

**Renfert**

making work easy



O modelo digital:

**O futuro da confecção eficiente de  
modelos em Ortodontia**

## Índice

O futuro da confecção eficiente de modelos em Ortodontia _____	Pág. 3
A confecção digital de modelos – do CAI, passando pelo CAD, até o CAM _____	Pág. 4
Vantagens do modelo digital _____	Pág. 6
Cadeia de investimento: o fluxo de trabalho digital _____	Pág. 7
Métodos de impressão 3D de modelos _____	Pág. 9
Impressão de resina vs. impressão de filamento _____	Pág. 10
Impressora de filamento para a Ortodontia _____	Pág. 13
Fluxo de trabalho em síntese: impressão de filamento com SIMPLEX _____	Pág. 14

---

### Renfert GmbH

Untere Giesswiesen 2  
78247 Hilzingen/Germany

Tel. +49 (0) 77 31 82 08-0  
Fax +49 (0) 77 31 82 08-70

[www.renfert.com](http://www.renfert.com)

---

## O futuro da confecção eficiente de modelos em Ortodontia

Os processos digitais estão conquistando a Odontologia. Os métodos digitais também são cada vez mais utilizados na Ortodontia, por exemplo, no diagnóstico e planejamento, assim como na confecção de aparelhos ou placas oclusais. O modelo físico continua sendo indispensável. Mas como é criado um modelo de alta qualidade no fluxo de trabalho digital de uma forma eficiente e ao mesmo tempo ecológica? O Whitepaper de especialistas oferece respostas.

A integração de processos digitais na prática ortodôntica diária traz muitas vantagens. Os processos digitais tornam a terapia mais rápida, mais precisa e mais confortável. O diagnóstico, o planejamento e os resultados podem ser simulados e otimizados no computador. Os fluxos de trabalho tornam-se mais eficientes; o tempo economizado resulta em uma vantagem econômica. Mas o que isso significa para o consultório ou laboratório de Ortodontia? Como pode ser feita a transição fácil para a digitalização?

*Para a iniciação na Ortodontia digital, devem ser considerados em primeiro lugar os aspectos básicos: aquisição de dados (CAI), processamento de dados (CAD), produção (CAM). Com base nisso, podem ser tomadas decisões de investimento moderadas.*

## A confecção digital de modelos – do CAI, passando pelo CAD, até o CAM

Os processos digitais em Ortodontia não são novos. O software correspondente tem permitido o diagnóstico virtual e o planejamento da terapia já há algum tempo. O que mudou foi o potencial dos modernos scanners intraorais. Os scanners intraorais têm experimentado um enorme impulso de inovação e estão se tornando o agente de mudança na Ortodontia digital.

É verdade que alguns consultórios aproveitam as possibilidades da digitalização mesmo sem seu próprio scanner intraoral, por exemplo, através

- ✓ do scanner para molde (digitalização do molde convencional),
- ✓ do scanner de mesa (digitalização do modelo de gesso),
- ✓ da terceirização (modelo de gesso para prestador de serviços externo).

No entanto, estas opções só chegam ao modelo digital por um caminho indireto, fazendo um desvio. O scanner intraoral é que verdadeiramente abre as portas para o mundo digital. Somente com a coleta direta de dados digitais é que todo o fluxo de trabalho ortodôntico pode ser mapeado digitalmente. Sem um desvio demorado e sujeito a erros, a partir da boca do paciente é criado o registro de dados digital exato\* para o modelo.

\*Estudos atuais mostram que a precisão obtida tanto de uma região quanto de uma varredura de arcada completa utilizando scanners intraorais modernos é, pelo menos, igual ao procedimento convencional.

**Modelo digital** = modelo virtual no software CAD (formato STL como arquivo STL fechado ou estanque)

**Modelo físico** = modelo concreto de arcada dentária na estação de trabalho

**Confecção digital do modelo** = produção CAM do modelo (impressão 3D, fresagem CAM)

O resultado do escaneamento na boca é o molde digital (**Computer-Aided Impressioning (CAI)**) que é processado posteriormente no software (**Computer-Aided Design (CAD)**). Muitas indicações requerem um modelo físico. Este também é produzido dentro do fluxo de trabalho digital (**Computer Aided Manufacturing (CAM)**). Os consultórios ou laboratórios de Ortodontia podem obter o modelo físico de diferentes maneiras. Enquanto a manufatura subtrativa (fresagem CAM do modelo) é pouco utilizada devido aos elevados custos e tempo envolvidos, a impressão 3D tem se estabelecido. As formas comuns para a confecção de modelos são:

- ✓ Manufatura aditiva no consultório ou laboratório (impressão 3D do modelo)
- ✓ Terceirização (envio para prestador de serviços externo)

*Ao modelo ortodôntico produzido digitalmente aplicam-se os mesmos padrões elevados de sempre: representação precisa de dentes, rebordo alveolar, base maxilar, fôrnice vestibular e gengiva, tanto na maxila como na mandíbula.*

Em contraste com a fresagem, a impressão 3D de modelos é muito econômica. Somente com a chegada desta tecnologia é que passou a existir uma alternativa real à produção analógica de modelos. O investimento na impressora é geralmente menor, é usado menos material e os tempos de produção são mais curtos. Uma desvantagem frequentemente citada é a despesa adicional com pós-processamento (cura posterior), necessário em algumas tecnologias de impressão (DLP, SLA). Portanto, é importante comparar as diferentes tecnologias de impressão 3D e escolher o procedimento ideal para fins ortodônticos. Por exemplo, com a impressão de filamentos (processo FDM/FFF) não há necessidade de qualquer trabalho de acabamento.

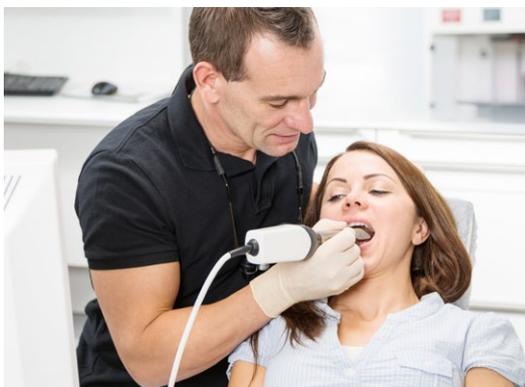


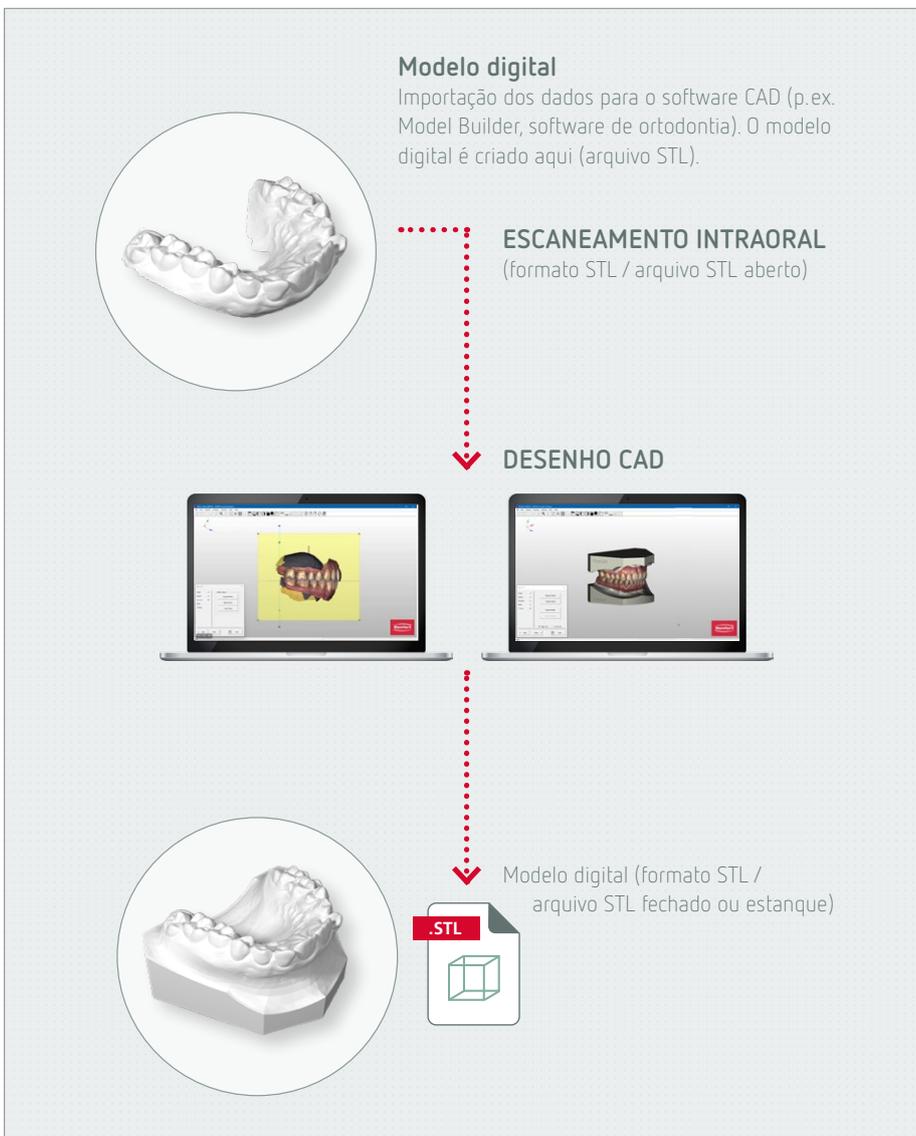
Fig. 1. Digitalização via scanner intraoral



Fig. 2. Modelo ortodôntico produzido digitalmente

## Vantagens do modelo digital

As vantagens de um modelo digital (registro de dados STL) são principalmente: economia de tempo, recursos, custos e espaço, planejamento exato, reprodutibilidade. A elaboração de modelos no software CAD é feita com apenas alguns cliques. Em seguida, o modelo virtual pode ser avaliado e trabalhado em todos os níveis. O exame da situação do paciente e o planejamento do tratamento ortodôntico são feitos no software. Seja medindo o tamanho e a posição do dente ou estabelecendo os set-ups, as ferramentas digitais prestam um auxílio valioso. Os cenários de tratamento podem ser simulados com facilidade. Outra vantagem: o modelo digital pode ser guardado com economia de espaço. O registro de dados é armazenado digitalmente. A recuperação posterior é possível a qualquer momento acessando os dados do paciente. A confecção de um modelo físico pode ser feita sempre que necessário.



## Cadeia de investimento: o fluxo de trabalho digital

Ao considerar o fluxo de trabalho digital em Ortodontia, devem ser distinguidos diferentes estágios, que idealmente formam uma unidade através de interfaces coordenadas.

1. Registro de dados do CAI
2. Software CAD para modelagem 3D
3. Software de fatiamento CAM
4. Dispositivo de saída (impressora 3D)

### 1. Scanner intraoral: aquisição dos dados de superfície

O scanner intraoral\* é usado para escanear a superfície da boca. Os dados são geralmente armazenados no formato STL (Standard Triangulation/Tessellation Language como formato padrão de muitos sistemas CAD). Eles podem ser importados para o software CAD (software de planejamento ortodôntico ou software Model Designer) através de uma interface.

\*Os preços dos scanners intraorais podem variar muito. Vale a pena efetuar uma comparação. Porém, o foco não deve ser apenas no preço, mas na versatilidade das possibilidades. Muitos scanners intraorais há muito tempo se tornaram mais do que apenas um substituto para moldagens! Perspectivas completamente novas estão se abrindo para a Ortodontia.

### 2. Software CAD para modelagem 3D: geração do modelo digital

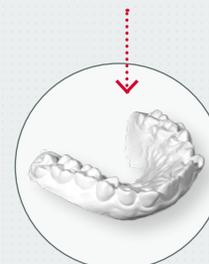
Com a ajuda de um software CAD especial para modelagem 3D, o modelo digital é criado em apenas algumas etapas. No Model Designer\*, as etapas básicas da confecção do modelo são maioritariamente automáticas (por exemplo, criação das bases, recorte, alinhamento do plano oclusal, etc.).

\*Model Designer: esta aplicação pode estar integrada no pacote de software CAD ou ser opcionalmente complementada. Em alternativa, existem softwares autônomos (por exemplo SIMPLEX model designer, Renfert).

1.



Scanner intraoral



Registro de dados digital

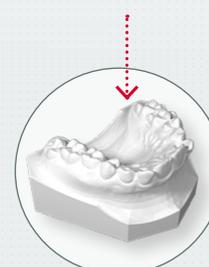


arquivo STL aberto

2.



Software CAD, criação do modelo 3D CAD



Modelo digital



arquivo STL fechado

### 3. Software de fatiamento CAM: preparação da impressão do modelo

Em muitas situações, além do modelo digital é necessário um modelo físico, por exemplo

- ✓ Modelo para confecção de alinhadores e técnica de termoformagem
- ✓ Modelo de planejamento
- ✓ Modelo de diagnóstico
- ✓ Modelo de trabalho

Para produzir um modelo preciso a partir dos dados digitais, a impressão 3D é o método preferencial. Econômica, ecológica (dependendo do processo de impressão), precisa, rápida e simples – estas são as vantagens da impressão de modelos. Para imprimir o modelo digital, o registro de dados deve ser importado para um software de fatiamento\*. Através de interfaces coordenadas, isso funciona sem problemas e quase despercebido pelo usuário. O software de fatiamento prepara o modelo digital para impressão. O software tem esse nome porque corta o modelo digital em camadas individuais. A impressora é “alimentada” com os dados fatiados (G-Code).

\*Software de fatiamento: frequentemente o software está integrado no sistema de impressão 3D. Em alternativa, existe como software autónomo. São importantes a fácil operação, a representação sem erros dos dados STL, o cálculo rápido dos dados e o ajuste específico do material e da impressora.

O software de fatiamento é um componente importante do sistema de impressão 3D, sem o qual não é possível realizar nenhuma impressão. Entretanto, ele nem sempre está presente na impressora e, muitas vezes, precisa ser adquirido separadamente. Um software de fatiamento coordenado como parte integrante do sistema de impressão 3D (como o sistema de impressão 3D de filamento SIMPLEX, Renfert) oferece grandes vantagens e simplifica consideravelmente o trabalho. A coordenação individual entre software, filamento e impressora garante resultados ideais, pois a funcionalidade do software de fatiamento determina de forma decisiva o resultado da impressão e a implementação. Para iniciantes é ideal um software que, através de automatismos, quase controla sozinho o processo de impressão.

### 4. Dispositivo de saída: impressora 3D

O registro de dados para a impressora 3D é gerado no software de fatiamento. Existem diversos sistemas de impressão 3D: as diferenças fundamentais entre as tecnologias de impressão 3D são cruciais para a escolha da impressora certa.

3.



Software de fatiamento



#### G-Code

O código G integra todos os comandos e informações necessários para produzir modelos físicos com uma impressora a partir de conjuntos de dados digitais

4.



Impressora 3D  
(p. ex., impressora de filamento)



Modelo acabado



## Métodos de impressão 3D de modelos

A manufatura aditiva (impressão 3D) engloba uma série de procedimentos diferentes. Ou o material é aplicado camada por camada ou o material em pó é derretido por laser. O resultado é o objeto tridimensional. Há também uma variedade de impressoras 3D com diferentes processos de impressão para aplicações odontológicas. São comuns, por exemplo:

- ✓ Estereolitografia (SLA)
- ✓ Digital Light Processing (DLP)
- ✓ Impressão de filamento / processo extrusivo (processo FDM (= Fused Deposition Modelling)/FFF (= Fused Filament Fabrication))
- ✓ Fusão seletiva a laser (SLM) (impressão metálica)

O que todos eles têm em comum é que o modelo é construído camada por camada. Comuns, por exemplo, para muitas aplicações na Odontologia, são as impressoras SLA **1** ou DLP **2**. O ponto de partida é um fotopolímero líquido que se solidifica após um certo tempo de exposição à luz. No processo de estereolitografia (SLA), a resina líquida é endurecida pontualmente por meio de um feixe de laser. Em contraste, a impressora DLP trabalha com um projetor DLP como fonte de luz, semelhante a um Beamer.

*Em ambos os processos mencionados (DLP, SLA), o objeto impresso (resina) tem de ser limpo e curado sob luz UV (pós-processamento complexo).*

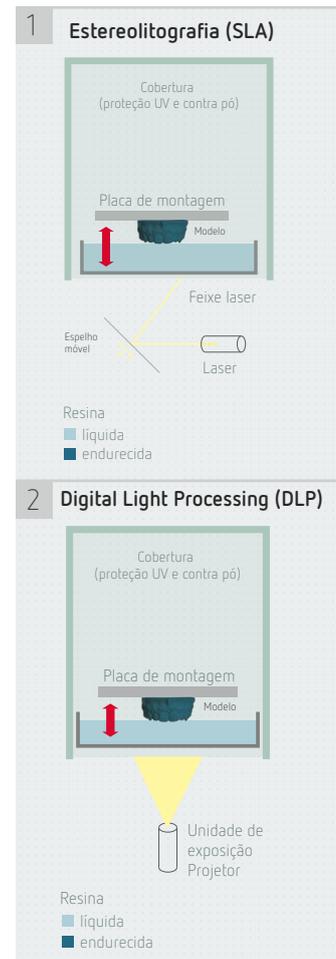
Uma alternativa conveniente (por exemplo, para modelos ortodônticos) são impressoras que funcionam de acordo com o método (FDM/FFF) – impressoras de filamento **3**. Neste processo, o filamento (material termoplástico em forma de arame enrolado em uma bobina) é aquecido e aplicado com a ajuda de um extrusor; quase comparável a uma pistola de cola quente.

*Os modelos impressos com filamento não requerem nenhum tipo de pós-processamento. Eles estão completamente endurecidos e limpos imediatamente após a impressão.*



Fig. 3. Impressão de filamento (processo FDM/FFF)

Fig. 4. Modelo ortodôntico acabado, imediatamente após a impressão



## Impressão de resina vs. impressão de filamento

Ao comparar impressoras de filamento (processo FDM/FFF) e impressoras de resina (processo SLA/DLP), torna-se claro que ambas têm suas vantagens e desvantagens específicas de aplicação. Considerando a impressão de modelos odontológicos (por exemplo, modelos ortodônticos), a impressora de filamentos convence com suas vantagens. Para entender melhor as vantagens e desvantagens, vale a pena dar uma olhada na tecnologia de impressão, nos materiais e em alguns aspectos práticos.

### Custos

A faixa de preços no setor de impressoras odontológicas é ampla. Os preços variam entre 600 e 40.000 euros ou mais. Existem impressoras de filamento com boas características para um orçamento relativamente baixo (por exemplo, sistema de impressora de filamento SIMPLEX da Renfert). Não têm custos operacionais, exceto para o material. Atualmente, também existem impressoras de resina a preços acessíveis. Porém, implicam custos adicionais para o equipamento de limpeza e fotopolimerização.

- ✓ Impressora de filamento (FDM/FFF):  
econômica na aquisição e nos custos operacionais
- ✓ Impressora de resina (SLA/DLP):  
aquisição mais cara e custos operacionais mais elevados

### Precisão

Ambos os métodos de impressão podem ter uma precisão muito elevada para modelos de arcadas dentárias, dependendo da impressora e dos parâmetros de impressão. A precisão de uma impressora de filamento depende, entre outras coisas, da saída do bico (resolução de camada até 50 µm). Os bicos de pequeno diâmetro permitem uma resolução/precisão muito elevada. Todavia, o tempo de impressão depende da espessura da camada, entre outros fatores. Camadas mais espessas permitem velocidades mais altas com menor resolução. Camadas mais finas requerem mais tempo de impressão, mas oferecem melhor resolução.

- ✓ Impressão de filamento:  
elevada precisão para modelos e recursos auxiliares
- ✓ Impressão de resina:  
permite uma precisão muito elevada

### Material de impressão

No processo FDM/FFF, um filamento é aquecido e derretido em um extrusor e impresso em uma mesa de impressão através de um bico. Existem diferentes materiais de filamento. Os filamentos são frequentemente feitos de PLA (polylactic acid) que é obtido a partir de matérias-primas naturais renováveis e é biodegradável. A impressão de resina envolve o processamento de resina líquida sensível à luz, frequentemente em uma cuba de material. Na impressão de resina é importante levar em conta que a resina líquida ou parcialmente curada não pode ser descartada na pia ou no lixo doméstico. A resina sintética líquida é classificada como resíduo perigoso e, portanto, deve ser descartada de forma criteriosa.

- ✓ Filamentos:  
muitas vezes feitos de matérias primas renováveis
- ✓ Resina:  
resina sintética fotopolimerizável, ecologicamente problemática

### Acabamento

É aqui que a impressora de filamento mostra suas vantagens. Os objetos impressos em resina têm de ser submetidos a um pós-processamento: limpeza com isopropanol (IPA) e fotopolimerização. Atualmente existem também líquidos sem IPA para a limpeza, mas são relativamente caros. Na impressão de filamento, nenhum desses trabalhos de acabamento é necessário.

- ✓ Impressão de filamento:  
nenhum acabamento
- ✓ Impressão de resina:  
limpeza, fotopolimerização

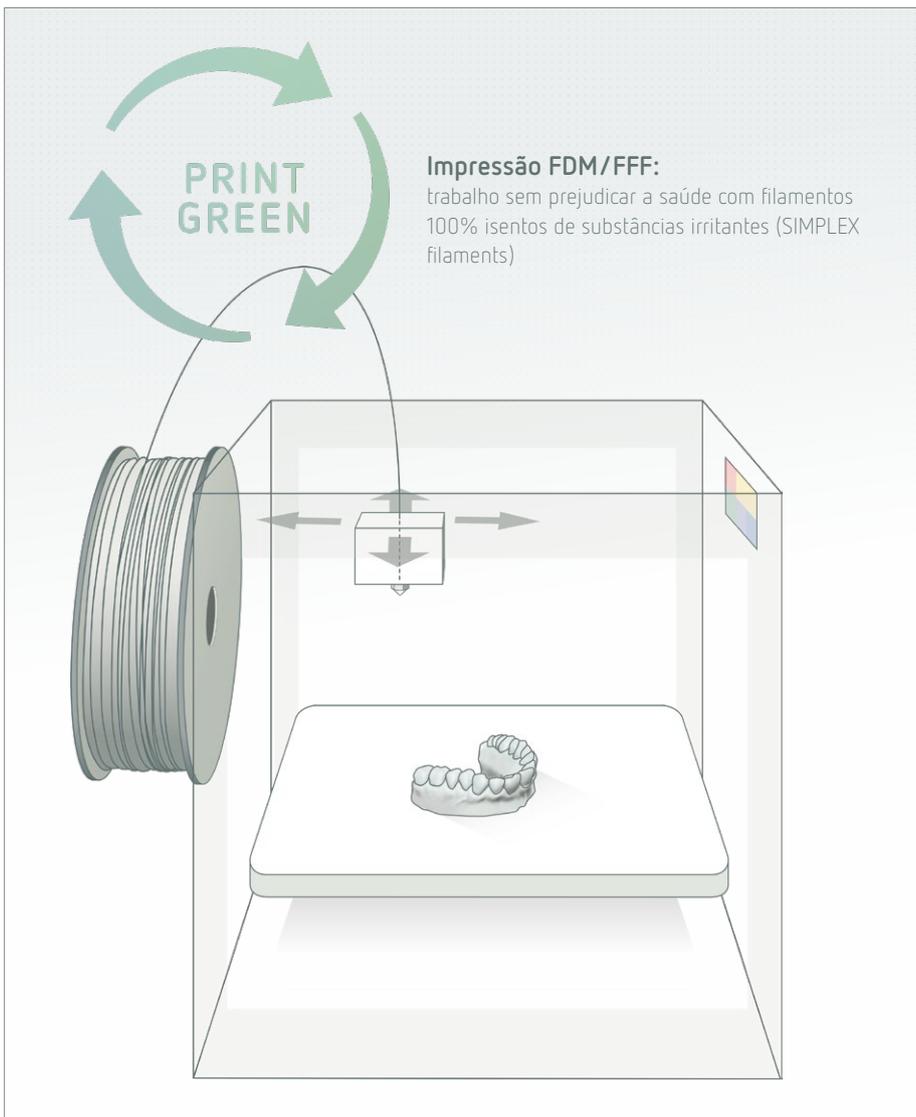


Fig. 5. SIMPLEX filaments:  
Feitos de materiais de alta qualidade e não prejudiciais à saúde, específicos para a confecção de modelos ortodônticos.

## Odor e vapores

As impressoras FDM/FFF que trabalham com filamentos PLA praticamente não emitem vapores. Diferente das impressoras de resina. Este processo conduz à formação de odores e vapores prejudiciais à saúde. Por isso, recomenda-se o uso de proteção respiratória (equipamento de proteção) e luvas de nitrilo resistentes a produtos químicos durante a impressão da resina. Resinas sintéticas e solventes podem causar irritação ou reações alérgicas na pele. Além disso, os objetos impressos em resina são limpos com álcool isopropanol, que também libera vapores. Pelo contrário, a impressão do filamento, dependendo do filamento, não produz nenhuma substância nociva à saúde.

- ✔ Impressão de filamento:  
trabalho sem prejudicar a saúde com filamentos 100% isentos de substâncias irritantes (SIMPLEX filaments)
- ✔ Impressão de resina:  
formação de odores desagradáveis e químicos durante a impressão e limpeza (geralmente isopropanol). Não totalmente inofensivo do ponto de vista da saúde.



## Impressora de filamento para a Ortodontia

As impressoras de filamento especialmente projetadas para aplicações odontológicas, por exemplo, a impressora 3D de filamento SIMPLEX da Renfert, oferecem muitas vantagens. Dizer aqui que é “apenas” de uma impressora 3D seria extremamente redutor. Trata-se de um sistema de impressora 3D de filamento para Ortodontia com software de fatiamento compatível, filamentos específicos para modelos ortodônticos e uma impressora precisa. Tudo é ajustado à respectiva indicação (por exemplo, modelo de alinhador). No software, parâmetros predefinidos garantem um alto nível de praticidade, operação intuitiva e, acima de tudo, alta confiabilidade no processo.

### Utilização simples

O sistema de impressora 3D de filamentos SIMPLEX torna a introdução à tecnologia de impressão 3D simples e confortável. Sem conhecimentos prévios e também de forma bem limpa, sem produtos químicos biologicamente nocivos. Além disso, os modelos impressos não requerem qualquer acabamento. O equipamento é fácil de operar, pode ser instalado em qualquer lugar, funciona silenciosamente e oferece alta resolução. Filamentos especiais de alta qualidade preenchem os requisitos especiais na Ortodontia. Os erros de execução relacionados aos parâmetros são contornados por pré-ajustes automáticos.

- ✓ 100% isento de substâncias irritantes
- ✓ Sem necessidade de fotopolimerização em forno
- ✓ Sem necessidade de pós-processamento com químicos
- ✓ Impressão ecológica e saudável

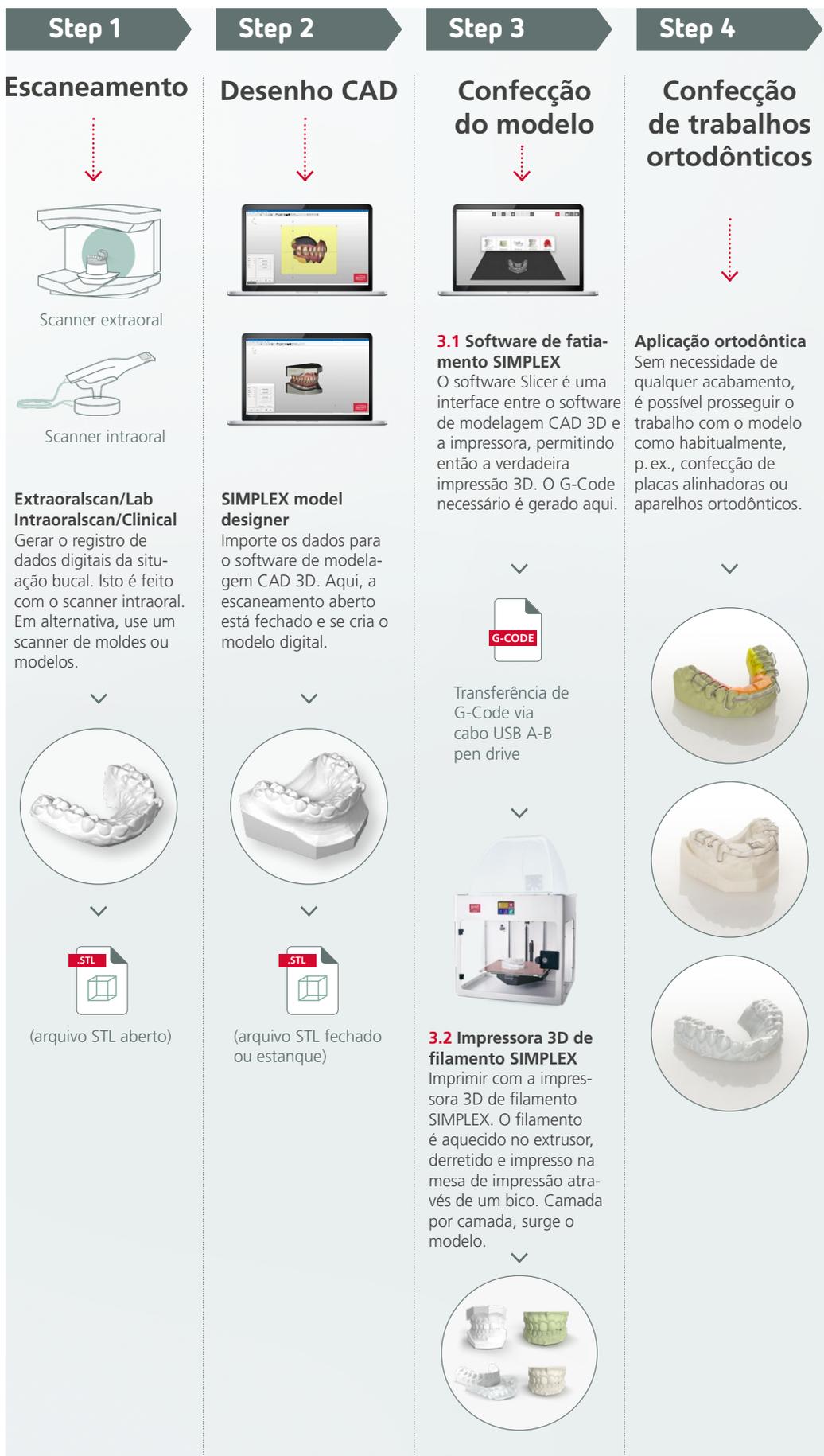
### Ecológico e sustentável

Os filamentos para impressão no SIMPLEX consistem em grande parte de matérias-primas renováveis (por exemplo, amido de milho). Não requer nenhum acabamento e, portanto, também nenhum isopropanol. O uso de produtos químicos é dispensado. Isso é ecológico e não prejudicial à saúde. Não existe formação de vapores nocivos (emissão) no consultório ou laboratório durante o processo de impressão.



[Mais informações sobre o SIMPLEX – O sistema de impressora 3D de filamento específico para a área de Ortodontia:](#)

## Fluxo de trabalho em síntese: impressão de filamento com SIMPLEX



Pronto! 