

PVE5301-4

Projeto Integrado do produto automotivo



Escola Politécnica
da Universidade
de São Paulo



Prof. Dr. Guilherme Canuto da Silva
guilhermecanuto@usp.br

Conteúdo (aula 1)

Conteúdo da aula

- ✓ PDP-Automotivo
- ✓ Protótipos virtuais e físicos
- ✓ Diretrizes para seleção de protótipos
- ✓ Exercício proposto

PVE5301-4

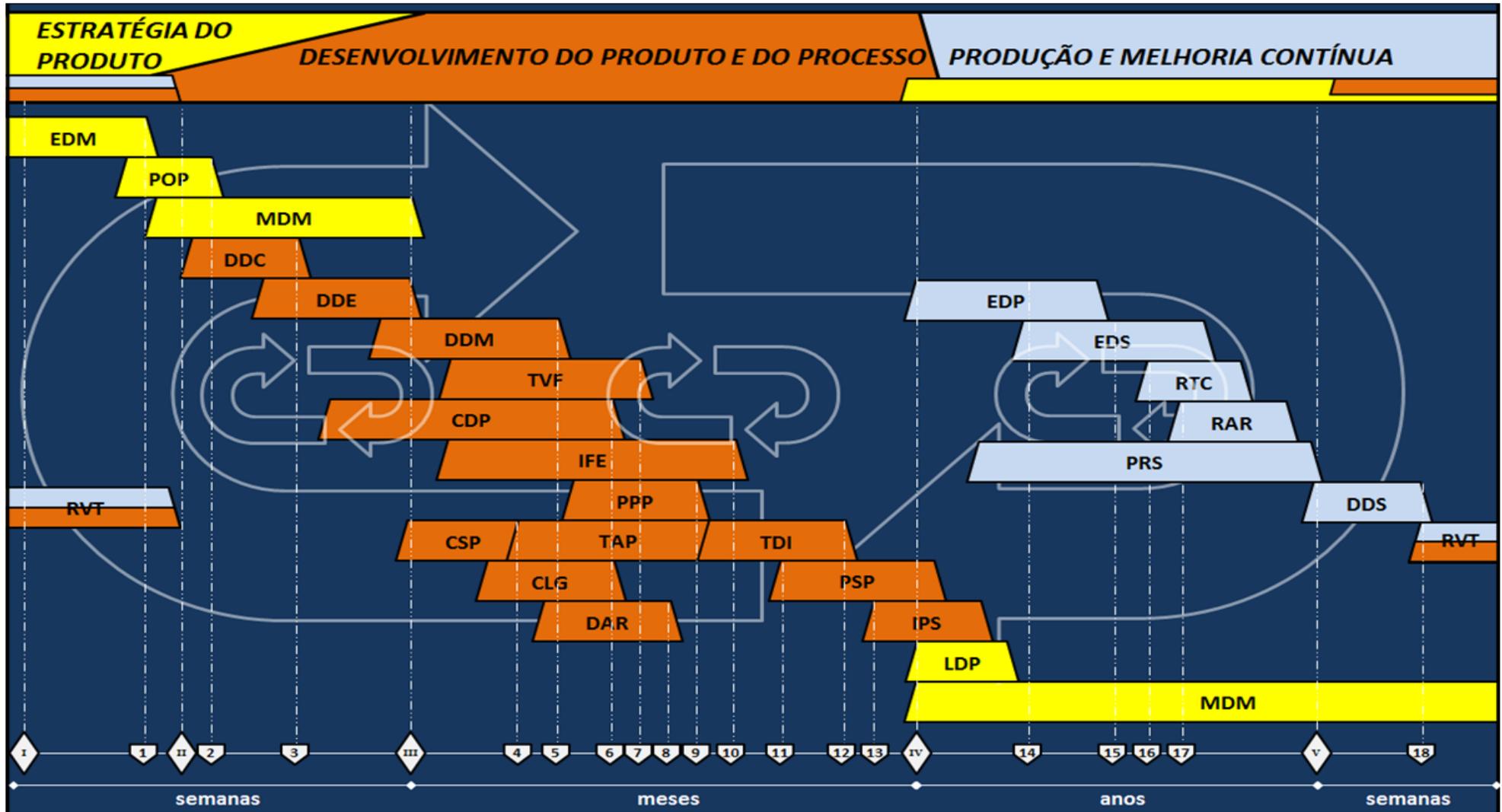
Projeto Integrado do produto automotivo



Escola Politécnica
da Universidade
de São Paulo



PDP-Automotivo



Legenda

estudo de mercado	EDM	desenvolvimento do conceito	DDC	conceito do processo	CDP	estabilidade do processo	EDP
posicionamento do produto	POP	desenvolvimento do estilo	DDE	infraestrutura	IFE	estabilidade da série	EDS
monitoramento do mercado	MDM	desenvolvimento dos módulos	DDM	planejamento e preparação da produção	PPP	redução dos tempos de ciclo	RTC
lançamento do produto	LDP	testes e validação final	TVF	conceito do sistema de produção	CSP	redimensionamento e alocação de recursos	RAR
				tecnologia e automação do processo	TAP	produção seriada	PRS
				testes das instalações	TDI	descontinuidade da série	DDS
				conceito logístico	CLG	revisão técnica	RVT
				dimensionamento e alocação de recursos	DAR		
				pré-série de produção	PSP	marco gerencial	
				início da produção seriada	IPS	marco técnico	

PVE5301-4

Projeto Integrado do produto automotivo



Escola Politécnica
da Universidade
de São Paulo



Definição

Protótipos virtuais e físicos

Definição

Primeiro tipo ou exemplar, modelo [1].

protótipo	aplicação
conceitual	Avaliação do conceito do produto e/ou da fabricação.
geométrico	Avaliação da geometria do produto e/ou da fabricação.
funcional	Avaliação de funções do produto e/ou da fabricação.
técnico	Teste piloto do produto/componente e/ou da fabricação/dispositivo.
final	Pequenos lotes*.

* Apenas para protótipos físicos.

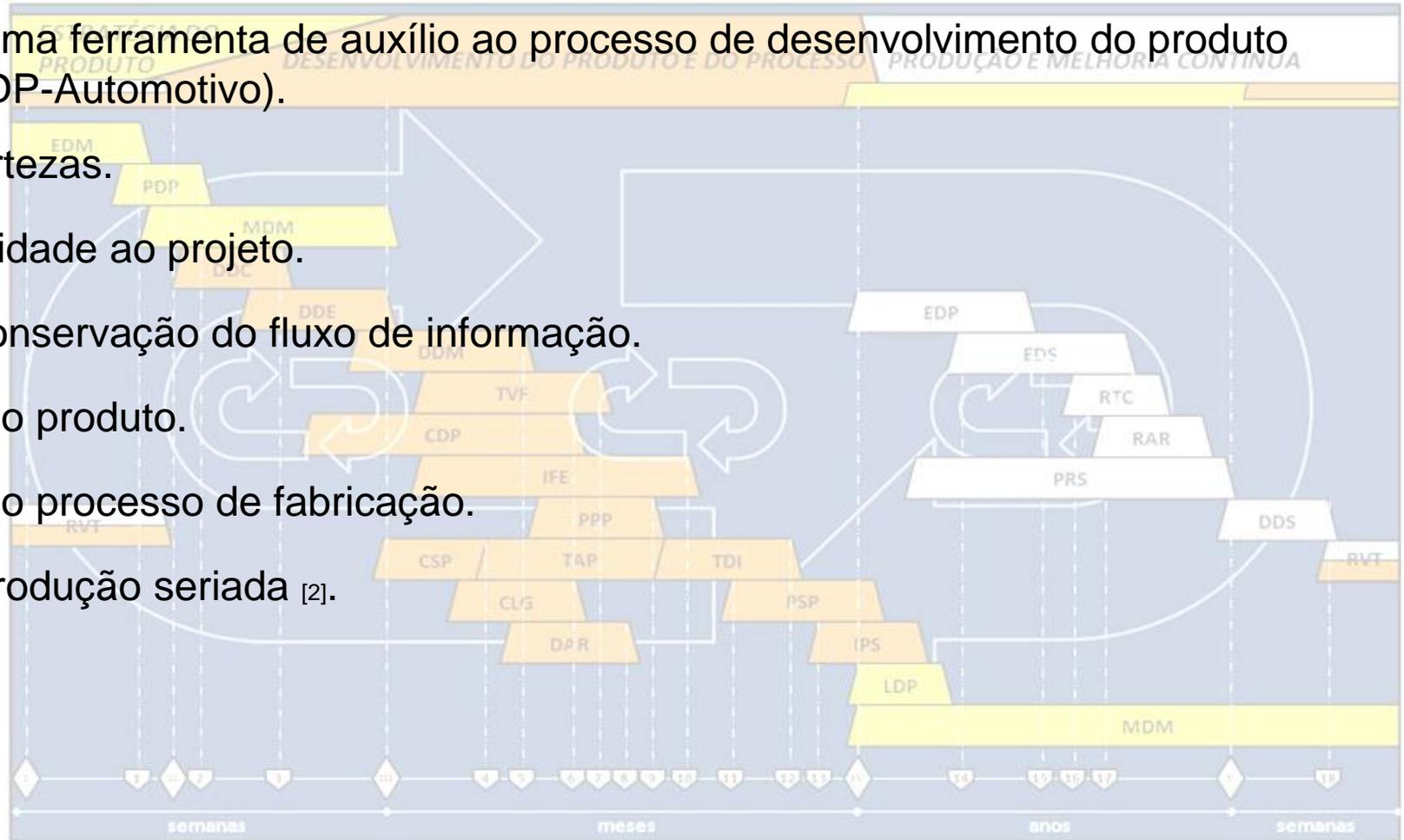
[2]

Protótipos virtuais e físicos

Finalidade do protótipo

O protótipo é uma ferramenta de auxílio ao processo de desenvolvimento do produto automotivo (PDP-Automotivo).

- Reduzir incertezas.
- Trazer maturidade ao projeto.
- Auxiliar na conservação do fluxo de informação.
- Desenvolver o produto.
- Desenvolver o processo de fabricação.
- Melhorar a produção seriada [2].



PVE5301-4

Projeto Integrado do produto automotivo



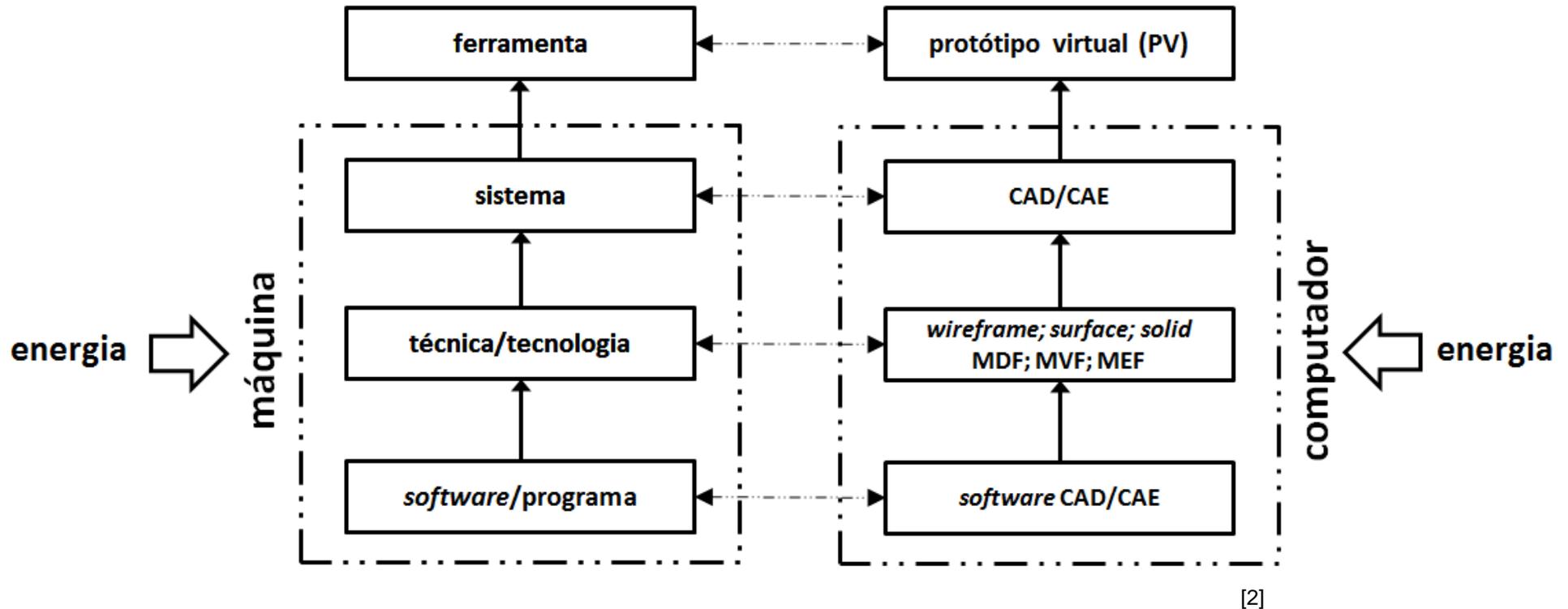
Escola Politécnica
da Universidade
de São Paulo



