



Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
Departamento de Engenharia de Produção

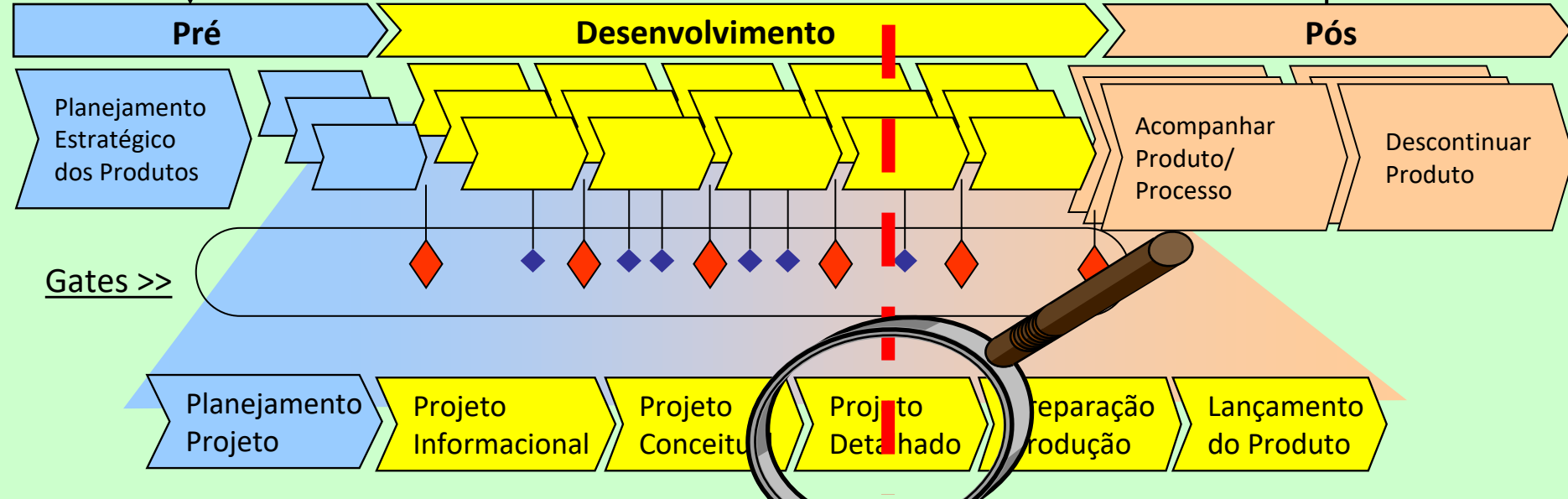


Aula 26: Planejamento de processo detalhado e FMEA

Onde estamos?

Estamos aqui

Processo de Desenvolvimento de Produto



Processos de apoio

Gerenciamento de mudanças de engenharia

Melhoria do processo de desenvolvimento de produtos

O quarto relatório compreende 6 itens

Primeira parte

A) Desenhos de execução (itens)

Fazer os desenhos de engenharia completos, para todos os itens fabricados e/ou montados

B) Lista componentes externos

Elaborar a lista de componentes externos com todas as suas especificações

C) Planos de processo de fabricação

Elaborar as fichas de processo (plano macro de processo) de cada componente, incluindo a especificação de ferramentas, máquinas, dispositivos de fixação etc., **para 3 itens críticos do produto**

D) Projetar 1 ferramenta / dispositivo

Fazer os desenhos esquemáticos do ferramental (moldes, estampos etc.) quando não estiverem comercialmente disponíveis (ferramentas de prateleira), **para 1 item crítico do produto**

Abordado
nesta aula

O quarto relatório compreende 6 itens

Segunda parte

Abordado
nesta aula

E) FMEA Produto e FMEA Processo

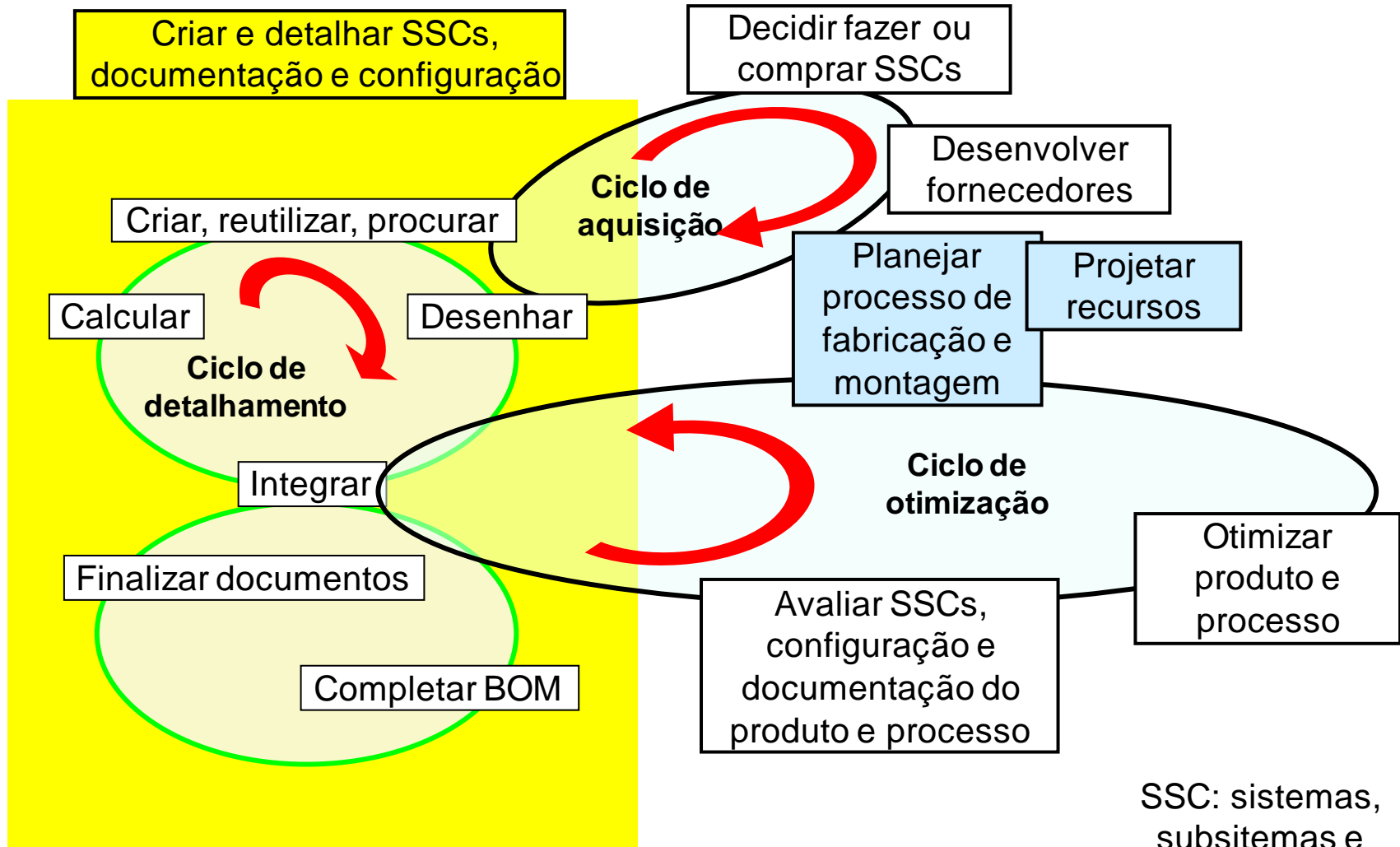
Definir os pontos críticos com as recomendações e providências já tomadas para eliminá-los ou administrá-los.

