



Materiais para padrão de fundição: Ceras e Resinas Acrílicas

Parte 1 (Vídeo 1) – Introdução e fluxos de trabalho

1. Fundamentos introdutórios e opções de fluxos de trabalho

1.1 Introdução

Para alcançar alto nível de sucesso nos tratamentos odontológicos é importante que o dentista saiba realizar adequado diagnóstico e plano de tratamento, mas é também indispensável que ele conheça em detalhes as **fases laboratoriais**, assim como o técnico em prótese dentária deve conhecer os procedimentos clínicos.

1.2 Fluxos de trabalho

Peças metálicas (bem como cerâmicas) confeccionadas para restaurar partes perdidas dos dentes podem ser obtidas por meio de três fluxos de trabalho: convencional, parcialmente digital ou totalmente digital. Para os dois primeiros fluxos a **construção do padrão de fundição é etapa intermediária indispensável para a fabricação da restauração** metálica ou cerâmica (no caso de cerâmica injetada). Já no fluxo totalmente digital, a restauração pode ser fabricada por técnicas subtrativas ou aditivas, sem passar pela etapa da construção do padrão de fundição.

1.2.1 Fluxo de trabalho convencional:

O padrão de fundição é construído sobre o modelo físico. O processo inicia-se obtendo uma peça do mesmo tamanho e forma que se deseja para o metal ou para cerâmica, mas em um material mais trabalhável. Esta peça pode ser construída em cera ou resina acrílica especial e é chamada de “padrão de fundição”. **Este padrão deve reproduzir todas as estruturas que foram perdidas, e é importante que a cera ou a resina apresentem cor contrastante com a do gesso, para facilitar a visualização dos limites entre padrão e modelo** (onde se inicia e onde termina) e garantir que o padrão cubra toda a região preparada do dente. Posteriormente, aplica-se o processo de fundição da cera perdida. O aquecimento do padrão de fundição, uma vez incluído no cilindro de revestimento, faz com que a cera evapore e, portanto,

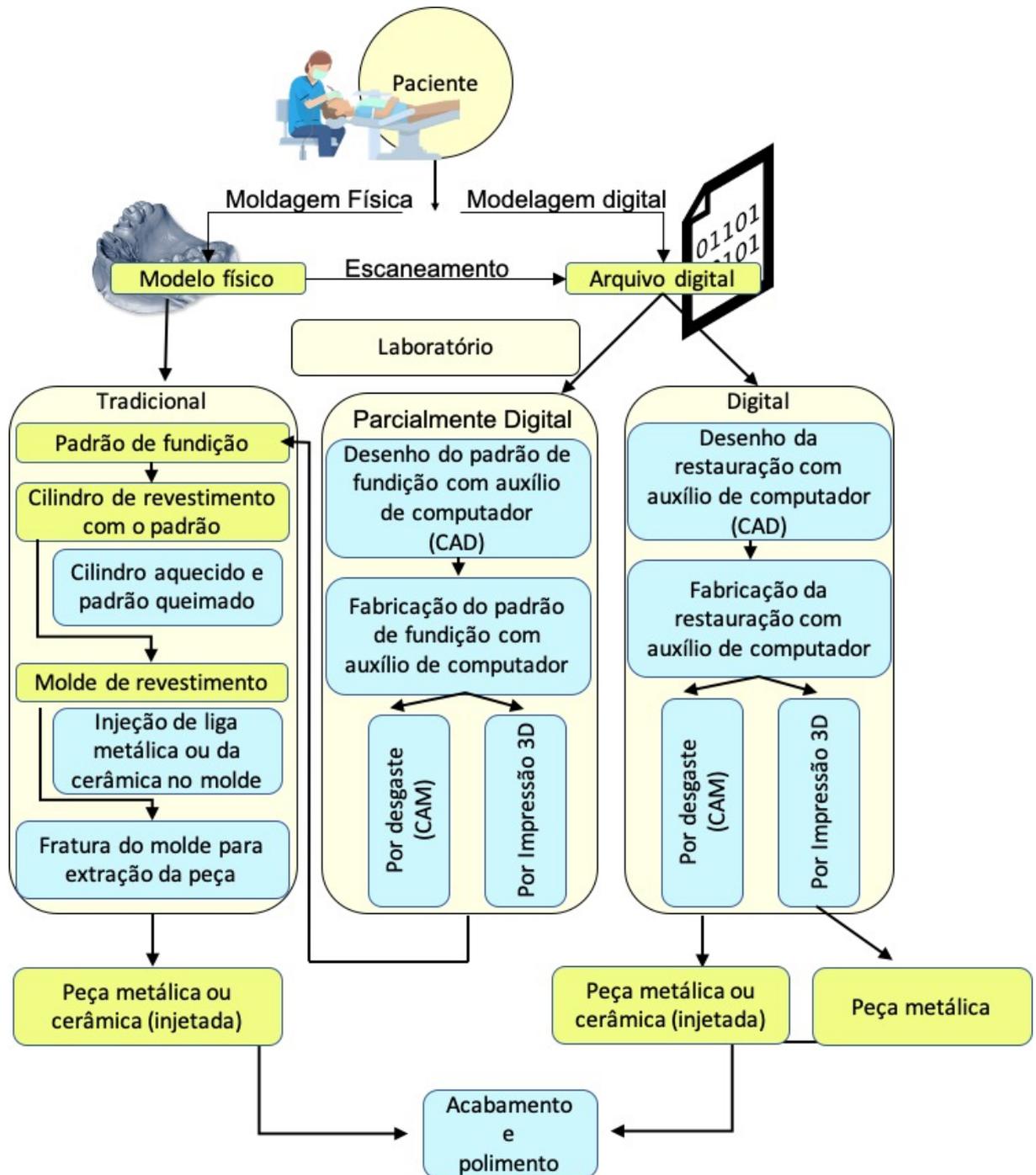
seja eliminada (a cera é perdida). Durante este processo, forma-se um molde no revestimento. Para fabricar as restaurações, a liga metálica liquefeita ou a cerâmica em estado pastoso (quando é injetável) é então forçada a preencher todo o espaço do molde antes de solidificar.

1.2.2 Fluxo de trabalho parcialmente digital:

No fluxo parcialmente digital, o processo também inicia-se obtendo uma peça do mesmo tamanho e forma que se deseja para o metal ou para cerâmica; mas inicialmente a peça é virtual (Computer-Aided Design – CAD): existe apenas no computador. Depois, por meio de máquinas para fresagem/usinagem comandadas por computador (Computer-Aided Manufacturing/Machining – CAM), **é possível desgastar com suficiente exatidão blocos de cera e/ou de resina (PMMA - polimetilmetacrilato) para fabricar o padrão de fundição “físico” (técnica subtrativa)**. O padrão físico também pode ser obtido por meio da tecnologia de impressão tridimensional (3D). A impressão é chamada de “**técnica aditiva**”. Após a obtenção do padrão de fundição por meio do fluxo digital, volta-se ao processo convencional de fundição (descrito anteriormente) para fabricar as restaurações.

1.2.3 Fluxo de trabalho totalmente digital:

No fluxo totalmente digital, o processo também se inicia obtendo uma peça virtual do mesmo tamanho e forma que se deseja para o metal ou para cerâmica (Computer-Aided Design – CAD). Mas agora **não há necessidade de passar pela etapa da confecção do padrão de fundição**, pois são utilizadas máquinas especiais para fresagem/usinagem comandadas por computador (Computer-Aided Manufacturing/Machining – CAM) que conseguem desgastar com suficiente exatidão blocos de metal e/ou de cerâmica para dar-lhes a forma de restaurações dentárias (técnica subtrativa). Mais recentemente, com a melhora da tecnologia laser acoplada ao comando por computador tornou-se possível fabricar restaurações metálicas por meio da tecnologia de impressão tridimensional (3D) (técnica aditiva). No entanto, esta tecnologia ainda é menos utilizada devido ao seu alto custo.



Parte 2 (Vídeo 2) - Requisitos

2. Requisitos do material para confeccionar o padrão de fundição pelo fluxo convencional

Não há como obter uma peça metálica fundida ou uma peça cerâmica que seja melhor que o seu padrão. São quatro os requisitos que deve cumprir o material para ser usado na confecção de um padrão de fundição. São eles:

2.1 Capacidade de adaptação precisa às paredes do remanescente dentário a ser substituído, normalmente copiadas pelo modelo:

Cada paciente precisa de uma peça com forma e dimensões específicas para se adaptar com exatidão à sua boca. Esta peça deverá estar ajustada não só ao remanescente dental, como também aos dentes vizinhos e antagonistas, ou seja, o **padrão de fundição precisa estar ajustado em todas as direções do espaço**. É importante ressaltar que os passos prévios à confecção do padrão de fundição (moldagem e obtenção do modelo físico) também irão influenciar na adaptação exata da restauração ao remanescente dentário a ser substituído.

2.2 Estabilidade morfológica:

A estabilidade morfológica não deve ser confundida com a estabilidade dimensional: **enquanto a morfológica é sempre desejável para evitar distorções**, a falta de estabilidade dimensional (por exemplo, a relacionada com variações de temperatura) pode ser aproveitada para compensar a contração da liga metálica sólida. As ceras duras podem ser expandidas com menor risco de distorção se aquecidas até 37°C durante os momentos iniciais da inclusão da peça no revestimento, quando este ainda não tomou presa, como recomenda uma das técnicas de fundição que será vista com maior profundidade em aula futura específica.

2.3 Possibilidade de remoção completa do interior do molde de revestimento:

Esta propriedade é dependente da **capacidade do material de se queimar deixando mínima quantidade de resíduos (quantidade aquém de 0,1% é considerada aceitável)**, já que, normalmente, o padrão é eliminado por aquecimento do molde de revestimento.

2.4 Facilidade de trabalho:

O material deve **apresentar cor contrastante, permitir ser esculpido com facilidade, não descamar ou lascar ao ser esculpido, e deve admitir acréscimos para correção da forma**. Se o material for resistente mecanicamente, permitirá a prova do padrão na boca, ou até a construção na própria boca do paciente ao invés de no modelo, que em alguns casos pode ser desejável.

3 Requisitos do material para confeccionar o padrão de fundição pelo fluxo parcialmente digital

3.1 Capacidade de fresagem ou de impressão precisa:

A **precisão da fresagem ou da impressão** do material utilizado para confeccionar o padrão pelo fluxo digital influenciará diretamente a capacidade de adaptação da restauração final às paredes do remanescente dentário a ser substituído. Assim como no fluxo convencional, a peça deverá estar ajustada não só ao remanescente dental, como também aos dentes vizinhos e antagonistas, ou seja, o **padrão de fundição precisa estar ajustado em todas as direções do espaço**. É importante ressaltar que os passos prévios à confecção do padrão de fundição (modelagem e obtenção do modelo digital) irão influenciar na adaptação exata da restauração ao remanescente dentário a ser substituído.

3.2 Capacidade de fresagem ou de impressão eficiente:

O **tempo necessário para a fresagem ou para a impressão do padrão** é um requisito importante a ser avaliado quando se opta por utilizar o fluxo parcialmente digital. Para trabalhos mais extensos (por exemplo, próteses parciais fixas de 3 ou mais elementos), a eficiência do trabalho é consideravelmente maior comparada ao fluxo convencional.

3.3 Possibilidade de remoção completa do interior do molde de revestimento:

Assim como no fluxo convencional, no fluxo parcialmente digital a cera também será removida completamente do interior do molde de revestimento. Esta propriedade é dependente da **capacidade do material de se queimar deixando mínima quantidade de resíduos (quantidade aquém de 0,1% é considerada aceitável)**, já que, normalmente, o padrão é eliminado por aquecimento do molde de revestimento.

Parte 3 (Vídeo 3) - Ceras e resinas acrílicas

4 Ceras para padrão de fundição

Há mais de 200 anos a cera já era usada na Odontologia para a realização da moldagem. Hoje, a sua principal aplicação é a tomada de registro oclusal e a confecção de padrões de fundição. As ceras são muito usadas para confeccionar padrões de fundição, apesar de serem necessários cuidados técnicos para evitar sua distorção.

4.1 Composição e manipulação

As ceras são **polímeros orgânicos constituídos por hidrocarbonetos** (moléculas que contém carbono e hidrogênio em sua composição). São materiais **termoplásticos** que estão no estado sólido em temperatura ambiente e passam para o estado líquido quando aquecidos. Portanto, as propriedades térmicas são as que mais apresentam interesse, principalmente a propriedade de termoplasticidade (avaliada pela temperatura de amolecimento) e o coeficiente de expansão térmica linear (C.E.T.L). A **manipulação da cera é feita normalmente aquecendo-a em calor seco** por meio de gotejadores elétricos ou manuais. Em qualquer um deles o **superaquecimento deve ser evitado**, porque provoca a volatilização ou queima de componentes, o que altera a composição e as propriedades iniciais.

4.2 Tipos (dureza)

A ADA (especificação número 4) considera três tipos de cera para padrão: tipo A, dura e de baixo escoamento, raramente usada; tipo B de dureza intermediária, recomendada para padrões construídos diretamente na boca; tipo C, mole, recomendada para técnicas indiretas. Esta divisão é antiga e leva em consideração uma época em que, às vezes, confeccionavam-se padrões mais simples diretamente na boca dos pacientes. Nestes casos exigia-se que a cera tivesse uma temperatura de amolecimento mais alta, de modo que fosse suficientemente rígida à temperatura bucal (37°C) para permitir sua remoção da cavidade sem que ocorressem distorções (ceras mais duras). Já as ceras tipo C poderiam ter a mesma rigidez à temperatura ambiente (25°C), pois seriam removidas dos modelos nesta temperatura (ceras mais moles).

O uso de ceras mais duras ou mais moles determina detalhes técnicos posteriores do processo de fundição. Por exemplo: o **total da contração efetiva é calculado, na prática, pelo produto do C.E.T.L.** (o α das ceras é da ordem de

$350 \times 10^{-6} \text{mm/mm}^\circ\text{C}$) **multiplicado pelo salto térmico entre a temperatura de amolecimento** (variável conforme a dureza da cera) **e a temperatura em que o padrão é incluído em revestimento** (normalmente, a temperatura ambiente). Por isto, a contração efetiva das ceras duras é maior e exige expansões maiores para ser corretamente compensada. Por outro lado, as ceras mais duras, sendo também mais resistentes à deformação, são capazes de se opor de modo mais efetivo às forças de expansão do revestimento, o que pode contribuir para limitar a expansão realmente obtida e para a ocorrência de distorção.

4.3 Vantagens

A composição heterogênea das ceras é importante, pois cada um de seus componentes tende a produzir alguma das propriedades desejáveis. A cera tem a vantagem de ser **facilmente conformável**: admite escultura com instrumentos cortantes manuais e permite realizar com rapidez acréscimos de material. O grande intervalo de temperatura entre o início do seu amolecimento e a total liquefação (intervalo de fusão) dado em função da diversidade entre os seus componentes faz com que a cera seja um **material moldável**. Além disso, a cera apresenta a **capacidade de se queimar deixando mínimo resíduo**. Para garantir a completa eliminação do padrão de cera, normalmente por aquecimento do revestimento, a especificação número 4 da ADA exige que a cera queime a 500°C deixando menos de 0,1% de resíduo sólido.

4.4 Limitações

A **manutenção da forma** é um problema, devido a propriedades inerentes ao material: as ceras são compostas de uma grande variedade de moléculas de hidrocarbonetos, tais como parafina, resina dammar e cera de carnaúba, além de corantes. Cada um desses componentes apresenta temperatura de amolecimento própria. Assim, o grande intervalo de temperatura entre o início do seu amolecimento e a total liquefação lhe confere o inconveniente de **escoar (até sob ação de apenas seu próprio peso)** com o passar do tempo e, pior ainda, a possibilidade de que sejam **induzidas tensões residuais durante o manuseio**.

4.4.1 Indução e liberação das tensões residuais

As tensões residuais são induzidas quando se aplica **deformação permanente a uma cera que não esteja completamente liquefeita**: por exemplo, quando se encontra num estado moldável. Quanto mais fria estiver e, conseqüentemente, mais

resistente a ser deformada, mais tensões serão induzidas. **As deformações podem ser aplicadas de modo imperceptível.** Por exemplo, ao aplicar a força necessária para segurar na mão o padrão, ou ao esculpir a cera com instrumento mal afiado. Ou mesmo ao acrescentar uma porção de cera liquefeita sobre a cera sólida pois, ao se contrair essa porção durante o resfriamento, irá repuxar a cera já sólida. As tensões também são induzidas (e de modo muito irregular nas diferentes regiões do padrão) quando a contração térmica da cera é restringida ou até impedida pelo próprio modelo, que não contrai enquanto a cera esfria.

Um **padrão de cera inicialmente bem ajustado pode perder seu ajuste se forem liberadas as tensões induzidas** nele durante sua confecção. É lógico que não pode ocorrer liberação de tensões se não foram previamente induzidas: portanto é conveniente evitar os procedimentos que as induzem.