Protótipo virtual

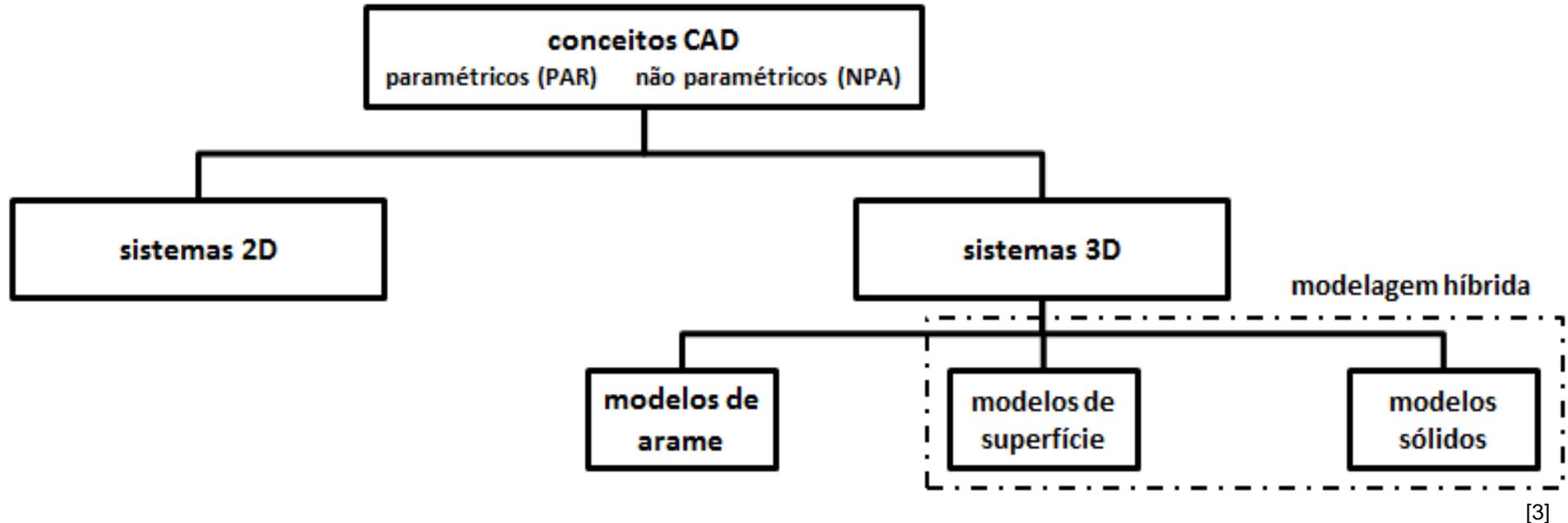
Protótipos virtuais e físicos

Sistemas de criação do protótipo virtual



Protótipos virtuais e físicos

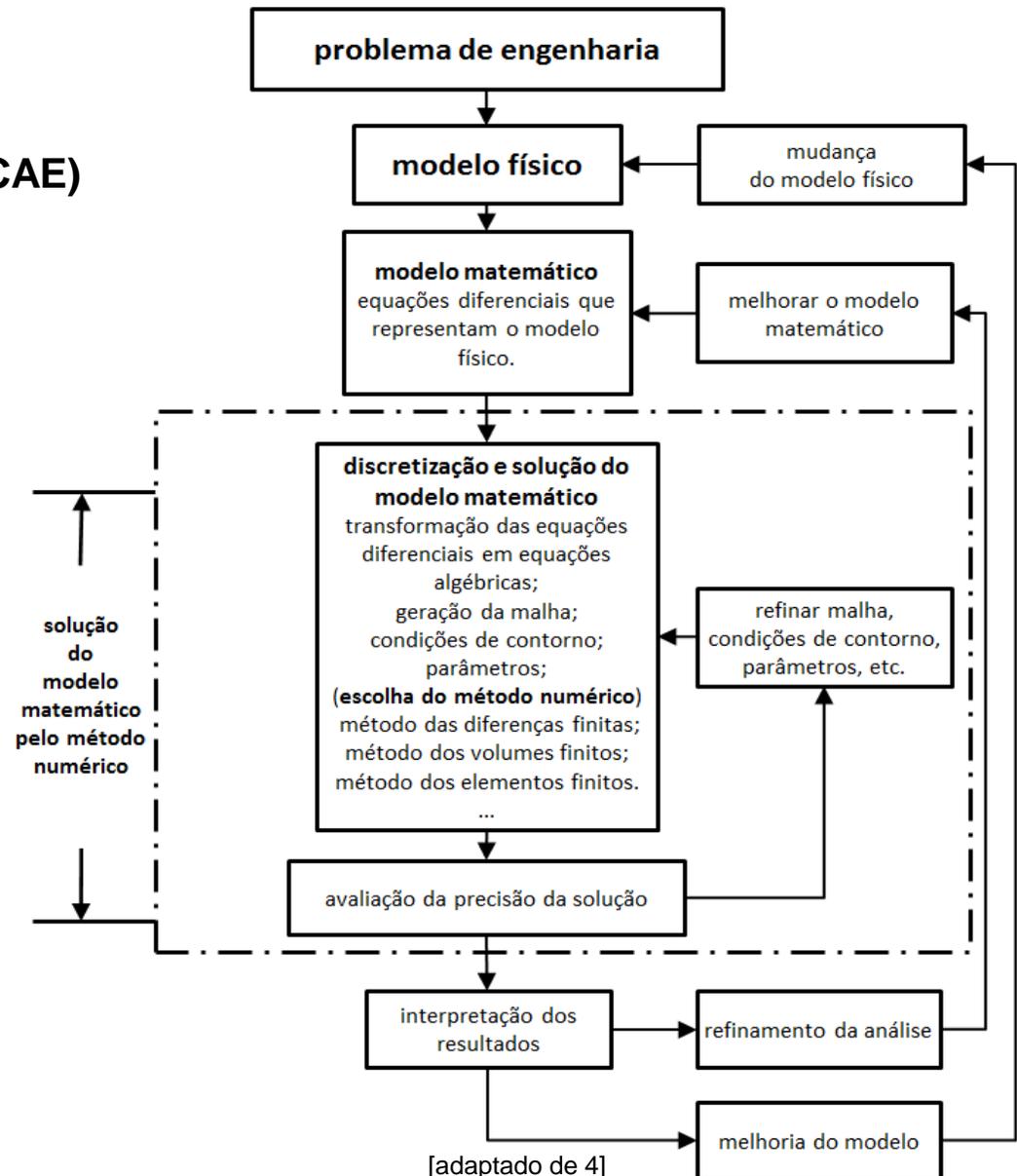
Sistemas de criação do protótipo virtual



Protótipos virtuais e físicos

Sistemas de criação do protótipo virtual (CAE)

- Tratativa do problema real de engenharia.
- Conhecimento do problema.
- Modelagem do problema.
- Testes do modelo.
- Solução do modelo.
- Capacidade de interpretar os resultados.
- Refinamento do modelo se necessário.
- Solução final.



Protótipos virtuais e físicos

Principais softwares/programas disponíveis no mercado (2013-2014).

empresas	sistemas	CAD	CAE			software/ programa		
			técnicas/tecnologias					
			MDF	MVF	MEF			
Autodesk		AutoCAD			Inventor Simulation			
		Navisworks	Moldflow	Moldflow	Moldflow			
		Sketchbook Pro			Simulation CFD			
		Inventor						
Dassault Systèmes		CATIA		SolidWorks Flow Simulation	SIMULIA Abaqus/CAE			
		Circuitworks		SIMULIA Abaqus/CFD	SIMULIA Isight			
		SolidWorks			DELMIA			
		Delmia						
Parametric Technology Corporation		Pro/ENGINEER			PTC Creo Simulate			
		InterCamm Expert						
Siemens		Unigraphics		Femap TMG Flow	NX I-DEAS			
		Solid Edge		NX Thermal	NX CAE			
		Tecnomatix		NX Flow	NX Flow			
		NX PCB Exchange						

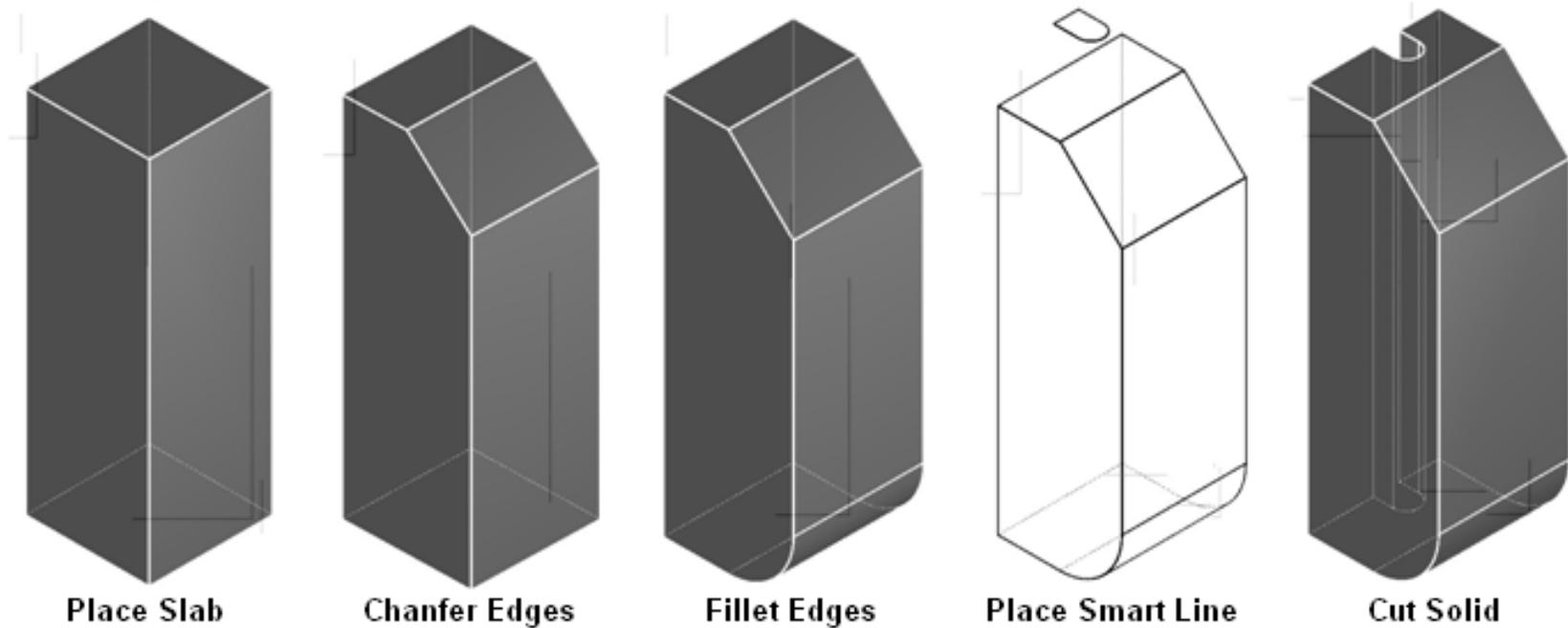
Legenda: (CAD) projeto auxiliado por computador (CAE) engenharia auxiliada por computador (MDF) método das diferenças finitas (MVF) método dos volumes finitos (MEF) método dos elementos finitos

[2]

Protótipos virtuais e físicos

Exemplo de aplicação (produto)

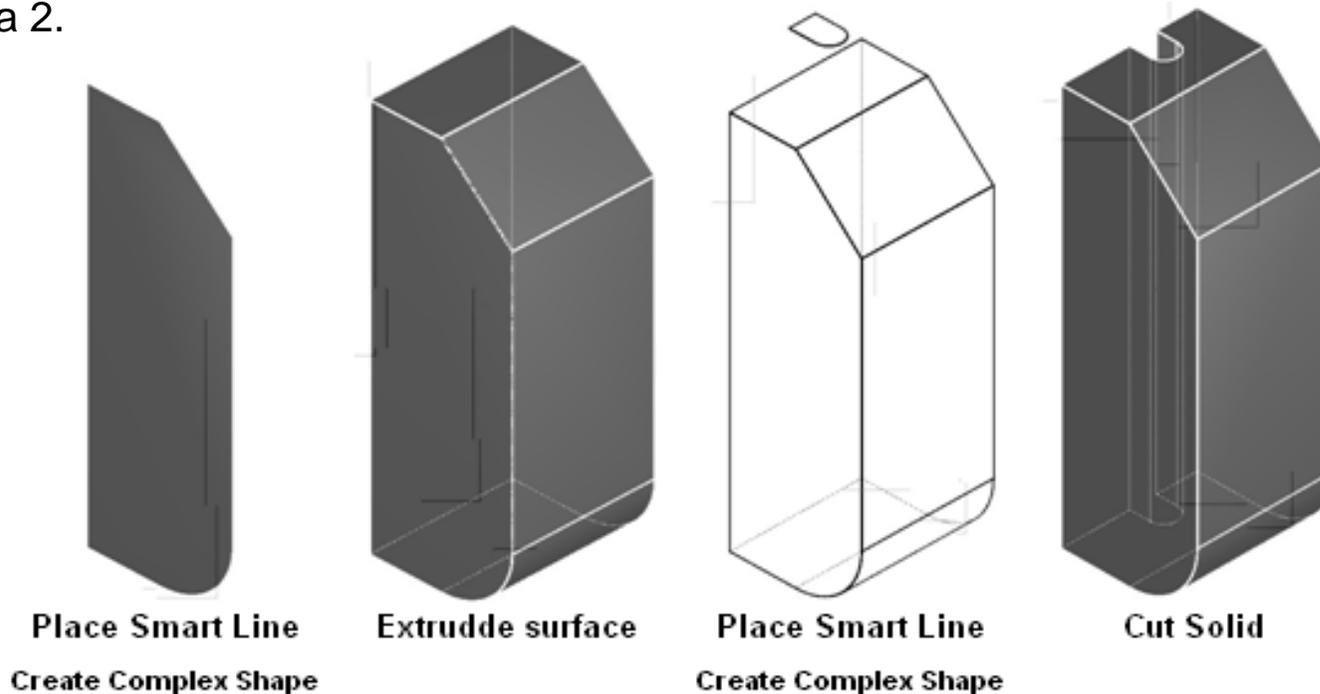
- Construção de um produto por meio de diferentes sequências de comandos (CAD).
- Sequência 1.



Protótipos virtuais e físicos

Exemplo de aplicação (produto)

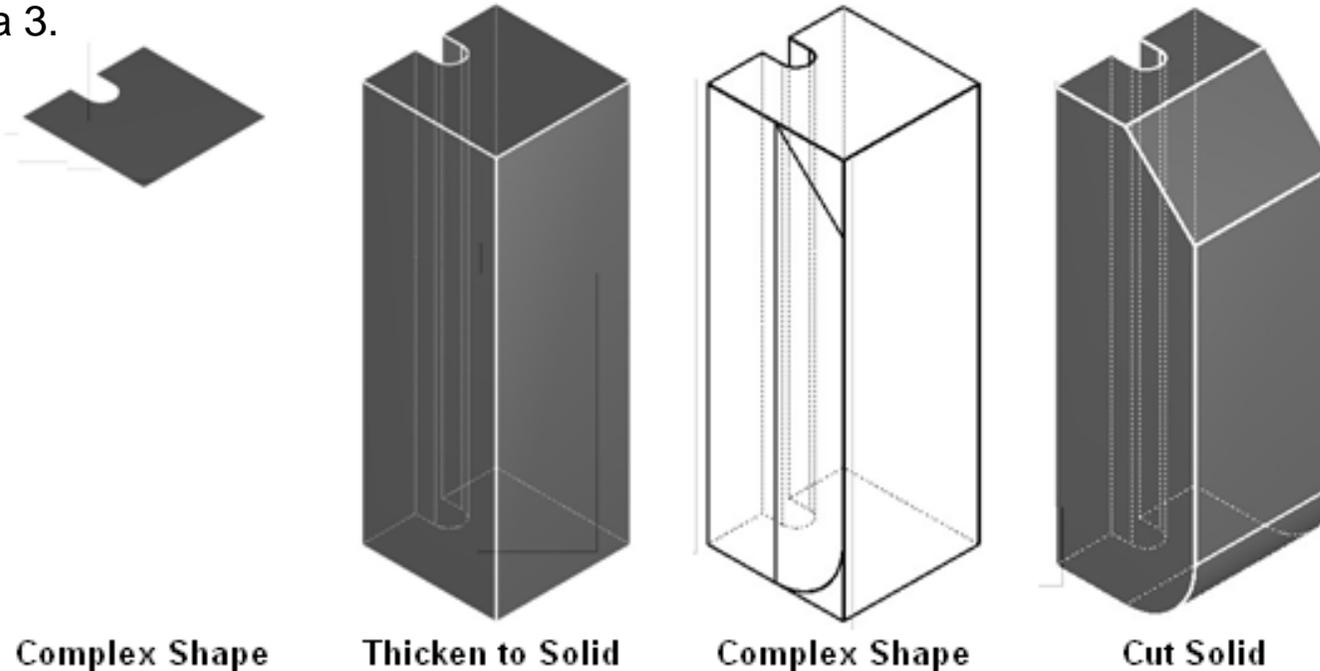
- Construção de um produto por meio de diferentes sequências de comandos (CAD).
- Sequência 2.



Protótipos virtuais e físicos

Exemplo de aplicação (produto)

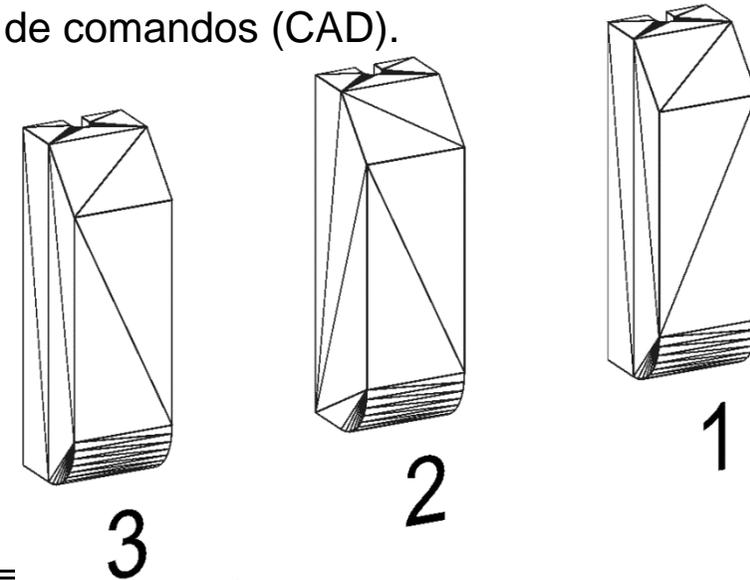
- Construção de um produto por meio de diferentes sequências de comandos (CAD).
- Sequência 3.



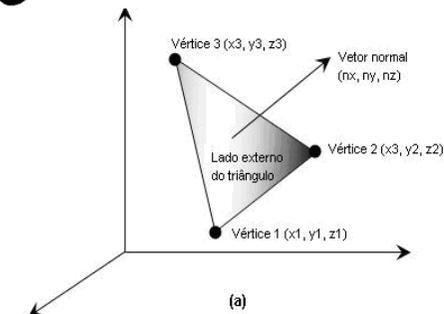
Protótipos virtuais e físicos

Exemplo de aplicação (comparativo)

- Construção de um produto por meio de diferentes sequências de comandos (CAD).
- Influências:
 - no tempo de projeto;
 - na qualidade do desenho de conjunto;
 - na importação e exportação de arquivos;
 - tamanho do arquivo.;
 - informações ou códigos utilizados em outras aplicações.



	sequência		
	1	2	3
quantidade de vértices	70	70	72
quantidade de facetas triangulares	136	136	140
quantidade de arestas	204	204	210
quantidade de arestas interiores	204	204	210
volume [mm³]	335.433,7	335.433,6	335.457,3
área de superfície [mm²]	35.705,6	35.705,6	35.707,0



Solid triângulo
 facet normal nx ny nz
 outer loop
 vertex x1 y1 z1
 vertex x2 y2 z2
 vertex x3 y3 z3
 endloop
 endfacet
 endsolid

(b)

PVE5301-4

Projeto Integrado do produto automotivo



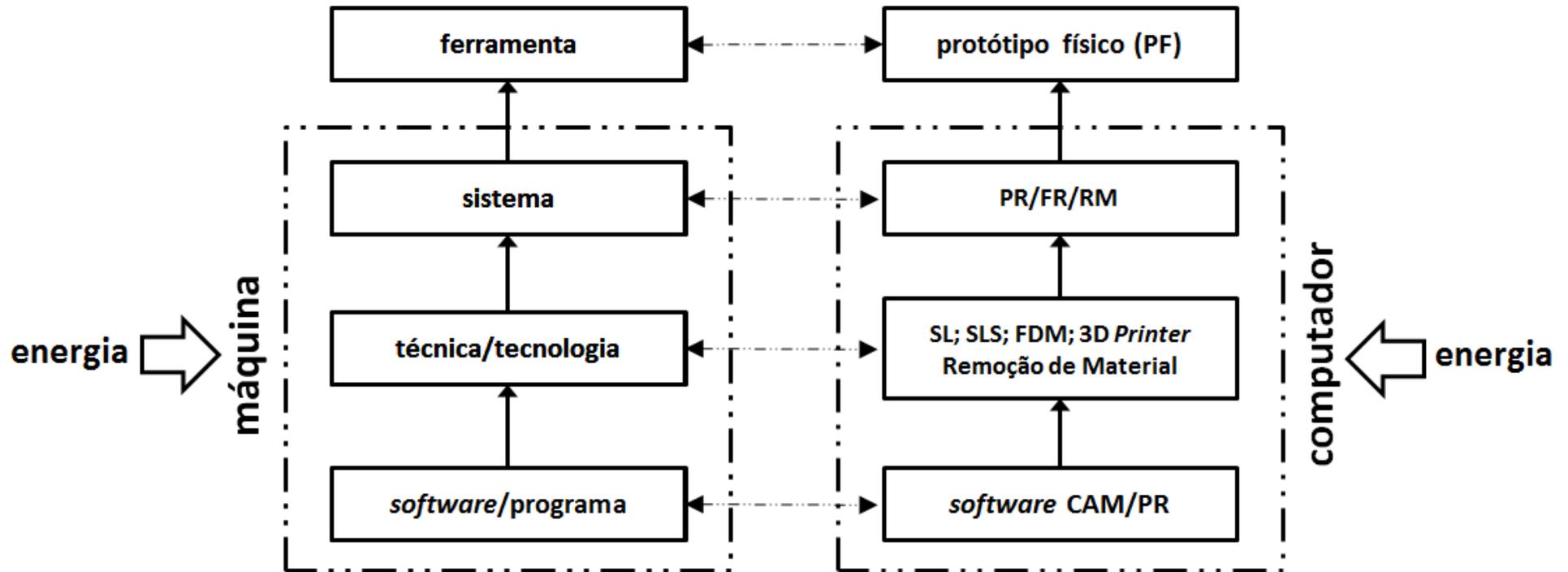
Escola Politécnica
da Universidade
de São Paulo



Protótipo físico

Protótipos virtuais e físicos

Sistemas de fabricação do protótipo físico

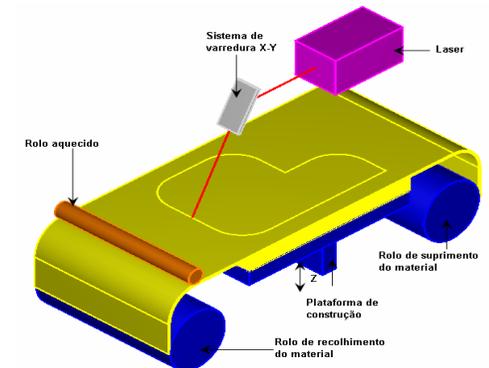
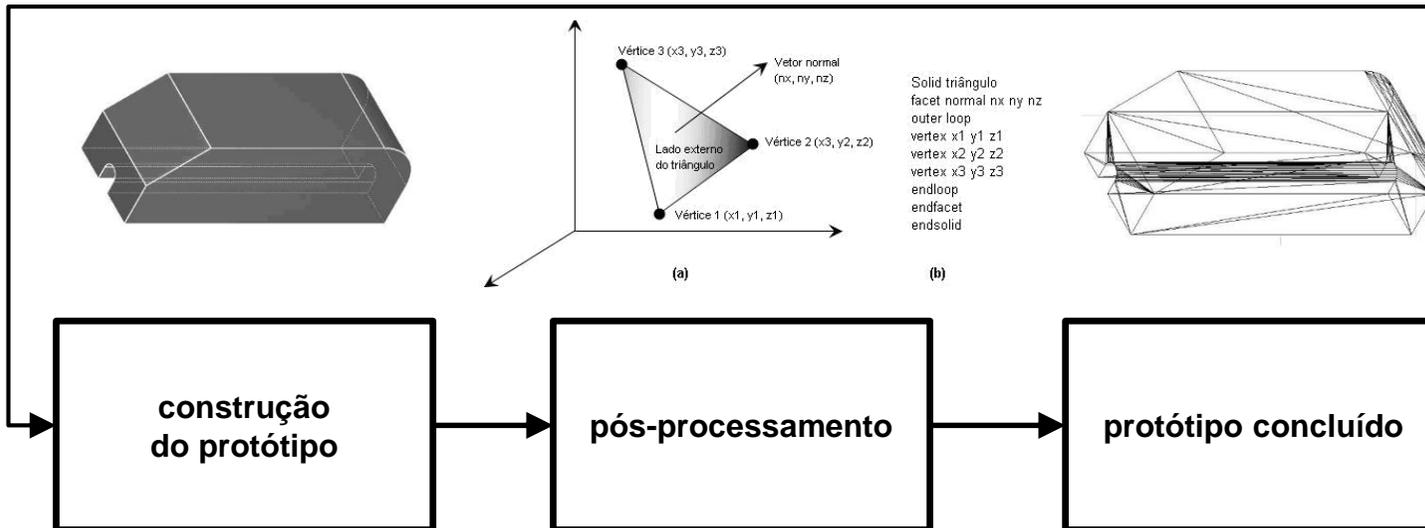
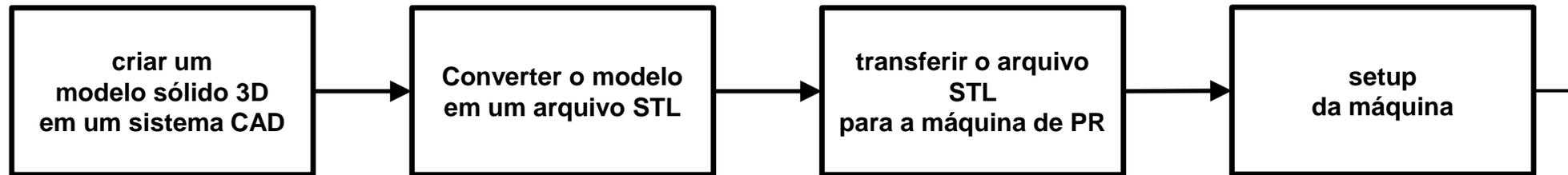


[2]

Protótipos virtuais e físicos

Etapas para fabricação do protótipo físico

▪ Prototipagem rápida e ferramental rápido (PR, FR)

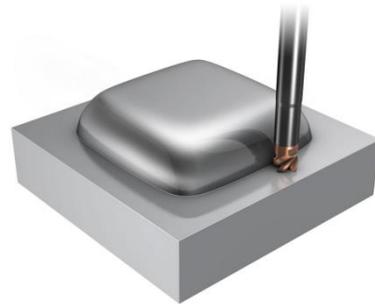
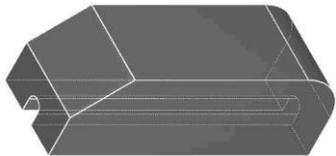
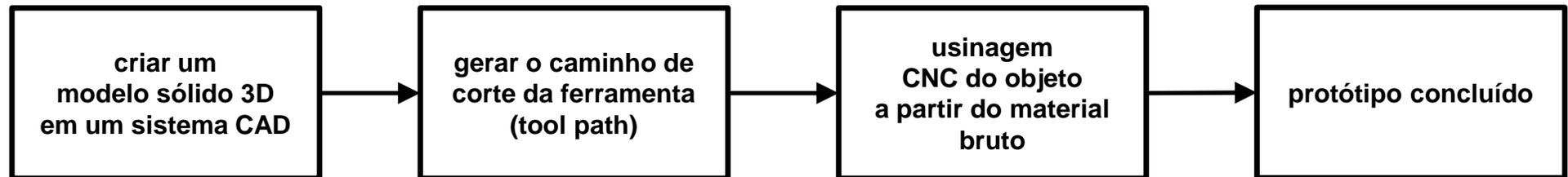


[2]

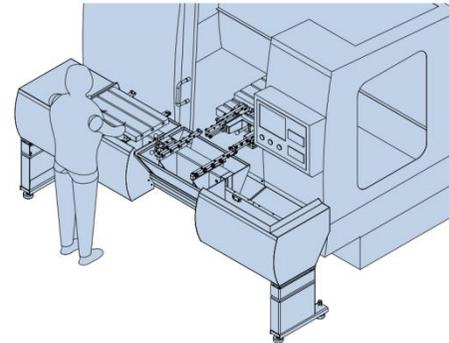
Protótipos virtuais e físicos

Etapas para fabricação do protótipo físico

- Remoção de material (RM)



[6]

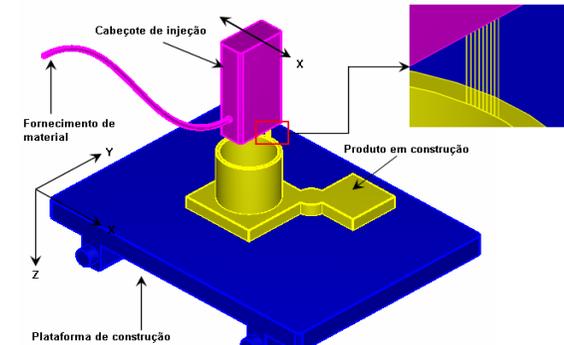
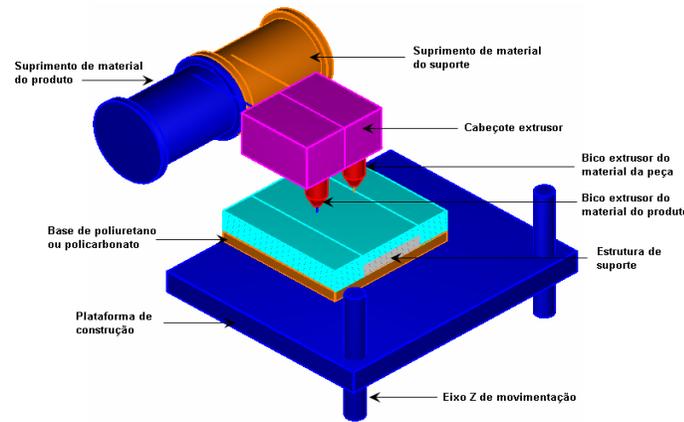
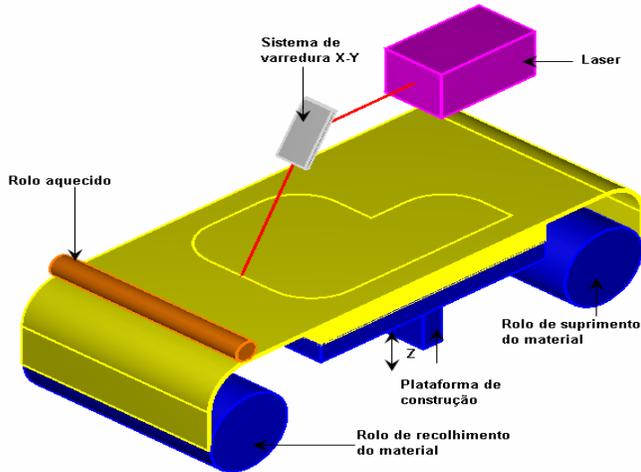
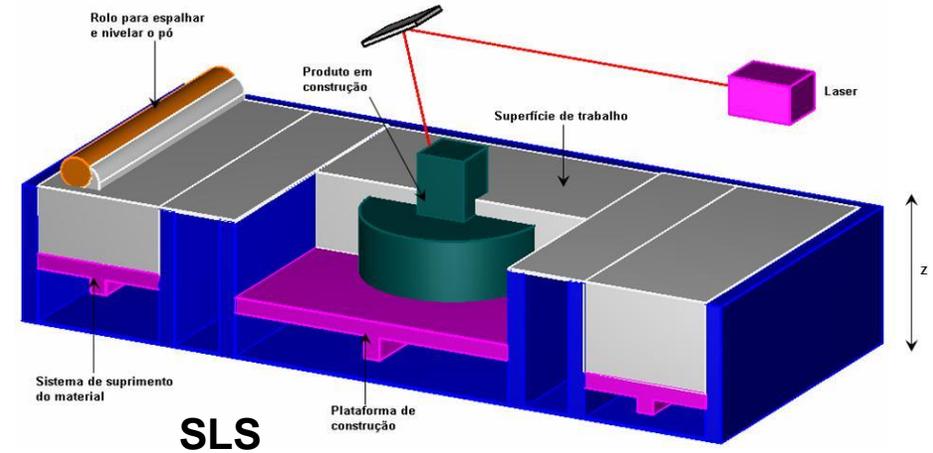
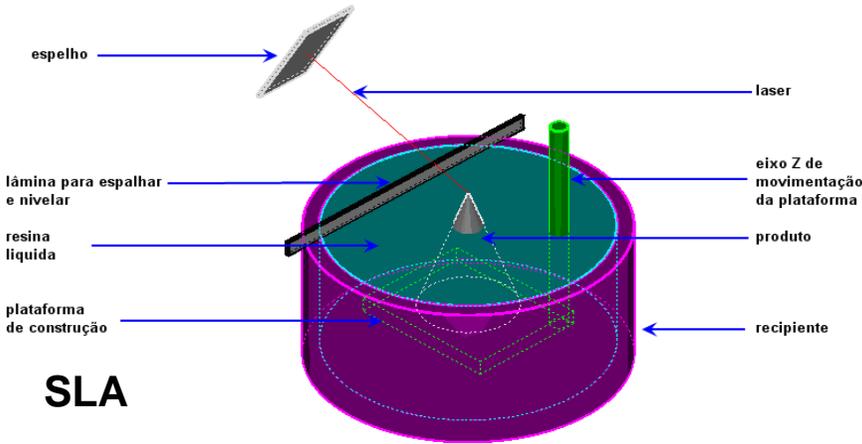


[7]

[2]

Protótipos virtuais e físicos

Principais técnicas/tecnologias disponíveis no mercado (Prototipagem Rápida)

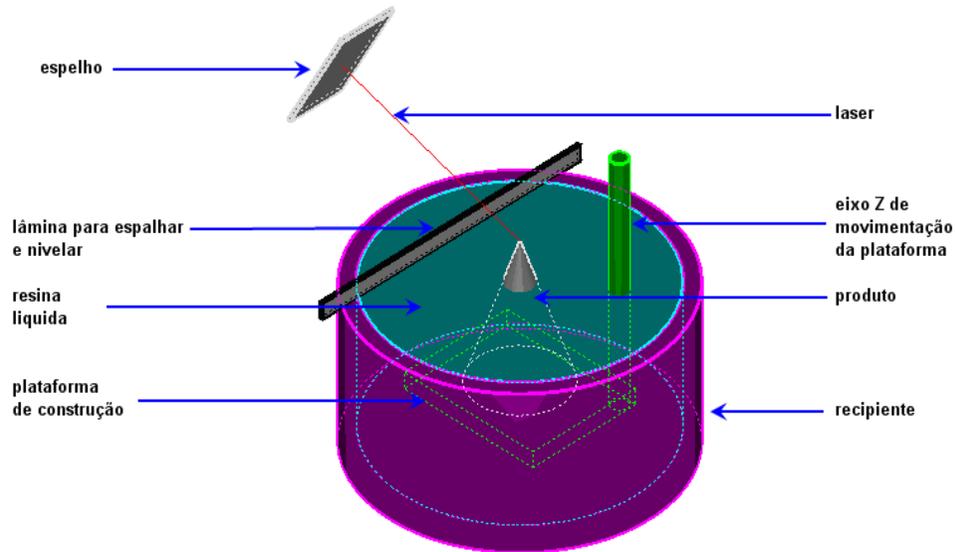


[2]

Protótipos virtuais e físicos

Principais técnicas/tecnologias disponíveis no mercado (Prototipagem Rápida)

- Estereolitografia (SLA)

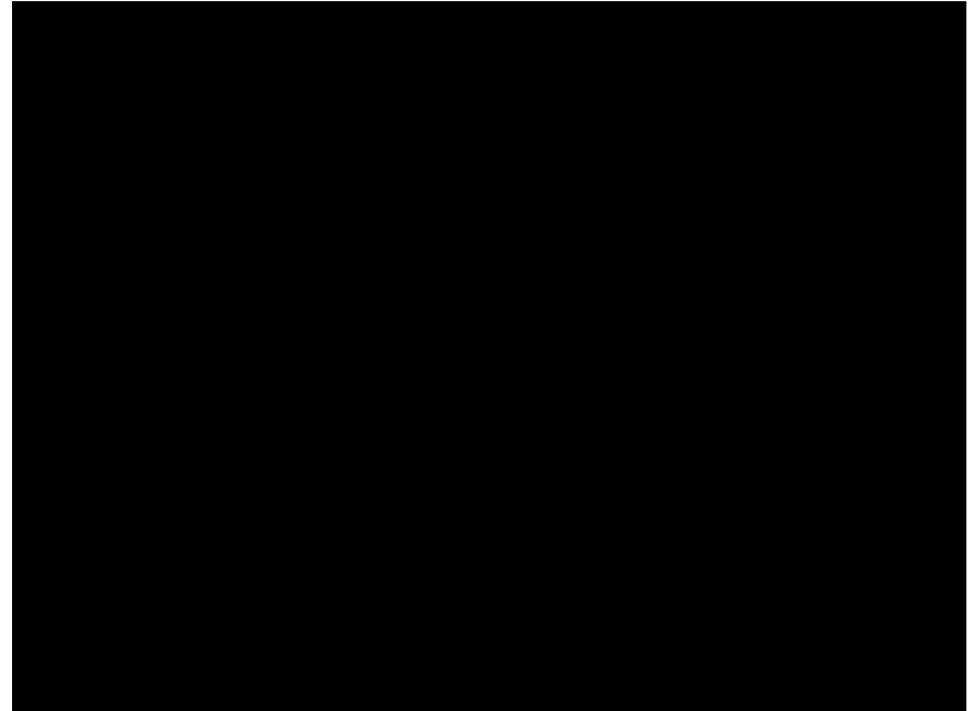
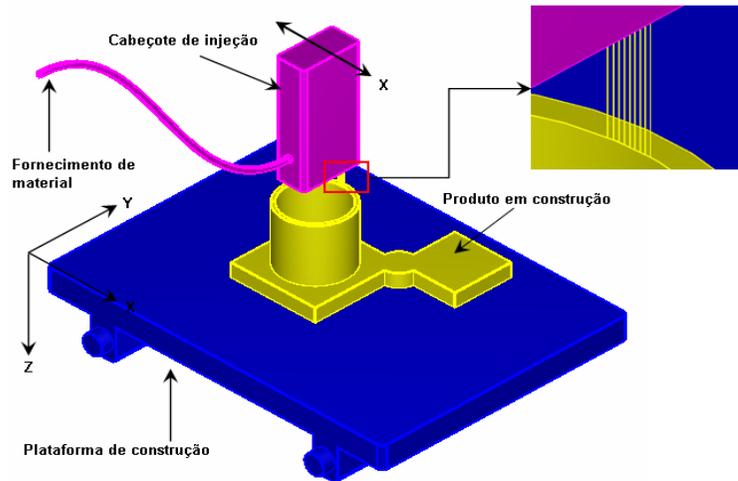


[2]

Protótipos virtuais e físicos

Principais técnicas/tecnologias disponíveis no mercado (Prototipagem Rápida)

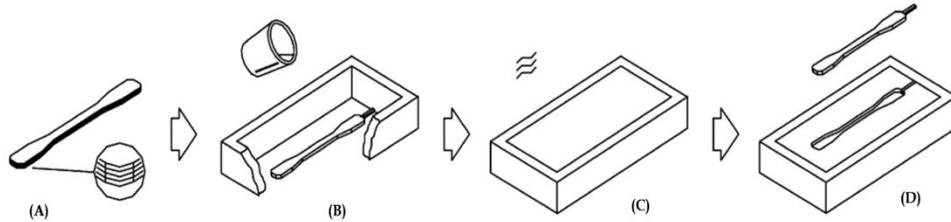
- 3D Printer



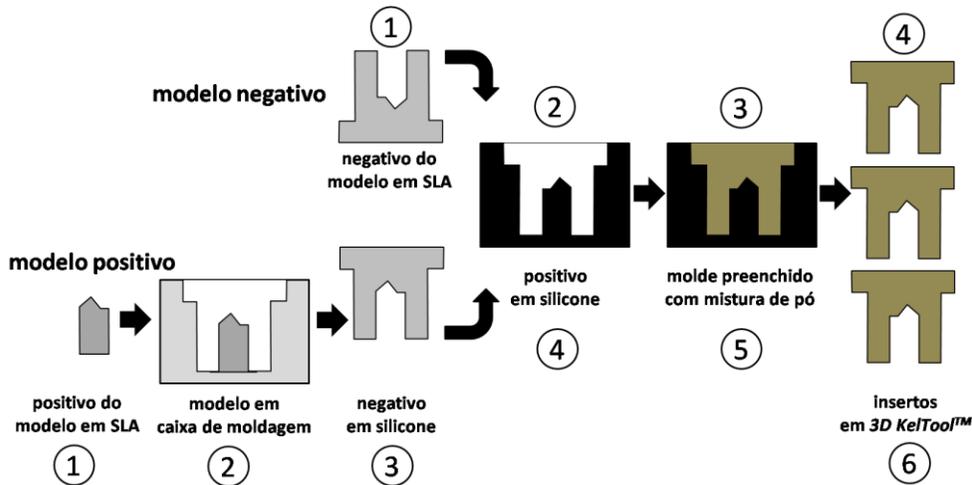
[2]

Protótipos virtuais e físicos

Principais técnicas/tecnologias disponíveis no mercado (Ferramental Rápido)

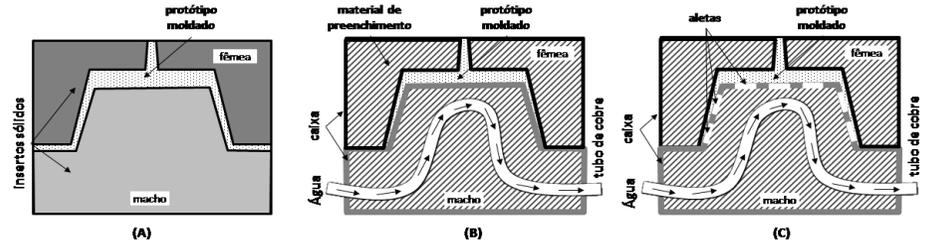


RTV (SLA)

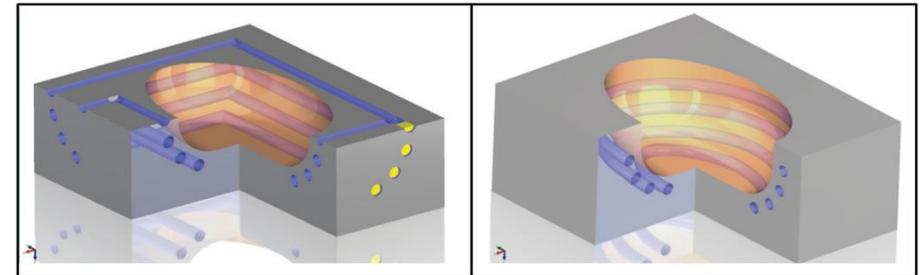


3D KelTool™ (SLA)

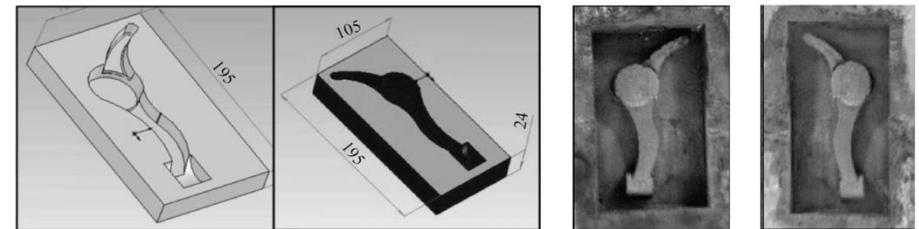
[2]



DirectAIM™ (SLA)



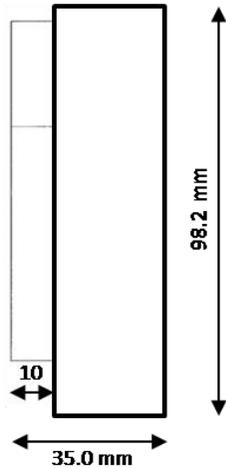
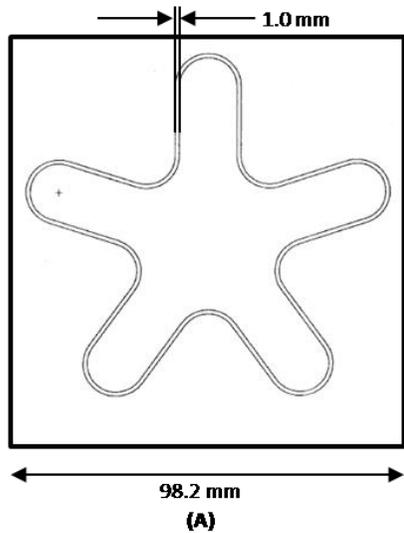
DirectTool™ (SLS)



Sand Casting (FDM)

Protótipos virtuais e físicos

Principais técnicas/tecnologias disponíveis no mercado (Remoção de Material)



(A)

(B)

(C)

(D)

[5]

Vacuum Bagging (molde)

Protótipos virtuais e físicos

Características das técnicas/tecnologias de prototipagem rápida (PR)

- Custo.
- Tamanho do protótipo.
- Quantidade de peças obtidas por molde.
- Materiais de fabricação do protótipo.
- Vantagens e desvantagens da tecnologia.

[2]

Protótipos virtuais e físicos

Características das técnicas/tecnologias de prototipagem rápida (PR)

técnica/ tecnologia	Estereolitografia (SLA)	Manufatura Laminar de Objetos (LOM)	Sinterização Seletiva a Laser (SLS)	Modelagem por Fusão e Deposição (FDM)	Impressão Tridimensional (3DP)
custo (4)	alto	baixo	alto	médio-alto	baixo
resistência mecânica (4)	média	média	alta	média	baixa
tamanho do protótipo (mm) (4)	508 x 508 x 584	813 x 559 x 508	381 x 330 x 457	600 x 500 x 600	508 x 609 x 406
acabamento superficial	os materiais não necessitam de pós-cura	grande quantidade de materiais não tóxicos que podem ser utilizados	propriedades mecânicas dos materiais permitem a fabricação de protótipos que podem ser montados, testados e produzidos como produtos finais	técnica/tecnologia de alta velocidade de fabricação	não necessita de suportes, o material não processado ao redor do protótipo funciona de suporte natural durante a fabricação
produção de protótipos de geometria complexa	não é necessário a criação e suportes em regiões desconectadas	uma única máquina pode processar vários tipos de materiais (polímeros, cerâmicas e metais)	utilização de protótipos para visualização ou para testes funcionais, podendo se aproximar bastante das propriedades do produto final	não requer infra-estrutura especialmente modificada, refrigeração ou ventilação	não existe desperdício de material. O pó não processado pode ser reutilizado
precisão geométrica	alta velocidade da técnica/tecnologia	possibilidade de se fabricar protótipos de grandes dimensões	a técnica/tecnologia exige pouco pós-processamento, (tipo de material) não havendo necessidade de retirada dos suportes	com excessão de materiais metálicos com polímeros, o material sinterizado não necessita de material de suporte é solúvel em água pós-cura	
velocidade de construção					
versatilidade do sistema					

[2]

Protótipos virtuais e físicos

Características das técnicas/tecnologias de prototipagem rápida (PR)

técnica/ tecnologia	Esteréolitografia (SLA)	Manufatura Laminar de Objetos (LOM)	Sinterização Seletiva a Laser (SLS)	Modelagem por Fusão e Deposição (FDM)	Impressão Tridimensional (3DP)
	custos do material	pouca quantidade de materiais para obtenção de protótipos	a técnica/tecnologia tende a ter um acabamento superficial não muito bom, devido ao tamanho de partículas utilizadas	os protótipos possuem baixa resistência na direção vertical	funcionalidade limitada dos protótipos
desvantagens (1; 2.; 4; 5)	odor tóxico e nocivo ao operador	pós-processamento demorado e trabalhoso		a precisão da técnica/tecnologia não é muito alta	necessita de pós-processamento para limpeza e infiltração com resina para melhorar a resistência dos protótipos
	proteção contra a luz para evitar polimerização prematura	técnica/tecnologia não recomendada para protótipos de pequena espessura ou elevado nível de detalhamento (difícil retirada do material)	alto custo da máquina	necessidade de pós-processamento para remoção dos suportes. Para o caso de remoção manual dos suportes, regiões pequenas e de difícil acesso podem dificultar ou até impedir a remoção completa do suporte. Para suportes solúveis este tipo de problema não existe	
	deformação dos protótipos, principalmente produzidos em resina acrílica	os picotado ao final da fabricação)	elevado consumo de energia para sinterizar as partículas do material utilizado		
	necessidade de suportes em regiões não conectadas	deficuldade de utilização do protótipo em aplicações e testes de montagens (material pouco flexível)			
	necessidade de pós-processamento para remoção dos suportes				velocidade de processo lenta e limitada
	requerimento de pós-cura para completar o processo de polimerização				

Referências consultadas

(1) Pham; Gault (1998) (2) Upcraft; Flecher (2003) (3) Robtec (2007) (4) Volpato et al. (2007) (5) Silva; Kaminski (2007).

[2]

Protótipos virtuais e físicos

Características das técnicas/tecnologias de ferramental rápido (FR)

Técnica/tecnologia de base (PR)	estereolitografia (SLA) ¹		manufatura laminar de objetos (LOM) ^{1,2}		sinterização seletiva a laser (SLS) ¹		modelagem por fusão e deposição (FDM) ^{2,4}	3D Printer (3D) ^{1,3}
Técnica/tecnologia de ferramental rápido (FR)	3D KelTool™	Direct AIM™	Direct Investment Casting	Indirect Investment Casting	RapidTool	DirectTool	Sand Casting	ProMetal
Tempo de fabricação	1 a 6 semanas	1 semana	algumas horas a 1 dia para fabricação do molde	algumas horas a 1 dia para fabricação do molde	3 a 4 dias para insertos sem acabamento, 5 a 10 dias se for requerido acabamento; 2 a 5 semanas (prazo típico)	1 a 4 semanas	2 dias ou menos	1 semana
Quantidade de peças moldadas por molde	50 a milhares	10 a 50	pequenas séries de peças em Al; Mg e FoFo	até 100 peças ou 1000 peças (utilizando molde em epóxi com infiltração de metal)	Centenas de peças fundidas de Zn, Al, Mg; centenas de milhares nos termoplásticos mais usuais	Centenas a 1000	algumas dezenas ou centenas (conforme o material utilizado e pós-processamento do molde para aumento da resistência)	Centenas de milhares nos termoplásticos mais usuais
Materiais usualmente moldados	Termoplásticos	Termoplásticos de baixa temperatura de moldagem e não reforçados com carga	Metais	Cera; metais	Termoplásticos, metais	Termoplásticos	Metal; ABS; plásticos; cera	Termoplásticos

[2]

Protótipos virtuais e físicos

Características das técnicas/tecnologias de ferramental rápido (FR)

Técnica/tecnologia de base (PR)	estereolitografia (SLA) ¹		manufatura laminar de objetos (LOM) ^{1,2}		sinterização seletiva a laser (SLS) ¹		modelagem por fusão e deposição (FDM) ^{2,4}	3D Printer (3D) ^{1,3}
Técnica/tecnologia de ferramental rápido (FR)	3D KelTool™	Direct AIM™	Direct Investment Casting	Indirect Investment Casting	RapidTool	DirectTool	Sand Casting	ProMetal
Vantagens do processo	Elevada precisão; Volume elevado de moldagens	Fabricação direta de moldes	Estabilidade; Precisão; Redução de custos para a produção de componentes independente do tamanho ou geometria	Estabilidade; Precisão; Redução de custos para a produção de componentes independente do tamanho ou geometria	Moldes por vazamento; Pode-se usar temperatura e pressões de injeção típicas	Permite o uso de conformal cooling	Tempo de fabricação	não requer pós-processamento; não necessita de suportes estruturais; grande área para construção de moldes e padrões; 60% aço e 40% bronze facilitam a transferência de calor; permite uso de conformal cooling
Desvantagens do processo	Dimensões das peças; Único fornecedor	Muitas limitações quanto aos materiais possíveis de moldar e processos de fabricação do molde	baixo volume de fabricação (pequenas séries de peças); necessidade de pós-processamento para remoção das cinzas provenientes do processo de queima); a estabilidade e a falta de expansão do padrão em LOM durante o ciclo de queima são críticos na prevenção de fendas no invólucro cerâmico; limitação de materiais utilizados na fabricação (metais)	limitação de materiais utilizados na fabricação (metais)	Necessita de etapas posteriores de extração do material aglutinante, sinterização e infiltração de material adicional; pode necessitar de usinagem de acabamento; limitações quanto ao uso de canais conformal cooling, devido à difícil remoção do pó não sinterizado pelo laser nos canais mais complexos	Limitada vida do molde, só para baixas pressões de moldagem; limitações quanto ao uso de canais conformal cooling, devido à difícil remoção do pó não sinterizado pelo laser nos canais mais complexos	aparência do objeto final (devido a rugosidade apresentada pela cavidade do molde em areia);	Requer grande espaço para instalação do sistema quando comparado as outras técnicas/tecnologias; Requer excessivas operações de acabamento

Referências: (1) Volpato et al. (2007) (2) Wang; Stoll e Conley (2010) (3) Chhabra; Singh (2011) (4) Ingole et al. (2009)

[2]

Protótipos virtuais e físicos

Características das técnicas/tecnologias de remoção de material (RM)

Técnica/tecnologia CNC	usinagem de alta velocidade (HSM) protótipo direto ^{3, 4, 5, 6, 7}	Vacuum Bagging fabricação de moldes ^{1, 2}
Tempo de fabricação	alguns minutos (para um objeto de dimensões aproximadas de 98,2 x 98,2 x 35,0 mm, e baixa complexidade geométrica)	algumas horas (para o molde de um objeto de dimensões aproximadas de 903 x 792 x 205 mm, e baixa complexidade geométrica)
Quantidade de peças moldadas por molde	pode variar entre 1 peça e dezenas, dependendo do tamanho, programação e capacidade da máquina	até 120
Materiais usualmente moldados	alumínio; níquel; alumínio bronze; ligas de titânio; superligas de níquel; aço endurecido	fibra de vidro; fibra de carbono; resina epóxi
Vantagens do processo	construção de objetos unitários ou ferramentas do tipo <i>soft tooling</i> , <i>hard tooling</i> e <i>bridge tooling</i> ; utiliza o modelo (geometria) original direto do sistema CAD para programação e fabricação; precisão; menor tempo de processamento do arquivo; eliminação de rotinas de reparo do arquivo	capaz de gerar protótipos de alta qualidade dimensional; redução de peso do objeto contruído (quando comparado ao mesmo objeto fabricado em aço por exemplo); maior resistência mecânica (devido a fibra de vidro ter uma estrutura entrelaçada do material); não há limites para o tamanho do objeto
Desvantagens do processo	dificuldade/impossibilidade de usinagem de objetos/ferramentas de alta complexidade geométrica; a remoção de material é limitada ao alcance da ferramenta; dificuldade/impossibilidade de obtenção de cantos retos internos; dificuldade de fixação de objetos com paredes delgadas	necessidade de mão de obra especializada para realizar a laminação do objeto na cavidade do molde; se o objeto for utilizado para fins de visualização, um pós- processamento se faz necessário (pintura) forte odor do material, mesmo no objeto final

Referências

(1) Silva (2008) (2) Silva; Kaminski (2011) (3) Schmitz et al. (2001) (4) Cerit; Lazoglu (2011) (5) Wang; Stoll; Conley (2010) (6) Volpato et a. (2007) (7) Karunakaran et al. (2012)

[2]

PVE5301-4

Projeto Integrado do produto automotivo



Escola Politécnica
da Universidade
de São Paulo



Exemplo

Protótipos virtuais e físicos

Exemplo de aplicação

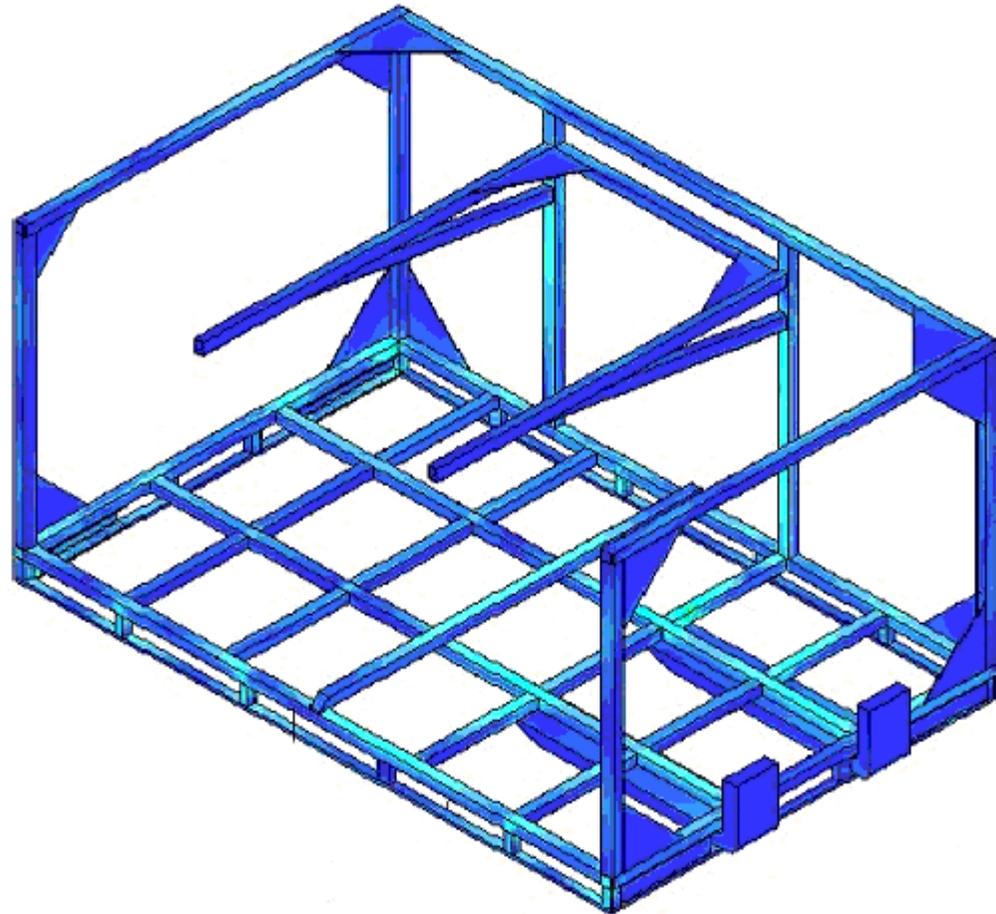
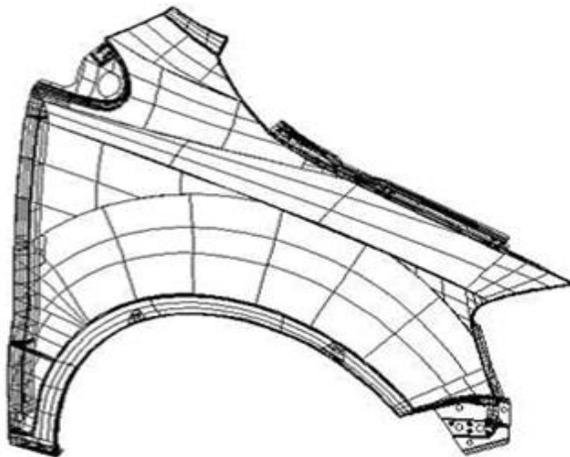
Protótipo virtual e físico de um dispositivo de acondicionamento e para-lama.

- Representação: virtual e física.
- Aplicação: geométrica e funcional.

Protótipos virtuais e físicos

Exemplo de aplicação

Protótipos virtuais.