F) Definir meios de controle da qualidade

Definir o instrumental para controle de qualidade e controle funcional. Incluir as normas de controle da qualidade, quando necessário, **para 1 item crítico do produto**

- Planejamento detalhado do processo
- Plano de controle
- FMEA
- Próximos passos no projeto

Ciclos da fase de projeto detalhado



SSC: sistemas, subsistemas e componentes

Resultados do planejamento de processo: dois níveis de planejamento

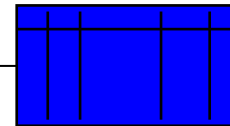
Plano macro

Itens
relatório 4

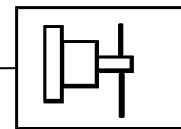
C

Cabeçalho			
Seq	Máq	Descrição	Tempos
para cada operação			

Detalhamento de operação

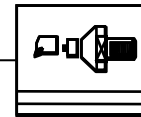


Folha de instruções



Plano de inspeção

F



Montagem de ferramental

Necessidade de dispositivo !!!!

D

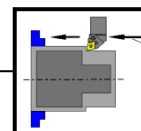
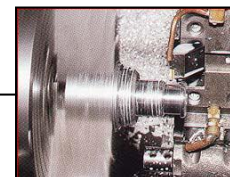


Ilustração de operação

```
N105 G00 X77.5 Y12.5 Z5.0  
N110 R01 8.0  
N115 L36  
N120 M09  
N125 M05  
N130 T27 L96  
N135 D27 G95  
N140 M03 S1200  
N145 M08  
N150 G00 X32.5 Y25.0 Z5.0  
N155 R01 8.0  
N160 L36  
N165 G00 X47.5 Y12.5 Z5.0  
N170 R01 8.0  
N175 L36  
N180 G00 X77.5 Y12.5 Z5.0
```

Programa CN



Fotos e filmes
de processo

... e outros ...