A liberação de tensões é favorecida pelo **aumento de temperatura e pelo passar do tempo.** Por estes motivos, recomenda-se que, ao utilizar a cera como material para confeccionar um padrão, seja evitada tanto a indução quanto a liberação de tensões eventualmente induzidas. Como um certo grau de indução de tensões é inevitável apesar dos cuidados técnicos, **recomenda-se fazer a inclusão em revestimento imediatamente depois de concluída a confecção do padrão, especialmente em dias quentes.** Deste modo se reduz o tempo disponível para a libertação de tensões.

5 Resinas acrílicas especiais para padrão de fundição

Existem também resinas acrílicas especiais que podem ser usadas para construir total ou parcialmente o padrão de fundição. Os fabricantes garantem a **cor contrastante** com o modelo (geralmente são vermelhas), o **nível de resíduos menor que 0,1%** a 500°C e os **menores níveis possíveis de contração de polimerização.** Esta última característica é conseguida melhorando a **combinação de tamanhos das esferas do pó de forma a obter maior compactação**, de modo a exigirem a menor proporção possível de monômero para formar a massa plástica e, conseqüentemente, apresentar menor contração de polimerização.

5.1 Vantagens

O uso de acrílico tem as seguintes vantagens:

5.1.1 Permitir a prova e o ajuste do padrão na boca.

5.1.2 **Não estar tão sujeita à indução/liberação de tensões**, já que a temperatura de amolecimento é muito mais alta que a da cera, e as alterações dimensionais (por contração de polimerização ou por variações térmicas) são muito menores que as das ceras.

5.2 Limitações

O acrílico é **mais difícil de ser esculpido** e, por sua maior resistência mecânica, é capaz de provocar mais **distorção durante a expansão de presa do revestimento** já que a restrição mecânica diminui a expansão efetiva do revestimento, de um modo parecido a como a restrição mecânica do modelo é capaz de diminuir a contração efetiva da cera que solidifica em contato com ele.

Parte 4 (Vídeo 4) - Resumo

Peças metálicas (bem como cerâmicas injetadas) confeccionadas para restaurar partes perdidas dos dentes podem ser obtidas por meio de três fluxos de trabalho: convencional, parcialmente digital ou totalmente digital. Para os dois primeiros fluxos a construção do padrão de fundição é etapa intermediária indispensável para a fabricação da restauração metálica ou cerâmica (no caso de cerâmica injetada). Já no fluxo totalmente digital, a restauração pode ser fabricada por técnicas subtrativas ou aditivas, sem passar pela etapa da construção do padrão de fundição.

Baseado nos requisitos principais que deve cumprir o material para ser usado na confecção de um padrão de fundição, dois materiais são elegíveis: ceras e resinas acrílicas especiais.

A cera apresenta as vantagens de ser moldável, facilmente conformável (admite escultura com instrumentos cortantes manuais e permite realizar com rapidez acréscimos de material), e apresenta capacidade de se queimar deixando mínimo resíduo (0,1% de resíduo sólido quando aquecida a 500 °C). No entanto, a manutenção da forma é um problema. O grande intervalo de temperatura entre o início do seu amolecimento e a total liquefação também lhe confere o inconveniente de escoar (até sob ação de apenas seu próprio peso) com o passar do tempo e, pior ainda, a possibilidade de que sejam induzidas tensões residuais durante o manuseio. As tensões residuais são induzidas quando se aplica deformação permanente a uma

cera que não esteja completamente liquefeita. Quanto mais fria estiver e, conseqüentemente, mais resistente a ser deformada, mais tensões serão induzidas. Um padrão de cera inicialmente bem ajustado pode perder seu ajuste se forem liberadas as tensões induzidas nele durante sua confecção. Esta liberação é favorecida pelo aumento de temperatura e pelo passar do tempo. Por estes motivos, recomenda-se fazer a inclusão em revestimento imediatamente depois de concluída a confecção do padrão, especialmente em dias quentes. Deste modo se reduz o tempo disponível para a liberação de tensões.

A resina acrílica para a construção do padrão de fundição apresenta as vantagens de permitir a prova e o ajuste do padrão na boca e, além disso, o material não está tão sujeito à indução/liberação de tensões, já que a temperatura de amolecimento da resina acrílica é muito mais alta que a da cera, e as alterações dimensionais (por contração de polimerização ou por variações térmicas) são muito menores que as das ceras. No entanto, o material é mais difícil de ser esculpido e, por sua maior resistência mecânica, é capaz de provocar mais distorção durante a expansão de presa do revestimento já que a restrição mecânica diminui a expansão efetiva do revestimento.