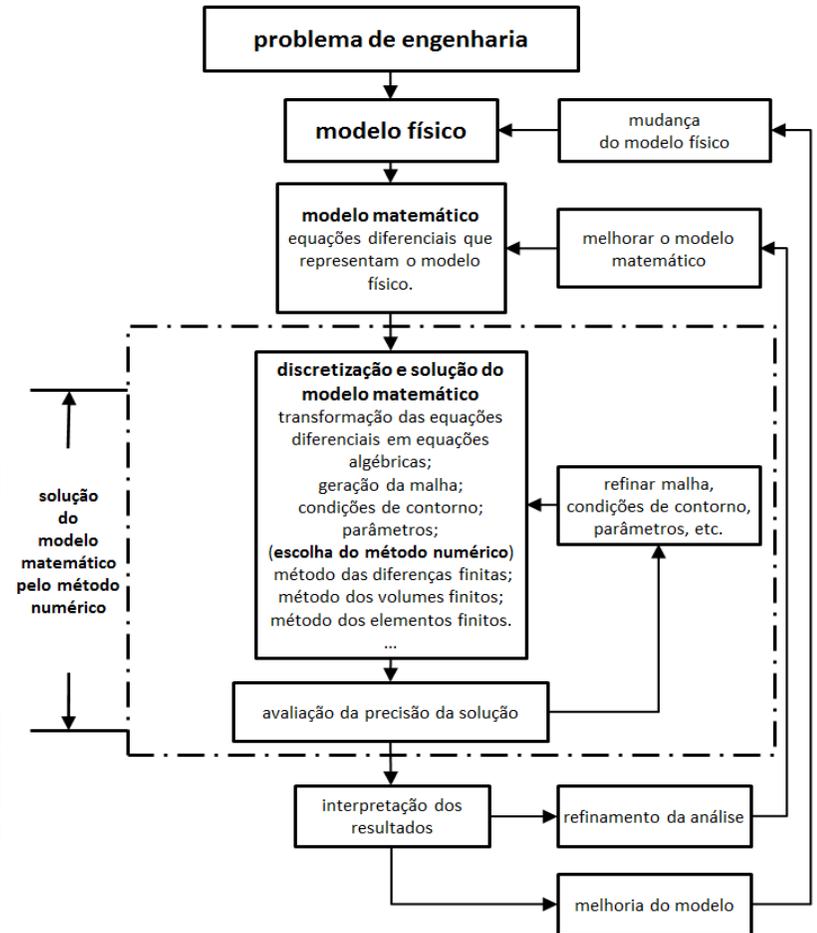
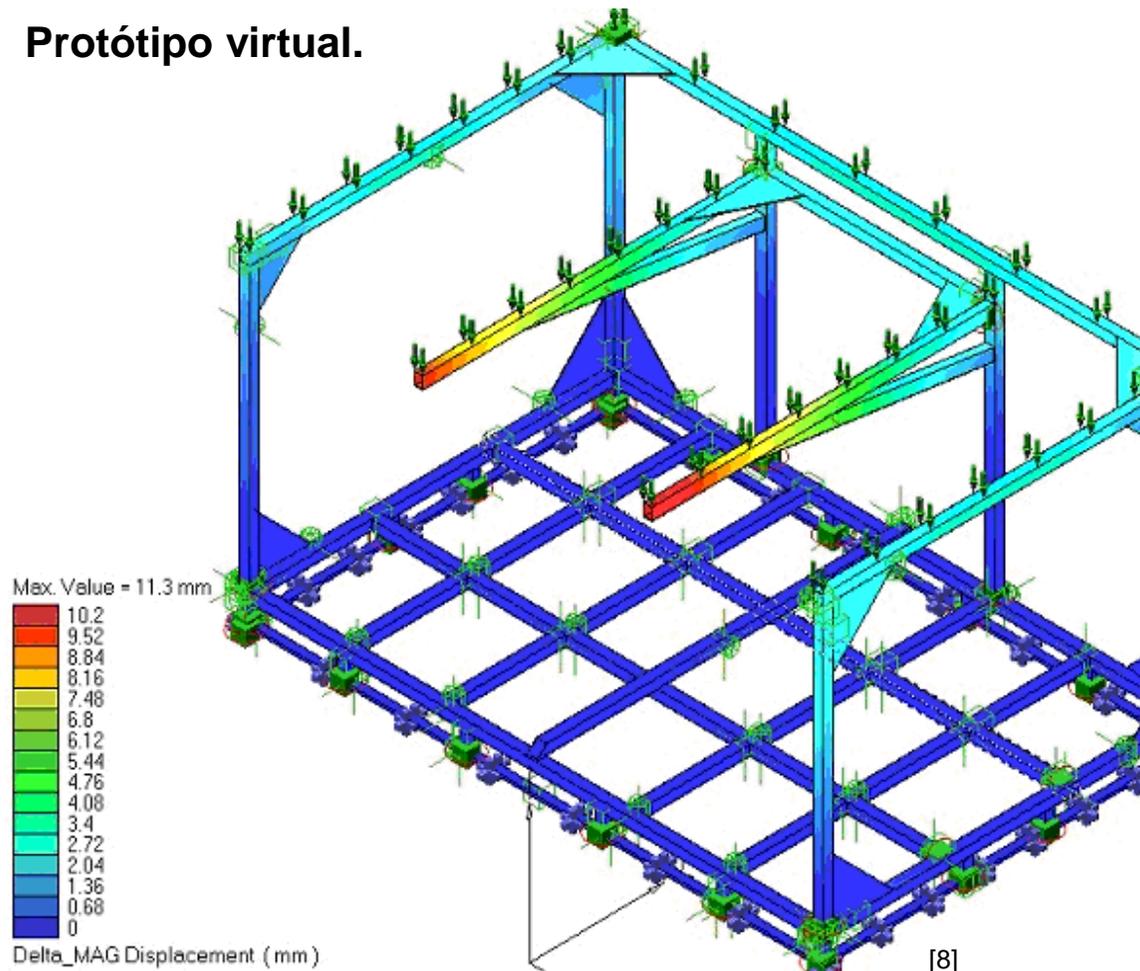


[8]

Protótipos virtuais e físicos

Exemplo de aplicação

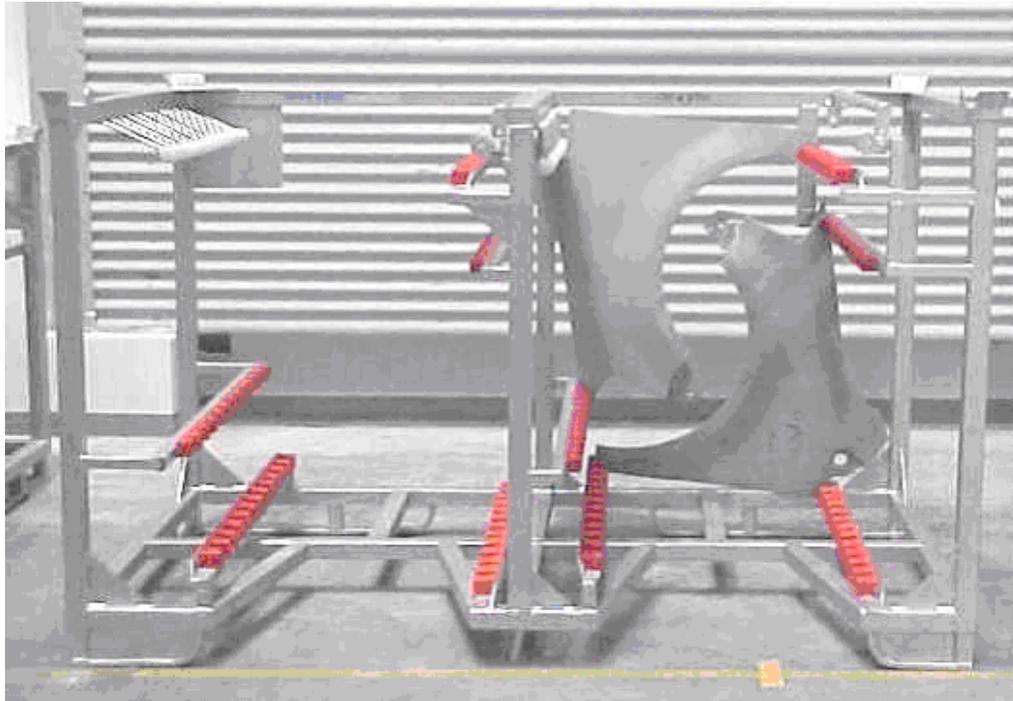
Protótipo virtual.



Protótipos virtuais e físicos

Exemplo de aplicação

Protótipo físico do dispositivo de acondicionamento.



[8]

Protótipos virtuais e físicos

Exemplo de aplicação

Protótipo físico do para-lama.



Molde por remoção de material.



Protótipo em vacuum bagging.



Protótipo concluído.

Protótipos virtuais e físicos

Exemplo de aplicação

Aplicação: geométrica e funcional.



[8]

PVE5301-4

Projeto Integrado do produto automotivo



Escola Politécnica
da Universidade
de São Paulo



Exercício proposto

Protótipos virtuais e físicos

Exercício proposto

- Por que utilizar protótipos virtuais (PV) no PDP-Automotivo?
- Como identificar a necessidade de uso do protótipo virtual?
- Identifique quais são sistemas de criação de PV utilizados na empresa em que você trabalha.
- Identifique quais são os softwares de criação de PV utilizados na empresa em que você trabalha.
- Em quais instantes do PDP-Automotivo você utilizaria protótipos virtuais?

Protótipos virtuais e físicos

Exercício proposto

- Por que utilizar protótipos virtuais (PV) no PDP-Automotivo?
 - *Para reduzir incertezas, trazer maturidade ao projeto, auxiliar na conservação do fluxo de informações; desenvolver o produto, processo e melhorar a produção seriada.*
- Como identificar a necessidade de uso do protótipo virtual?
 - *A partir das características da atividade em desenvolvimento.*
- Identifique quais são sistemas de criação de PV utilizados na empresa em que você trabalha.
 - *Sistemas de auxílio ao projeto (CAD) e sistemas de auxílio a engenharia (CAE).*
- Identifique quais são os softwares de criação de PV utilizados na empresa em que você trabalha.
 - *AutoCAD; CATIA; Pro Engineer; Tecnomatix; Inventor, Abaqus, NX-Ideas.*
- Em quais instantes do PDP-Automotivo você utilizaria protótipos virtuais?
 - *Estratégia do produto; desenvolvimento do produto e do processo; produção e melhoria contínua.*

PVE5301-4

Projeto Integrado do produto automotivo



Escola Politécnica
da Universidade
de São Paulo



Diretrizes

Protótipos virtuais e físicos

Diretrizes para seleção de protótipos virtuais

- 1. Quais são os instantes no PDP em que há a necessidade de se utilizar protótipos?
- 2. Como definir quais são os protótipos (PV ou PF) que podem ser utilizados?
- 3. Como selecionar qual ou quais são os sistemas adequados para a criação, ou para a fabricação destes protótipos?
- 4. Como definir quais são as técnicas/tecnologias, que podem ser utilizadas para a criação, ou para a fabricação destes protótipos?

[2]

Protótipos virtuais e físicos

Diretrizes para seleção de protótipos virtuais

Tabela 1.1

protótipo	aplicação
conceitual	Avaliação do conceito do produto e/ou da fabricação.
geométrico	Avaliação da geometria do produto e/ou da fabricação.
funcional	Avaliação de funções do produto e/ou da fabricação.
técnico	Teste piloto do produto/componente e/ou da fabricação/dispositivo.
final	Pequenos lotes*.

* Apenas para protótipos físicos.

Protótipos virtuais e físicos

Diretrizes para seleção de protótipos virtuais

Tabela 6.1

sistema	projeto auxiliado por computador (CAD)						engenharia auxiliada por computador (CAE)			sistemas compostos (SCO)	
	PAR	NPA	MFA	MSU	MSO	MHB	MDF	MVF	MEF	FD	RV
protótipo conceito	●	●	●	●	●	●	○	○	○	●	●
protótipo geométrico	●	●	◐	●	●	●	○	○	○	●	●
protótipo funcional	○	○	○	●	●	●	◐	●	●	●	●
protótipo técnico	●	●	○	●	●	●	◐	◐	◐	●	●
protótipo final	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

Legenda:

PAR: paramétrico **NPA:** não paramétrico **MFA:** modelagem por fio de arame **MSU:** modelagem por superfície **MSO:** modelagem por sólidos **MHB:** modelagem híbrida

MDF: método das diferenças finitas **MVF:** método dos volumes finitos **MEF:** método dos elementos finitos

FD: fábrica digital **RV:** realidade virtual

Simbologia:

○ não aplicável ◐ parcialmente aplicável ● aplicável

[2]

Protótipos virtuais e físicos

Diretrizes para seleção de protótipos físicos

Tabela 6.2

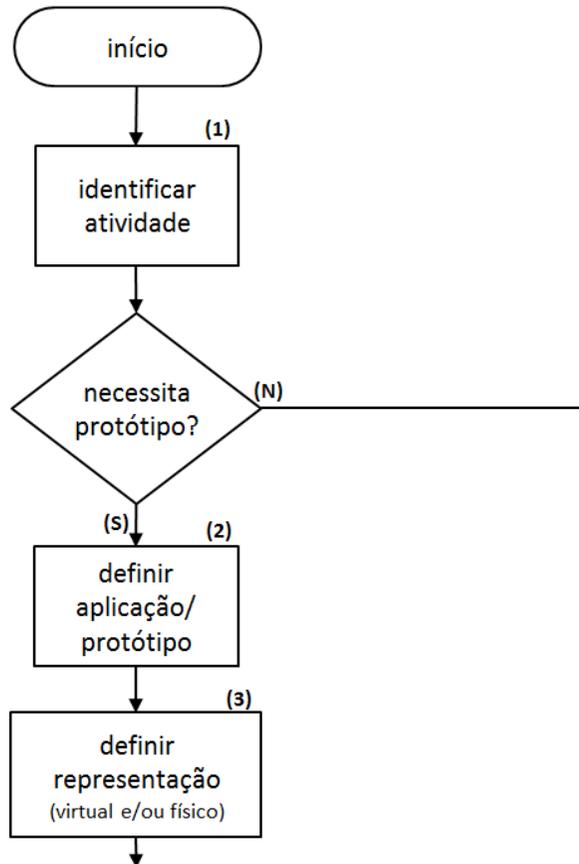
sistema	prototipagem rápida (PR)					ferramental rápido (FR)								remoção de material (RM)	
	SLA	LOM	SLS	FDM	3DP	3D kelTool	Direct AIM	Direct IC	Indirect IC	RapidTool	DirectTool	Sand Casting	ProMetal	HSM	VB
protótipo conceito	●	●	●	●	●	●	●	○	○	○	○	●	○	●	●
protótipo geométrico	●	●	●	●	●	●	●	◐	◐	◐	◐	●	◐	●	●
protótipo funcional	◐	◐	●	◐	◐	●	◐	●	●	●	●	●	●	●	●
protótipo técnico	◐	◐	◐	●	◐	◐	◐	●	●	●	●	●	●	●	●
protótipo final	◐	○	●	●	○	◐	○	●	●	●	◐	●	●	●	●

Legenda:
SLA: estereolitografia **LOM:** manufatura laminar de objetos **SLS:** sinterização seletiva a laser **FDM:** modelagem por fusão e deposição **3DP:** impressão tridimensional
IC: investment casting **HSM:** protótipo direto por usinagem de alta velocidade **VB:** molde por *Vacuum Bagging*

Simbologia:
○ não aplicável ◐ parcialmente aplicável ● aplicável

Protótipos virtuais e físicos

Procedimento



1. Identificar atividade no processo de desenvolvimento do produto automotivo.

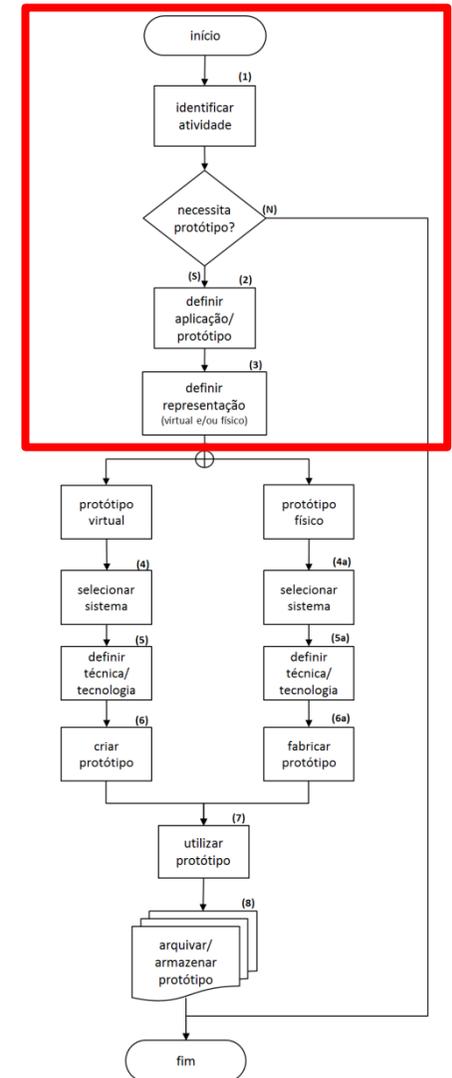
2. Definir a aplicação e o tipo de protótipo possível de ser utilizado, de acordo com as características da atividade.

Consultar a tabela 1.1.

3. Definir entre as representações virtual, física, ou virtual e física, qual é o protótipo que melhor atende as necessidades de aplicação.

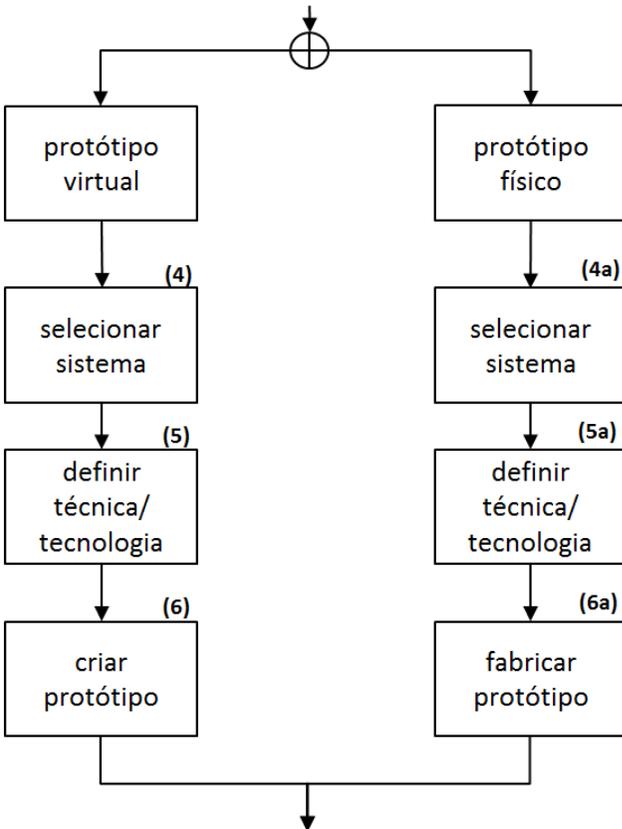
4. Selecionar entre os sistemas CAD, CAE e SCO o sistema adequado para criação do protótipo virtual.

Consultar a tabela 6.1.



Protótipos virtuais e físicos

Procedimento



4a. Selecionar entre os sistemas de PR, FR e de RM o sistema adequado para fabricação do protótipo físico. Consultar a tabela 6.2.

Consultar a tabela 6.2.

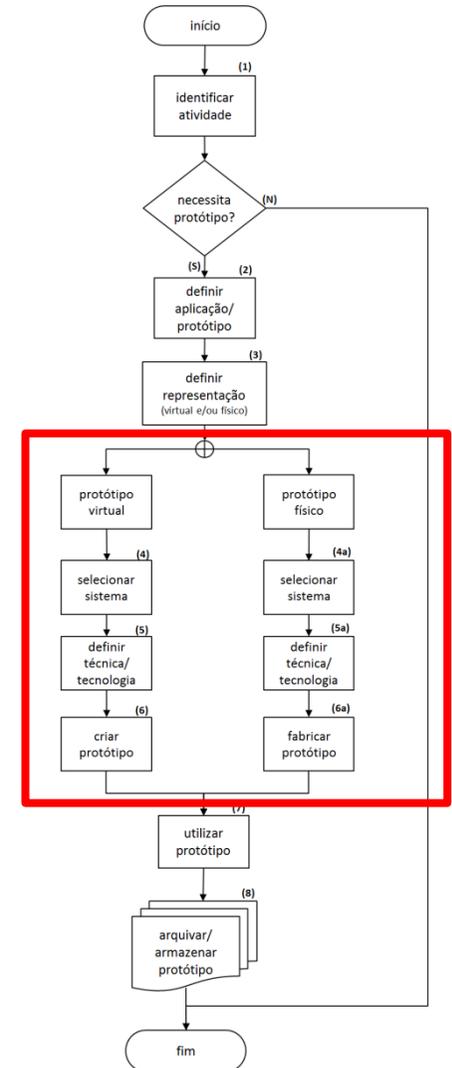
5. Definir a técnica/tecnologia adequada para criação do protótipo virtual, a partir do sistema definido. Consultar a tabela 6.1.

Consultar a tabela 6.1.

5a. Definir a técnica/tecnologia adequada para fabricação do protótipo físico, a partir do sistema definido. Consultar a tabela 6.2.

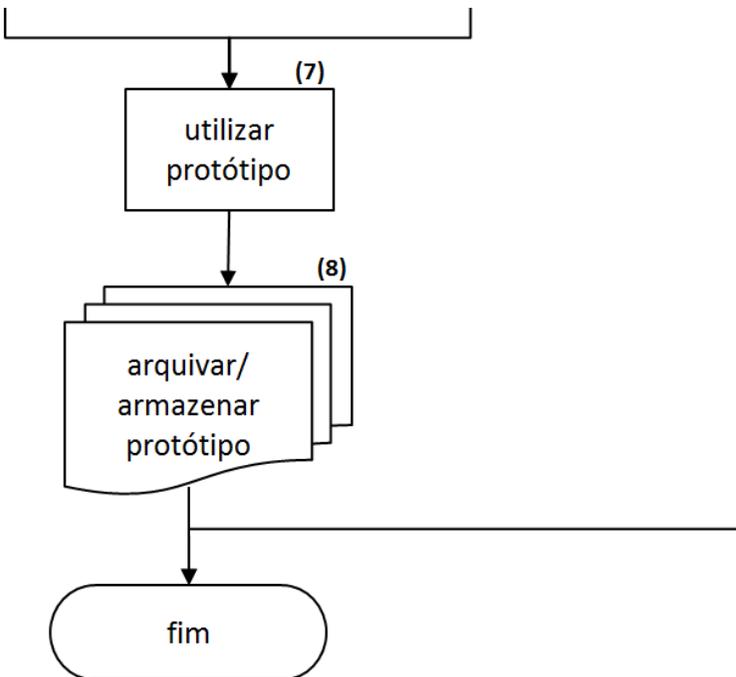
Consultar a tabela 6.2.

6. Criar o protótipo virtual a partir da técnica/tecnologia definida.



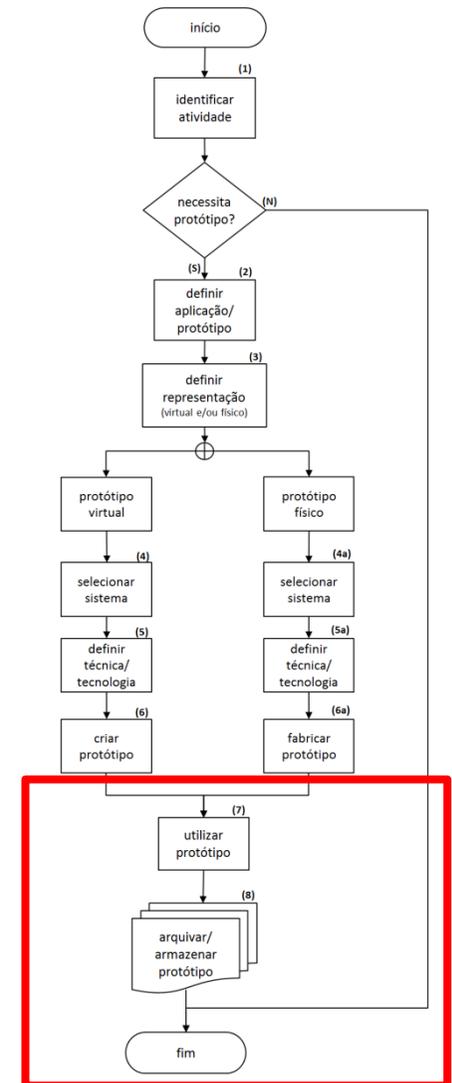
Protótipos virtuais e físicos

Procedimento



7. Utilizar o protótipo virtual e/ou físico conforme a necessidade de aplicação definida.

8. Arquivar protótipo virtual e/ou armazenar protótipo físico para futura utilização ou descarte.



PVE5301-4

Projeto Integrado do produto automotivo



Escola Politécnica
da Universidade
de São Paulo



Atividade

Atividade

Com base na diretriz para seleção de protótipos virtuais e físicos determinar para cada protótipo:

- Tipo de representação.
- Aplicação.
- Sistema.
- Técnica/tecnologia.
- Justificar suas escolhas.

lanternas



motor a combustão



painel de instrumentos



ferramental

[9]

PVE5301-4

Projeto Integrado do produto automotivo



Escola Politécnica
da Universidade
de São Paulo



Referências

Referências

FMEIB. Filial de montadora europeia instalada no Brasil. Estudo de redução de tempo de ciclo em estação automática, 2010.

GHEORGHIU, G. What's New in Siemens PLM Tecnomatix 10.1. Disponível em: <http://www.technologyevaluation.com/research/article/Whats-New-in-Siemens-PLM-Tecnomatix-101.html>. Acesso em: 09 out. 2014.

KAGERMANN, H. et al. Securing the future of German manufacturing industry. Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0. Final report of the Industrie 4.0 Working Group, 2014.

KÜHN, W. Digitale fabrik. Fabriksimulation für produktionsplanner, Carl Hanser Verlag München Wien, 2006.

SILVA, G.C.; KAMINSKI, P.C. From Embedded Systems (ES) to Cyber-Physical Systems (CPS): an analysis of transitory stage of automotive manufacturing in the Industry 4.0 scenario. SAE Technical paper series, 2016-36-0230, 2016.

SILVA, G.C., KAMINSKI, P.C. Application of digital factory concepts to optimise and integrate inventories in automotive pre-assembly areas, International Journal of Computer Integrated Manufacturing, DOI:10.1080/0951192X.2014.881552, 2014.

WEBER, J. Automotive development processes: processes for successful customer oriented vehicle development. Springer-Verlag, Berlin, 2009 (figura da capa).

Preocupado com a qualidade e a integridade do conteúdo deste material, o autor pede gentilmente que informem caso algum conteúdo de autoria de terceiros seja aqui identificado sem a devida citação da fonte.