Tarefas da atividade: Planejar o processo de fabricação e montagem

Plano macro (proposta)
Desenhos com tolerâncias
BOM

**Projeto
Detalhado**

Planejar o
processo de
fabricação e
montagem

Plano de Processo de
fabricação e montagem

**Relação com outras
atividades**

Criar e detalhar
SSCs

Decidir fazer ou
comprar SSCs

Otimizar
processo

Planejar
processo

Projetar
recursos

Avaliar
processo

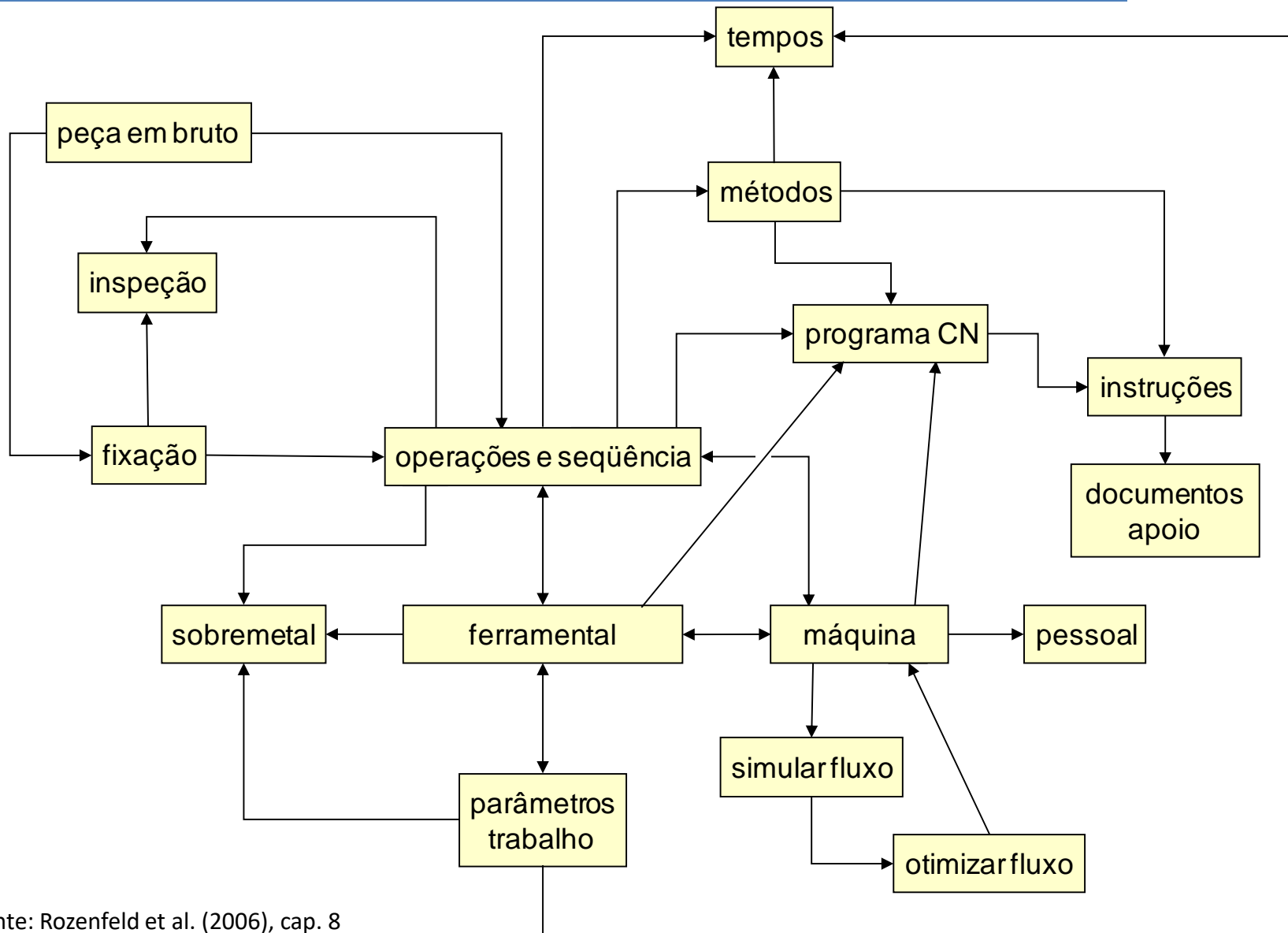
Monitorar
viabilidade
econômica

Planejar processo de fabricação macro
Planejar processo de montagem macro
Desdobrar parâmetros críticos dos componentes fabricados
Reutilizar planos de processo existentes
Definir / Avaliar componente em bruto
Definir e Sequenciar operações
Selecionar / Especificar máquinas e equipamentos
Selecionar / Especificar pessoal e habilidades
Especificar fixação
Especificar inspeção
Selecionar / Especificar métodos
Selecionar / Especificar ferramental
Calcular sobremetal
Calcular parâmetros de trabalho
Descrever instruções de trabalho
Ilustrar operações
Obter programa CNC
Criar informações / documentos de apoio ao operador
Calcular tempos de fabricação e montagem
Otimizar fluxo de produção analiticamente
Simular processo de fabricação
Atualizar BOM

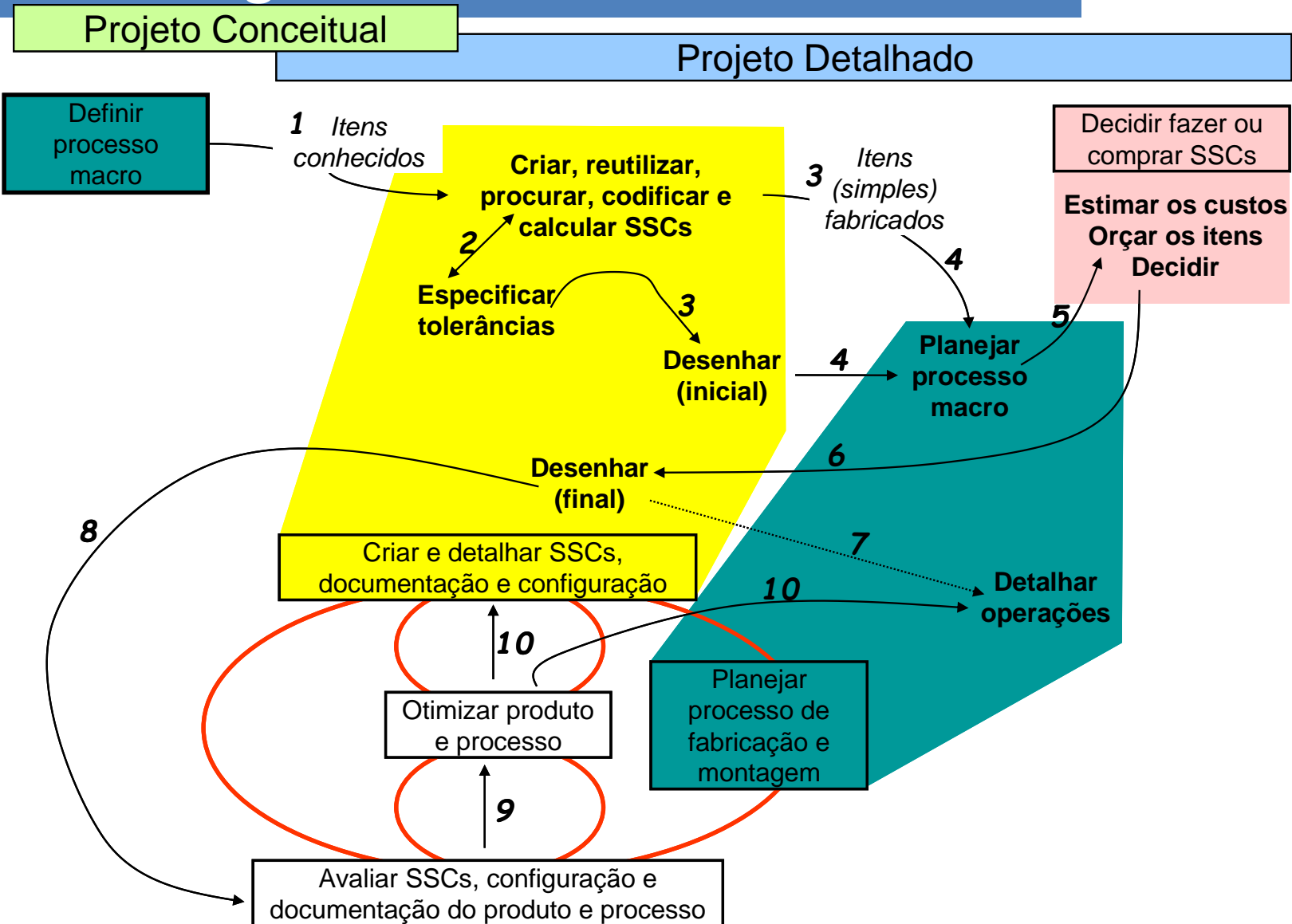
**Métodos, ferramentas,
documentos de apoio**

Sistemas CAPP, fórmulas e regras de fabricação, carta de tolerância

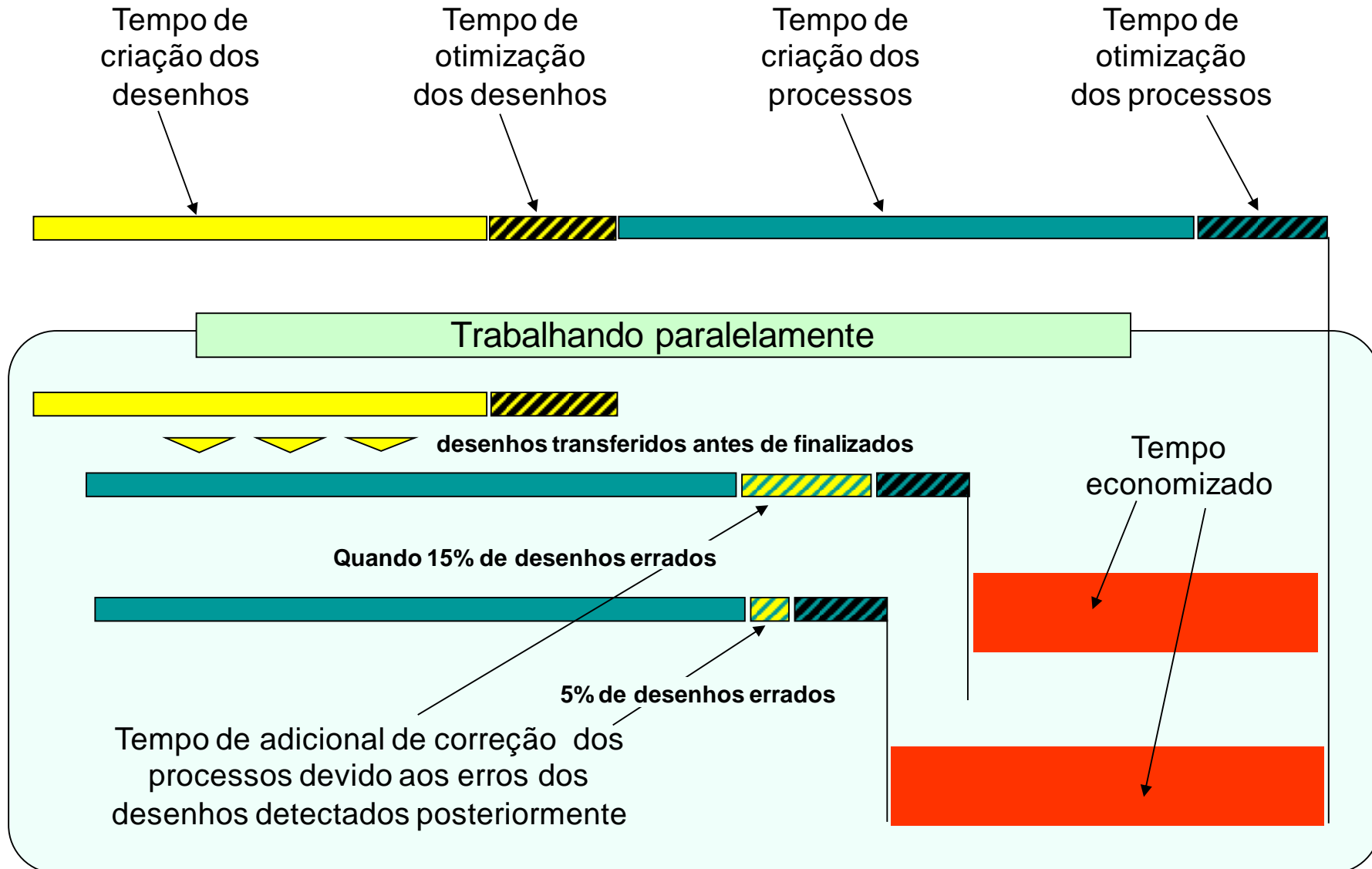
Dependência entre as tarefas de planejamento do processo



Seqüência de atividades e tarefas no conceito de engenharia simultânea



Vantagem do paralelismo de atividades na engenharia simultânea



Determinação de ferramental padronizado (exemplo torneamento)

Torneamento de rosca externa: NOVEX® TS

- Inserto de perfil externo, de 3 arestas de corte
- Alta precisão de perfil do roscado
- Geometria inversa para ISO P 1000 e ISO M (para rosca fina)
- Todos os roscas comuns como, p. ex., ISO-métrico, Whitworth, American UN

O programa completo de porta-ferramentas para sistemas de torner rosca externa você encontra a partir da página 183.

Uso interno com fixação de avanço: NOVEX® TURN

- Peça-suporte otimizada contra impacto do cavante
- Descarga livre de cavante, p. ex., ao copiar para dentro, permitindo cavantes longos
- Fixação simples de inserção
- Sem perda das peças de fixação na troca de inserção

O programa completo de porta-ferramentas externos ISO você encontra a partir da página 88.

Uso externo com fixação de garras: NOVEX® TURN

- Fixação modular, especialmente para cortes difíceis
- Não requer nenhum arranque de corte e vibrações
- Mecanismo simples na troca de inserção, rosca contra rosca

O programa completo de porta-ferramentas externos ISO você encontra a partir da página 88.

Torneamento de rosca interna: NOVEX® TS

- Para rosca interna em perfil normal e invertido
- Alta precisão de perfil através da conexão do ângulo de corte ao porta-ferramenta
- Fixação firme em conexão com NOVEX® CAPTO
- Todos os roscas comuns como, p. ex., ISO-métrico, Whitworth, American UN

O programa completo de porta-ferramentas para sistemas de torner rosca interna você encontra a partir da página 183.

Ferramentas para torner NOVEX®

Corte externo: NOVEX® CUT

- Geometria modular para cortar e abrir canais
- Utiliza uma folha entre o local de corte e o inserto
- Insertos de uma ou duas arestas de corte, para cortar e torner
- 4 geometrias de inserto para todos os casos de usinagem

O programa completo de porta-ferramentas para sistemas de corte você encontra a partir da página 123.

Uso interno com fixação de avanço: NOVEX® TURN

- Sistema angular de fixação com avanço fixado para inserções positivas
- Fixação segura e simples para todas as torner internas de médio porte
- Sem perda das peças de fixação, mesmo em posição invertida
- Dois sistemas de fixação construídos para o transporte seguro de cavantes, especialmente no sistema interno

O programa completo de porta-ferramentas internos ISO você encontra a partir da página 91.

Corte axial e torneamento plano: NOVEX® CUT

- Inserto de 2 arestas de corte para a usinagem econômica
- Uma ferramenta para duas operações: Corte axial e torneamento plano
- Alta estabilidade graças à disposição poligonal do inserto

O programa completo de porta-ferramentas para sistemas de corte você encontra a partir da página 123.

Corte interno e torneamento longitudinal: NOVEX® CUT

- Insertos com 2 arestas de corte, para diferentes perfis
- Configuração modular também em diâmetros sequentes
- Programa alargamento de insertos, útil, mesmo para cortes de arête de retificação e abertura de rasas

O programa completo de porta-ferramentas para sistemas de corte você encontra a partir da página 123.

NOVEX® CAPTO e sistema modular de troca rápida – para operações gerais de torner, para abrir cortes e rosca.

Determinação de ferramental padronizado (exemplo fresamento)

Ferramentas para fresar NOVEX®

Fresa de facear F 4033 NOVEX®

- Inverso afilante em nível graças à forma básica negativa
- Corte fácil pelo geometria externamente positiva do inserto para o máximo em produtividade
- 6 arestas de corte por inserto
- A melhor escolha para a fresamento plano de aço e material fundido

O programa completo de fresas planas você encontra à partir da página 434.

