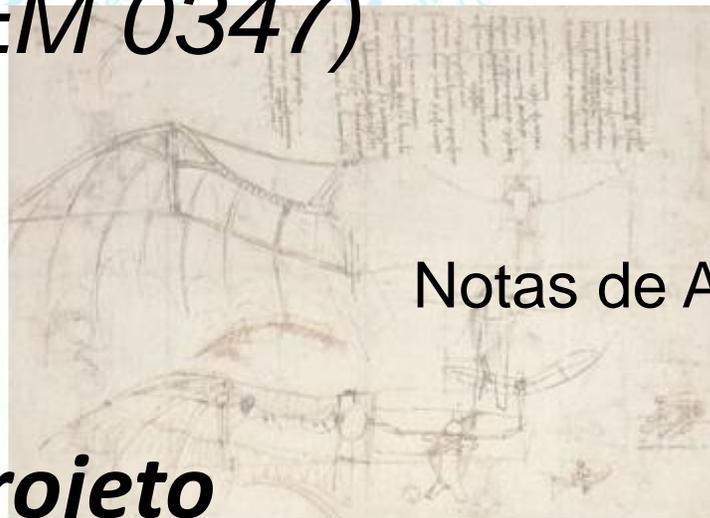


# PROJETO MECÂNICO (SEM 0347)



Notas de Aulas v.2022

LEONARDO DA VINCI (1452-1519)

## Aula 02 – **Máquinas e Técnicas de Projeto**

Leonardo da Vinci – estudo da construção e controle de uma asa - 1490



Professores: Carlos Alberto Fortulan  
Benedito de Moraes Purquerio

# Objetivos

Caracterizar uma máquina e identificar e elaborar uma metodologia de projeto que se adapte à um projeto particular,

- baseado nas experiências de **experts**, sistematizar ações de projeto;
- não deve ser um rígido como um regra, mas uma **negociação** sobre o que fazer;
- mesclar as experiências individuais com uma área compartilhada e transmissível de conhecimento.
- lógica entre passado e futuro, sem limitar a variedade de possíveis futuro nem impor um futuro;
- reduzir erros e descuidos evitáveis;

# Máquina

A origem da palavra máquina:

- do Latim MACHINA, “aparelho, estrutura, engenho”
- do Grego MEKHANE, “aparelho, meio para obter algo”

“An apparatus using mechanical power and having several parts, each with a definite function and together performing a particular task’

English Dictionary

**A máquina** é um dispositivo que ajuda a tornar a execução de um trabalho mais fácil por realizar uma ou mais das seguintes funções:

- ✓ transferir uma força de um lugar para outro;
- ✓ mudar a direção de uma força;
- ✓ aumento da magnitude de uma força;
- ✓ aumento da distância de ação de uma força; ou
- ✓ aumento da velocidade de uma força.

# Considerações importantes no projeto de Máquinas

## 1. Tipo de **Carga** e **Tensões** causadas pelo carregamento

- Cargas mortas
  - Cargas vivas
    - