamento, a exposição em prateleiras e a suspensão em ganchos, O processo de termoformagem foi proposto nos estágios iniciais de desenvolvimento, orientando à geração de alternativas.

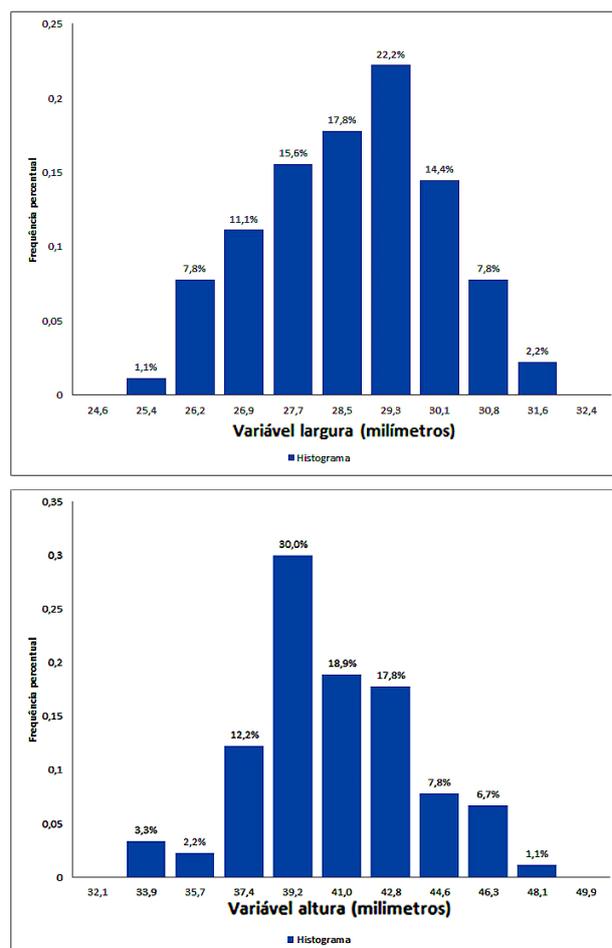
Para o desenvolvimento estrutural da embalagem foram selecionados n= 90 elementos amostrais da categoria tomates oblongos, cujas variáveis seriam a largura e o comprimento em milímetros. O instrumento para a coleta de medidas foi definido pelo

método tradicional, conforme Provenza (1994), por paquímetro com vernier de 1/20mm. Os principais fatores que levaram a escolha do método de tomada de medida foram:

- A relativa simplicidade da forma do objeto
- Os prazos estipulados
- A ausência de outros equipamentos para coleta de medidas
- A natureza orgânica e perecível do produto

A seguir executou-se a tabulação dos dados com o intuito de proceder à estatística descritiva que, de acordo com Braviano, Fialho e Santos (2005), tem por objetivo simplificar a informação fornecida, para visualização e cálculos sobre uma população de uma amostra coletada. Com a utilização do *software Excel®*, foi possível gerar a descrição dos dados em forma de gráficos, distribuição de frequências e estimativa de parâmetros associados às medidas coletadas, conforme Figura 6.

Figura 6: Gráficos de análise estatística descritiva



Fonte: Elaborado pelos autores

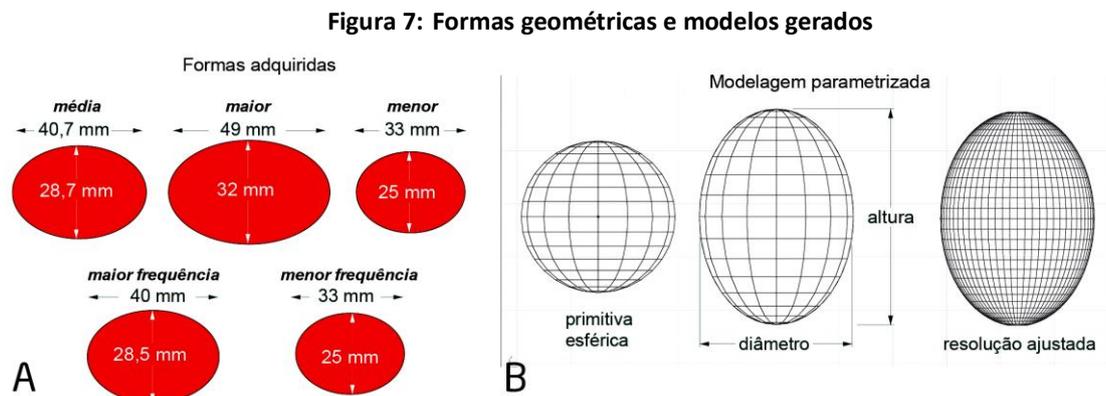
Utilizando como medida padrão a mediana obtida pelos cálculos com maiores frequências amostrais, optou-se por utilizar as medidas com maior incidência, pois a análise de baixa frequência das máximas pôde ser definida pela validação da curva Normal. O principal

objetivo neste processo era identificar e analisar os dados para obter as medidas máximas, mínimas, médias e as principais frequências das variáveis envolvidas, no caso altura e largura, pois conhecer esses valores seria importante no dimensionamento estrutural, evitando desperdícios de espaço e materiais.

De acordo com Negrão e Camargo (2008), a definição do espaço interno de acomodação ou *head space*, permite o controle da distribuição do volume interno da embalagem, tanto pela variação da estrutura quanto da quantidade do produto, além de evitar a percepção de ausência do produto para o consumidor. Para posterior definição da parametrização do objeto 3D que representaria o tomate nos testes em ambiente virtual, dentre as variáveis que foram coletadas, o peso em gramas foi definido pela média simples amostral cujo valor para as simulações foi definido em 16,7g para uma unidade vezes 18 unidades, de tomate, perfazendo um peso final de 300g. O processo de coleta e digitalização das medidas gerou um banco de dados passível de ser reutilizado, evitando que a deteriorização do produto impossibilitasse novas análises.

### 3.4. Parametrização do Modelo de Teste

Conforme Azevedo (2003), o processo de parametrização é um método de modelagem manual que, por meio de um conjunto de formas sólidas primitivas, permite instanciar objetos e seus parâmetros como dimensão, volume e topologia para que sejam modificadas e adaptadas aos objetivos de um projeto. As informações das medidas, para inserção nos parâmetros, obtidas pelo resultado dos cálculos das análises estatísticas, anteriormente apresentadas, foram utilizadas para desenvolvimento das formas geométricas, sendo essas etapas exemplificadas na Figura 7.

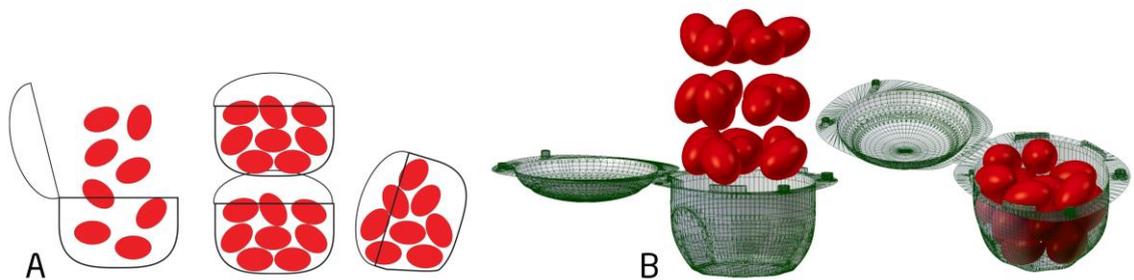


Para gerar as formas geométricas utilizou-se o valor obtido, em milímetros, de cada variável relacionada à largura e ao comprimento de todos os elementos da amostra (Figura 7a). Em seguida, o objeto de testes foi modelado de forma a possibilitar ajustes relacionados às dimensões e resolução da malha poligonal (Figura 7b). A possibilidade de ajustes na resolução da malha geométrica auxilia na otimização dos processos computacionais de simulação, onde o Designer pode, por meio de testes, definir a melhor relação entre resolução da malha e desempenho do sistema. Para essa etapa foi utilizado o software *Blender*<sup>®</sup>.

### 3.5. Análise Estrutural em Ambiente Virtual

O ambiente virtual definido para proceder às análises estruturais, por meio de simulações físicas, foi o *Blender*® 3D, que apresenta uma plataforma robusta para simulações, com possibilidades para parametrização de objetos, modelagem em tempo real, configuração avançada de ambientes de simulação, flexibilidade em importação e exportação em diversos formatos *CAD*, sendo possível testar os conceitos formais e estruturais, como o enchimento da embalagem, empilhamento e estabilidade funcional, conforme ilustra a Figura 8, na qual os esquemas conceituais (Figura 8a) foram aplicados nas simulações (Figura 8b).

Figura 8: Testes dos conceitos

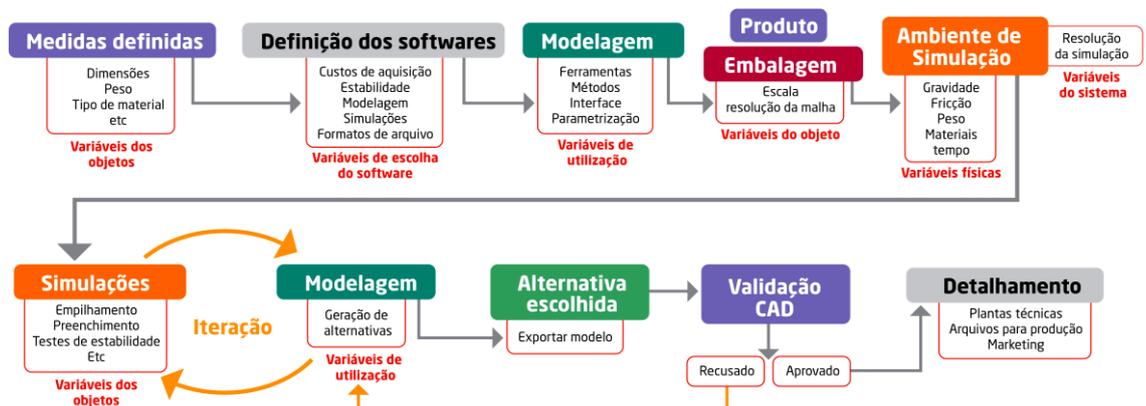


Fonte: Elaborado pelos autores

Com o auxílio do *Blender*® 3D foi possível definir e interagir com as variáveis de teste como dimensões e volumes, além de parâmetros como disposição dos objetos nos momentos iniciais de interação e sua configuração durante o passar do tempo de simulação, podendo a síntese do processo pode ser visualizado na Figura 9.

Figura 9: Processo de Design Conceitual

Método de Design conceitual utilizando software livre



Fonte: Elaborado pelos autores

O processo de configuração da simulação seguiu os conceitos definidos por House e Keyser (2017), que de forma geral necessitam de três aspectos básicos: um modelo regido pelas leis de Newton; uma condição inicial de posição e velocidade e a simulação dos parâmetros anteriores no decorrer do tempo.

Para uma simulação dinâmica, é importante verificar se o ambiente virtual oferece os requisitos mínimos adequados para a execução dos processos. No Quadro 1 são apresentados os parâmetros e variáveis presentes internamente no *Blender*<sup>®</sup>, seguindo as recomendações de House e Keyser (2017) e Coumans (2015) que, quando disponíveis, possibilitam uma plena simulação de física dinâmica em ambientes virtuais.

**Quadro 1: Parâmetros disponíveis no *Blender* 3D para simulação virtual**

Parâmetros	Unidades/categorias
Massa	Kg - g
Forma	Rígida - flexível
Fricção	Conforme a escala - 0.000 até 1
Margem de contato	mm - mínimo maior que zero
Elasticidade	Conforme a escala - 0.000 até 1
Velocidade angular	Conforme a escala - 0.000 até 1
Velocidade linear	Conforme a escala - 0.000 até 1
Gravidade	m/s <sup>2</sup> - valores positivos e negativos
Tempo	Segundos - frames
Resolução da simulação	Passos por segundo - 60 até 1000
Campos de força	Vento, turbulência, fumaça etc

Fonte: Elaborado pelos autores

A flexibilidade em relação aos ajustes de resolução do objeto e tempo de simulação também contribuiu para a estabilidade do processo.

### 3.6. Avaliação dos Resultados

A Figura 10 apresenta imagens do produto, em representação virtual (Figura 10a), para uso, divulgação e marketing, mantendo a mesma geometria desenvolvida na fase conceitual e fotografia no ponto de venda (Figura 10b). Como resultado para o processo de Design, a redução dos custos e do tempo de desenvolvimento conceitual e estrutural do projeto, visto que a substituição de softwares proprietários de alto custo, pelo seu equivalente *open source* também impactou positivamente na liberdade de utilização, sem perder na precisão dos processos.

Figura 10: Processo de desenvolvimento de embalagem



Fonte: Elaborado pelos autores

A possibilidade de visualizar e testar interativamente os protótipos conceituais em ambiente virtual potencializou a geração de alternativas, em termos de projeto, além de possibilitar rever e retomar passos dos modelos digitalizados, visto que produtos frescos possuem um curto tempo de vida útil, para o projeto.

O processo de validação de volumes ocorreu nos softwares *SolidWorks*<sup>®</sup> e *Rhinoceros*<sup>®</sup> que possibilitou a avaliação e validação em termos volumétricos que serviram para proceder ao detalhamento técnico e posterior prototipagem. O arquivo gerado foi encaminhado para o fornecedor de moldes que verificou, por intermédio de testes, que não haveria necessidade de ajustes formais ou dimensionais que alterassem quaisquer parâmetros desenvolvidos durante o processo de Design.

Os arquivos gerados foram utilizados para a elaboração de renderes e serviram de referência para a confecção dos moldes de produção, além de serem utilizados para divulgação e marketing.

#### 4. Considerações Finais

Como conclusão, constatou-se que com a inclusão de simulação dinâmica em ambientes virtuais, de baixo custo, nos métodos de modelagem conceitual, foi possível desenvolver um projeto de Design de embalagens. Por meio de coleta de medidas, análise estatística e modelagem paramétrica de modelos para serem testados em simulações virtuais, foi possível definir e descrever os procedimentos metodológicos, e os objetos virtuais de alimentos puderam ser utilizados nas etapas conceituais de desenvolvimento da embalagem, em tempo real.

Verificou-se que a implementação de *software open source* nos métodos de Design, possibilitou a redução de custos e de tempo de desenvolvimento do projeto, pois sua utilização substituiu de forma equivalente em termos de resultados, *softwares* de custos elevados. A possibilidade de executar as simulações, de forma precisa, acarretou na diminuição de retrabalho, geração de *mock-ups* e protótipos desnecessários. A acessibilidade na utilização e adoção de *softwares open source* no fluxo de trabalho possibilita a universalização de diversas técnicas e estudos relacionados ao Design de embalagens.

Como sugestão para futuros estudos, esse método pode ser complementado por outras tecnologias, como a impressão 3D, e a digitalização tridimensional, visando à redução de tempo, custos, impactos ambientais e aumento do poder de decisão para os processos de Design.

Espera-se que este trabalho possa contribuir, como material de apoio, para futuras pesquisas na área

### Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001

### Referências

SABREU, Augusto P. et al. **Visualização interativa 3D e simulação de dinâmica de acidentes de trânsito em forense utilizando a Blender Game Engine em um serious game. SBC Proceedings of SBGames. Art & Design Track.** São Paulo. Universidade Presbiteriana Mackenzie, 2013. Disponível em: <http://www.sbgames.org/sbgames2013/proceedings/artedesign/29-dt-paper.pdf>. Acesso em 05 maio 2019.

ARES, Pedro Francisco Mayuet; PARADA, Lucía Rodríguez; VICENTE, Miguel Ángel Pardo. **Digitizing Fresh Food 3d Scanning for Custom Packaging Design.** Economía del Cambio Tecnológico. Bilbao: DYNA, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMBALAGENS – ABRE. **Estudo macroeconômico da embalagem abre/ fgv. 2018.** Disponível em: <http://www.abre.org.br/setor/dados-de-mercado/dados-de-mercado/>. Acesso em 30 maio 2018.

AZEVEDO, Eduardo. **Computação Gráfica: Teoria e prática.** Rio de Janeiro: Elsevier, 2003. 358 p.

BAXTER, Mike. **Projeto de Produto: Guia prático para o design de novos produtos.** 3 ed. São Paulo: Blucher, 2011. 342 p.

BERTIN, Jacques; WESTPHALEN, Cecília Maria. **A neográfica e o tratamento gráfico da informação.** Curitiba: Editora Editora da Universidade Federal Do Paraná, 1986.

BONSIEPE, Gui. **Do material ao digital.** São Paulo: Blucher, 2015. 234 p.

BRAVIANO, Gilson; FIALHO, Francisco A. P.; SANTOS, Neri dos. **Métodos e Técnicas em Ergonomia.** Florianópolis, 2005. 302 p.

BRETTEL, Malte; FRIEDERICHSEN, Niklas; KELLER, Michael; ROSENBERG, Marius. **How Virtualization, Decentralization and Network Building Change the Manufacturing Landscape: An Industry 4.0 Perspective.** World Academy of Science, Engineering and Technology International Journal of Information and Communication Engineering Vol:8, No:1, 2014.

CAMILO, Assunta Napolitano (Org.). **Embalagem Melhor Mundo Melhor: Tendências, Inovações, Materiais, Processos e Sustentabilidade.** Barueri SP. Instituto de Embalagens, 2017.

CHEN, M.; DEZEN-KEMPTER, E.; SOIBELMAN, L.; MÜLLER, A.V. **Escaneamento 3D a laser, fotogrametria e modelagem da informação da construção para gestão e operação de edificações históricas.** Gestão e Tecnologia de Projetos, São Paulo, v. 10, n. 2, p. 113-124, jul./dez. 2015. Disponível em:

<http://www.revistas.usp.br/gestaodeprojetos/article/view/102710/105971>. Acesso em: 30 nov. 2018.

COUMANS, Erwin. **Bullet 2.83 Physics SDK Manual**. bulletpysics.org, 2015. Disponível em: [https://facultyfp.salisbury.edu/despickler/personal/Resources/GraphicsExampleCodeGLSL\\_SFML/InterfaceDoc/Bullet/Bullet\\_User\\_Manual.pdf](https://facultyfp.salisbury.edu/despickler/personal/Resources/GraphicsExampleCodeGLSL_SFML/InterfaceDoc/Bullet/Bullet_User_Manual.pdf) Acesso em: 27 abr. 2019.

CUNHA, Ícaro Lins Leitão da. **Revisitando o Problema de Visibilidade para Visualização Tridimensional**. Tese (Doutorado em engenharia elétrica). Natal: UFRN, 2014. Disponível em: [https://repositorio.ufrn.br/jspui/bitstream/123456789/15250/1/IcaroLLC\\_TESE.pdf](https://repositorio.ufrn.br/jspui/bitstream/123456789/15250/1/IcaroLLC_TESE.pdf). Acesso em: 21 mai. 2018.

FREIRE, Patricia de Sá. **Aumente a Qualidade e Quantidade de Suas Publicações Científicas: Manual para elaboração de projetos e artigos científicos**. Curitiba: Editora CRV Ltda, 2013.

HOUSE, Donald H.; KEYSER, JOHN C. **Foundations of Physically Based Modeling and Animation**. Nova Iorque: CRC Press, 2017. 405 p.

MANOVICH, Lev. **A visualização de dados como uma nova abstração anti-sublime**. Revista do Programa de Pós-graduação em Artes Visuais. UFRJ. Rio de Janeiro: EBA, 2004. p. 134-143. Disponível em: [https://www.ppgav.eba.ufrj.br/wp-content/uploads/2012/01/ae11\\_lev\\_manovich.pdf](https://www.ppgav.eba.ufrj.br/wp-content/uploads/2012/01/ae11_lev_manovich.pdf). Acesso em: 13 mai. 2019.

MESTRINER, Fabio. **Design de Embalagem: Curso Avançado**. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2002. 180 p.

NEGRÃO, Celso; CAMARGO, Eleida. **Design de Embalagens: Do marketing à Produção**. São Paulo: Novatec, 2008. 336 p.

PROVENZA, Francesco. **Projetista de Máquina**. 71 ed. São Paulo: F. Provenza, 1994.

SCHROEDER, Greyce Nogueira. **Metodologia de modelagem e arquitetura de referência do Digital Twin em sistemas ciber físicos industriais usando automationml**. 2018. Tese (Doutorado em engenharia elétrica). UFRS. Porto Alegre, 2018. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/182314>. Acesso em: 16 nov. 2018.