Fresa F 3238 PORCUPINE ["abacaxi"] NOVEX®

- A melhor escolha para fresas cilíndricas de alta performance
- Com número máximo de dentes para avanços mínimos e corte limpo
- Com o serrapça frontal, disponível em diversas versões de haste

O programa completo de fresas para cavos você encontra à partir da página 516.

Fresa octogonal F 2280 NOVEX®

- Fresa universal de múltiplas aplicações!
- Ótima para fresamento plano, fresamento por inserção, fresamento de chanfros e fresamento circular perfurante
- Produção máxima graças a 8 arestas de corte por inserto
- Gam completo de geometrias e tipos para processar todos os materiais

O programa completo de fresas planas você encontra à partir da página 434.

Fresa com inserto redondo F 2334 NOVEX®

- Insertos redondos com facetas para a fixação atarrado em nível do inserto
- Ótima para o máximo em avanço e performance de usinagem
- Ideal para a operação de desbaste e para materiais de usinagem difícil

O programa completo de fresas de copiar você encontra à partir da página 576.

Fresa de Alta Performance F 2330 NOVEX®

- Para avanços de até 3,5 mm de avanço por face.
- Forças radiais mínimas proporcionam alta estabilidade de fresamento mesmo em maiores comprimentos de usinagem
- Máxima performance do processamento no fresamento plano, de copiar e por inserto
- Placa frígida estável

O programa completo de fresas planas você encontra à partir da página 434, o programa completo de coletores roscaados na página 411.

Fresa de copiar para acabamento F 2139 NOVEX®

- Ferramenta de inserto com alta precisão
- Fresa para acabamento, ideal para usinagem HSC (em alta rotação)
- Disponível também em versão com haste em metal duro para o acabamento de tocos profundos

O programa completo de fresas de copiar você encontra à partir da página 576.

Fresa à 90° F 4042 NOVEX®

- Ferramenta altamente positiva para um corte extremamente leve!
- Fresa para desbaste e acabamento com ângulo exato de 90°
- 3 bordas de usinagem permitem a escolha econômica da ferramenta certo para cada caso específico de processamento

O programa completo de fresas angulares você encontra à partir da página 493, o programa completo de coletores roscaados na página 411.

Fresa de metal duro inteiro NOVEX®

- Programa abrangente para todos os materiais
- Revestimentos por PVD para processamento até 65 HRC
- Fresas angulares, de contorno circular e tocos em versão para desbaste e acabamento

O programa completo de fresas de metal duro inteiro você encontra à partir da página 408.

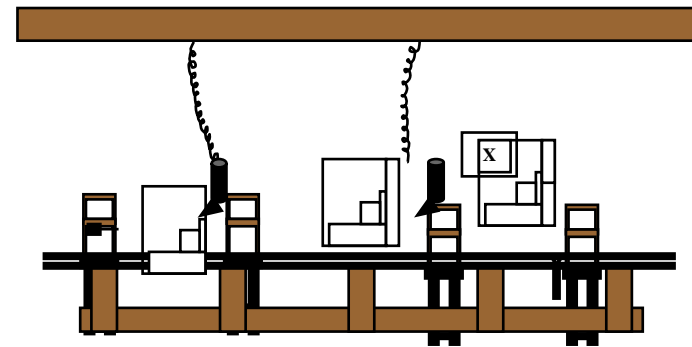
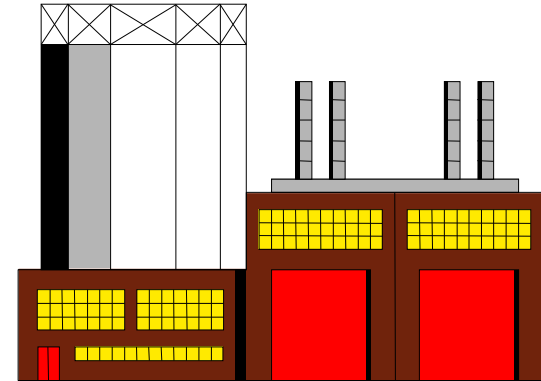
Fresa à 90° F 4041 NOVEX®

- NOVIDADE MUNDIAL: Forma angular levada do inserto para rotacioná-lo 90°, com 4 arestas de corte por inserto
- Segurança máxima do processo graças ao assento negativo do inserto
- Simplicidade otimizada da operação pelo ângulo de corte positivo

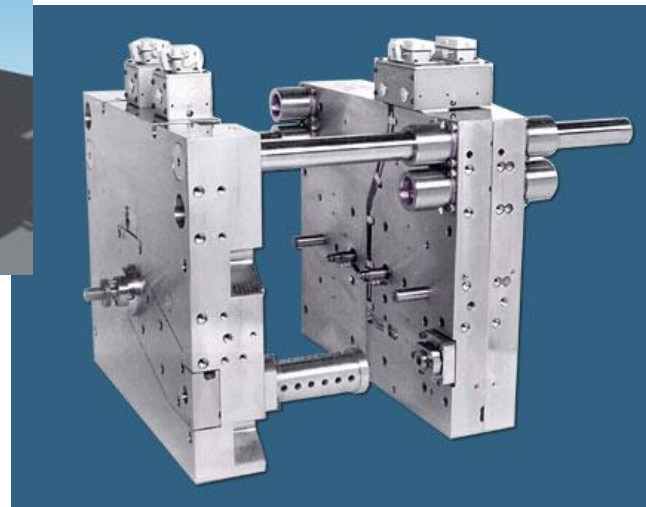
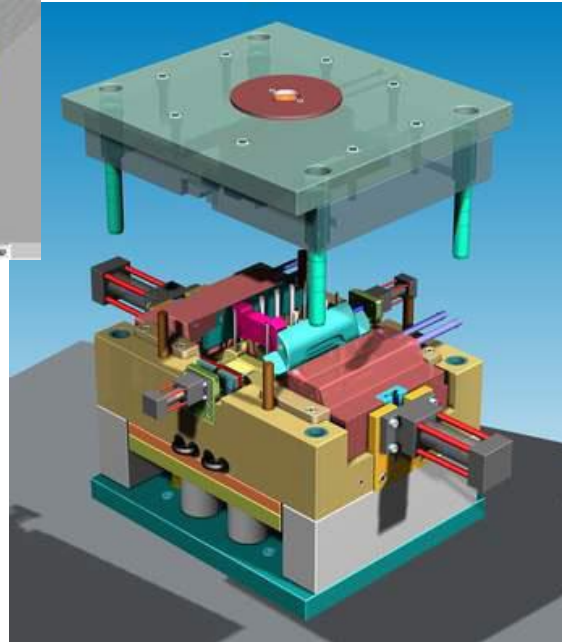
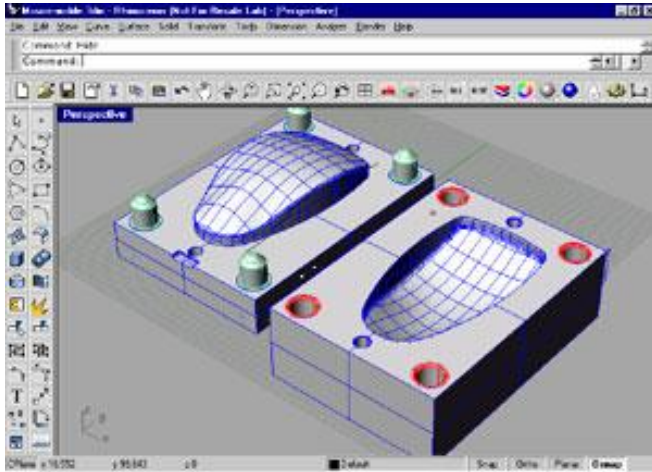
O programa completo de fresas à 90° você encontra à partir da página 493.

Exemplos de recursos a serem projetados

- Dispositivos especiais
- Ferramentas especiais
- Máquinas
- Instalações
- Fábricas



Projeto de moldes – ilustrativo



- Planejamento detalhado do processo
- Plano de controle
- FMEA
- Próximos passos no projeto

- Documento que estabelece a informação necessária para realização do controle da qualidade
- Informações típicas
 - Técnica de avaliação (inspeção visual, por dispositivo especial, instrumento padrão, etc.)
 - Equipamento/instrumento de medição
 - Frequência de inspeção (tipo de amostragem, tamanho da amostra, etc.)
 - Plano de correção/reação

Plano de controle

Exemplo

PLANO DE CONTROLE

Página 4 de 23

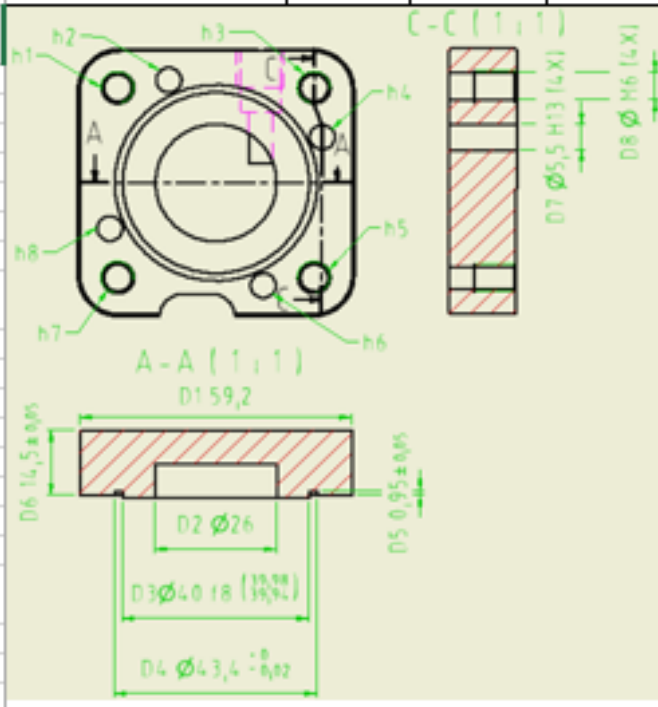
Protótipo		Pré-lançamento		<input checked="" type="checkbox"/> Produção		Contato Principal/Telefone J. Davis/313-555-5555		Data Original 1-26-92		Data/Revisão 2-2-92		
Nº do Plano de Controle 001				Equipe Principal Grupo de Desenvolvimento do Produto (EO1) - Veja a Lista				Aprovação da Engenharia-Cliente/Data				
Número da Peça/Último Nível de Operação 22521211/G 11-2-92				Fornecedor/Aprovação da Fábrica/Data				Aprovação da Qualidade-Cliente/Data				
Nome da Peça/Descrição Grade Moldada em Plástico Injetado				Outra Aprovação/Data				Outra Aprovação/Data				
Fornecedor/Fábrica 4-B Grill Co. Plant #3			Cód. do Fornecedor 0123		Outra Aprovação/Data				Outra Aprovação/Data			
Nº da Peça/ Processo	Nome do Processo/ Descrição da Operação	Máquina, Dispositivo, Padrão, Ferramentas p/ Manufatura	Características			Classificação de Característica Especial	Métodos				Plano de Reação	
			Nº	Produto	Processo		Produto/Especificação de Processo/ Tolerância	Técnica de Avaliação/ Medição	Amostra			Método de Controle
3	Moldagem em plástico injetado	Máquina Nº 1-5	18	Aparência		*	Sem manchas	Inspecção visual	100%	Contínua	Inspecção 100%	Notificar Supervisor
				Sem manchas			Linha de fluxo	Aprovação da 1ª peça			Folha de verificação	Ajustar/Verificar novamente
							Marca de rechupe	Aprovação da 1ª peça			Folha de verificação	Ajustar/Verificar novamente
		Máquina Nº 1-5	19	Localização do furo de montagem		*	Localização do furo "X"	Dispositivo #10	1ª peça	Aprovação por corrida	Folha de verificação	Ajustar/Verificar novamente
							25 ± 1 mm		5 peças	Horária	Carta \bar{x} -R	Segregação e ajuste
		Máquina Nº 1-5	20	Dimensão		*	Folga 3 ± 0,5 mm	Dispositivo #10	1ª peça	Aprovação por corrida	Folha de verificação	Ajustar/Verificar novamente
		Dispositivo #10	21	Forma geométrica		*	Folga 3 ± 0,5 mm	Verifique a folga quanto a fixação - 4 locais	5 peças	Horária	Carta \bar{x} -R	Segregação e ajuste
		Máquina Nº 1-5	22		Ajuste do injetor		Veja cartão de preparação anexo	Revisão do cartão de ajuste e ajustes da máquina		A cada ajuste	Aprovação da 1ª peça	Ajuste e reprograma a máquina
											Inspecção verifica ajustes	

Part Quality Inspection

Part: _____ Client: _____ Code: _____

Date: _____ Operator: _____

Controlled Parameter	Tolerances		Measured Value			Accepted?	
	Min	Max	Min	Max	Average	Yes	No
<u>Environment</u>							
Air temperature	18°C	-					
<u>Machine</u>							
Nozzle temperature	220°C	245°C					
Bed temperature	70°C	110°C					
Platform inclination angle	-2'	2'					
Head vibration							



Dimensions	Min	Max	Caliper rule value
D1	58,7	59,7	
D2	25,5	26,5	
D3	39,5	40,5	
D4	42,9	43,9	
D5	0,5	1,5	
D6	14,0	15,0	
<u>Roughness</u>	-	-	
<u>Holes inspection</u>		Screw Fits?	Caliper rule value
h1	M6		
h2	M5.5		
h3	M6		
h4	M5.5		
h5	M6		
h6	M5.5		
h7	M6		
h8	M5.5		
<u>Approval</u>	Part Approved	Part rejected	

Production Parameters	Started at:	Finished at:	Total Time:	Signature: _____
Manufacturing				
Quality Inspection				
<u>In Between Process</u>	Last Part End:	Current Part Start:	Total Time:	
Setup time:				

Exemplo
Projeto POLI-UNIMEP-Darmstadt
Tampa

- Planejamento detalhado do processo
- Plano de controle
- FMEA
- Próximos passos no projeto

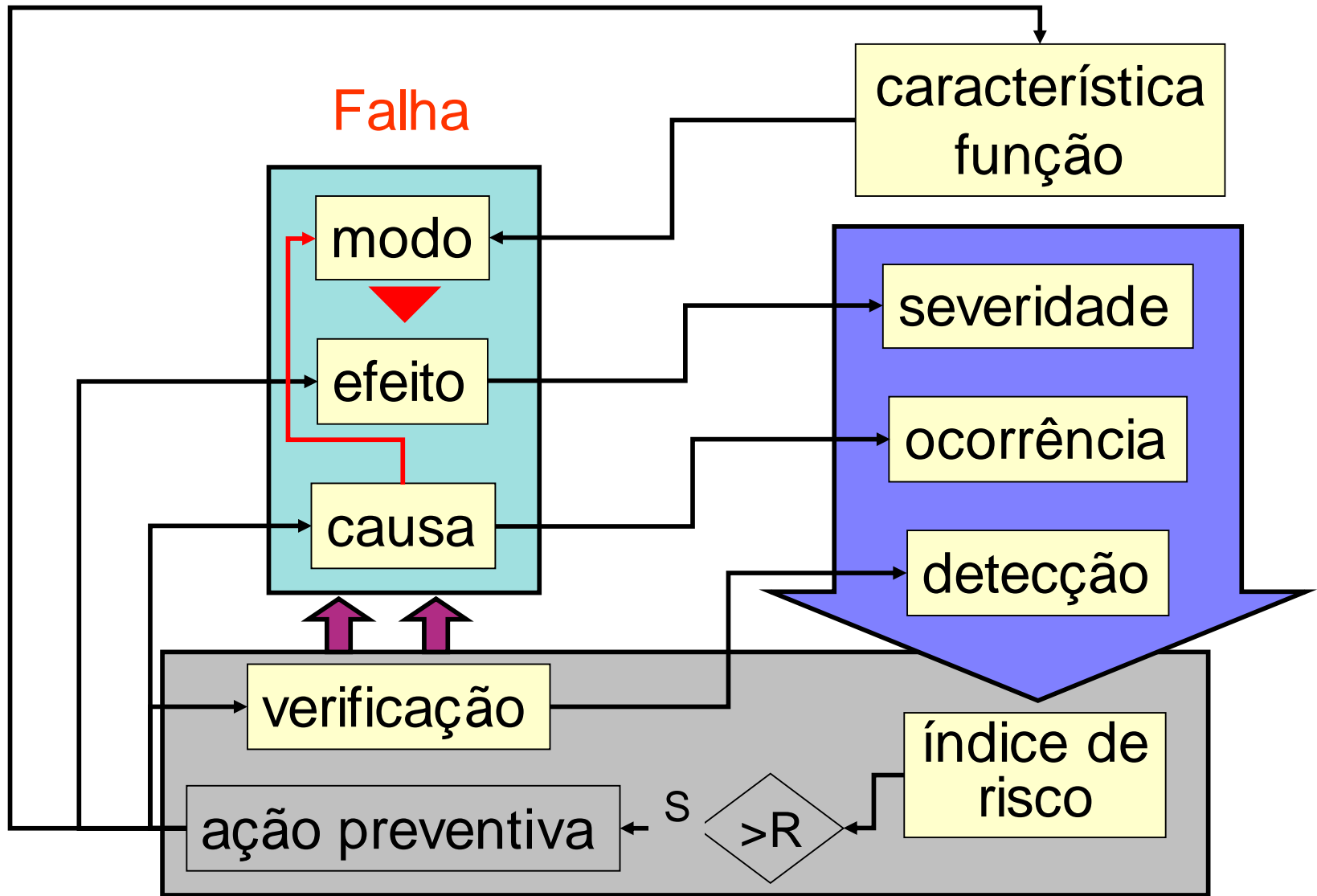
Formulário do FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*)

Análise do Tipo e Efeito de Falha

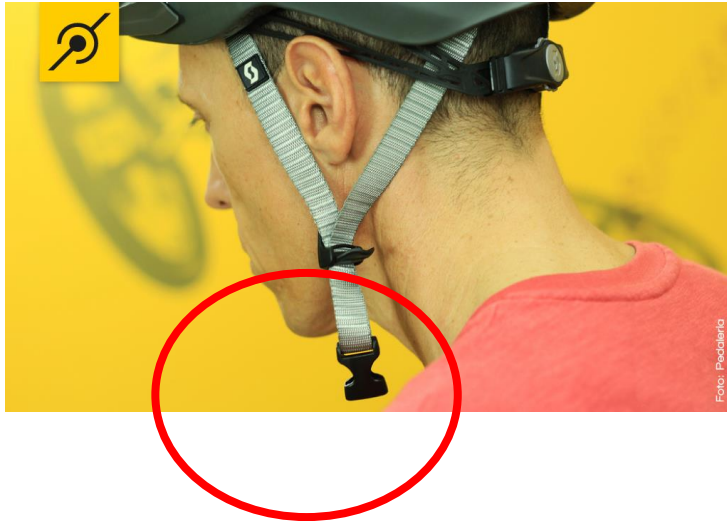
<input type="checkbox"/> FMEA de Produto <input type="checkbox"/> Sistema <input type="checkbox"/> Sub-sistema <input type="checkbox"/> Componente	<input type="checkbox"/> FMEA de Processo	Nome do Cliente	No da peça do cliente	Página
		Nome do Fornecedor	No da peça fornecedor	Modelo aplicado/ano
Nome da Peça	Código	Projetista Responsável		FMEA No
Membros do Time		Preparado por	Aprovado por	Data

Item(ns) / Função(ões)	Modo(s) de falha em potencial	Efeito(s) potencial(is) da falha	S	Causa(s) potencial(is) / mecanismo(s) de falha(s)	O	Controle atual de projeto		D	RPN (SxOxD)	Ação(ões) recomendada(s)	Responsáveis e data alvo de finalização	Resultado das ações					
						Prevenção	Detecção					Ação(ões) tomada(s)	S	O	D	Novo RPN	

Visão estruturada do FMEA



Exemplo falha de produto



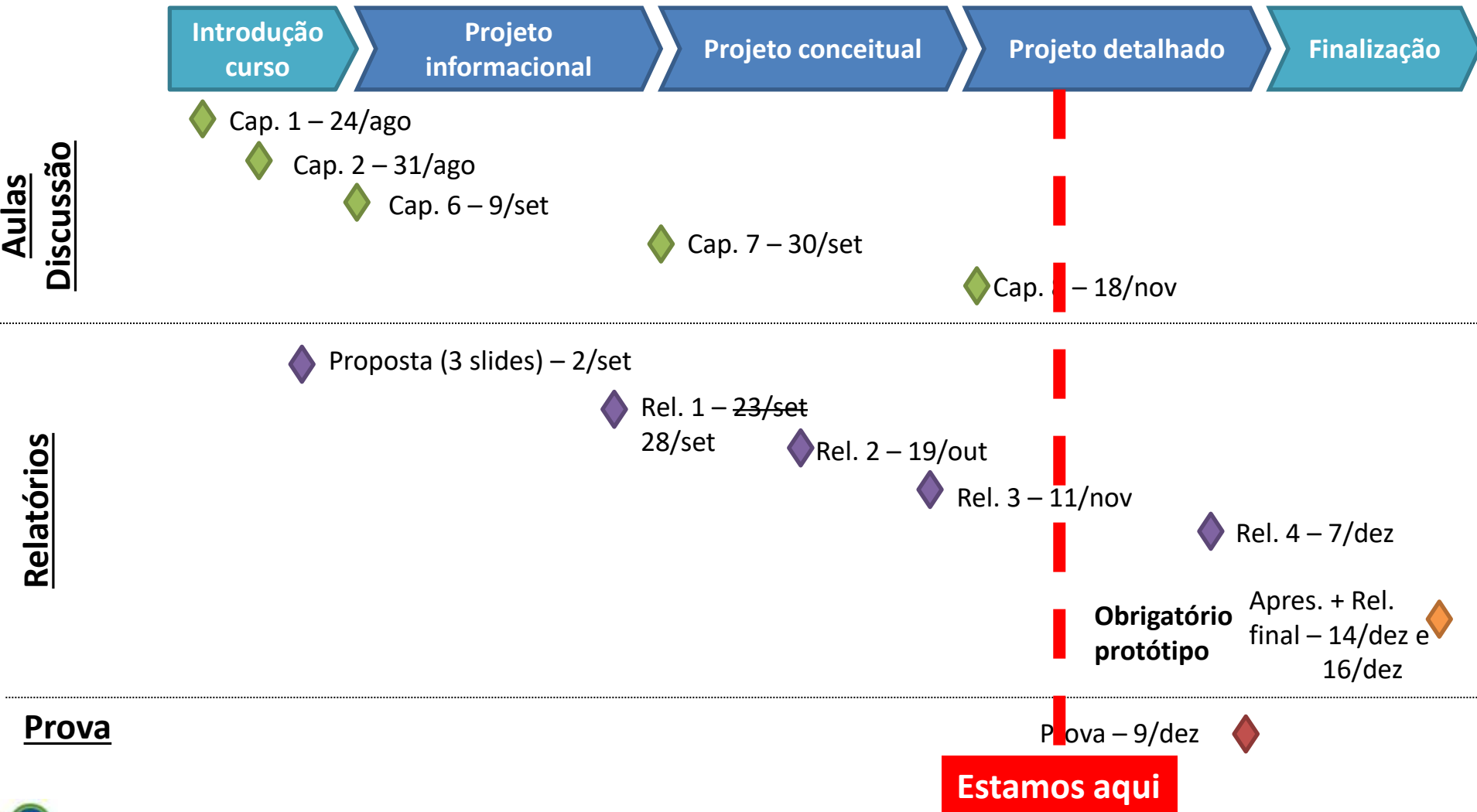
Descrição do Produto	Função(ões) do Produto	Tipo de Falha Potencial	Efeito da Falha Potencial	Causa da Falha em Potencial	Controles Atuais	Índices				Ações de Melhoria			Índices Atuais			
						S	O	D	R	Ações Recomendadas	Responsável /Prazo	Medidas Implantadas	S	O	D	R
Relógio de Pulso com Mp3 Player	Armazenamento de dados	Erro na comunicação USB	Impossibilidade de usar os arquivos no computador	Terminal USB defeituoso	Testes rigorosos	6	2	6	72	Inspeção 100%						
				Driver incompatível	Certificação de Drivers para o Sistema Operacional mais comum	6	5	7	210	Certificação em outros Sistemas Operacionais						
		Falha no armazenamento	Perda de arquivos carregados anteriormnte	Memória Flash defeituosa	Auditorias nos fornecedores	8	4	7	224	Desenvolvimento de critérios mais rigorosos nas auditorias						
	Transmissão via Bluetooth	Interferência	Ruídos indesejáveis nos fones de ouvido	Regulagem de frequência inadequada	Faixa de operação estabelecida criteriosamente	6	7	3	126	Realização de testes						
	Resistência à água	Infiltração de água no sistema	Travamento geral das funções	Vedamento impróprio do relógio	Testes rigorosos e freqüentes	9	3	5	135							
	Relógio convencional	Imprecisão no horário marcado	Horário marcado de forma errada	Sistema de movimento (quartz) desregulado	Inspeção da matéria-prima e da montagem	3	1	2	6	Aquisição de materiais com fornecedores com certificação de SGQ						
Fechamento da pulseira	Falta de pressão	Abertura involuntária do fecho	Desgaste do sistema de fechamento	Materias adequados	3	4	1	12	Projetos mais criteriosos							

- Planejamento detalhado do processo
- Plano de controle
- FMEA
- Próximos passos no projeto

Cronograma do curso

Resumos e relatórios

Fases do curso e do desenvolvimento de produtos



Estamos aqui

- Selecionar item para plano de qualidade
- Selecionar ferramental a ser especificado/detalhado
- FMEA do produto (ou processo)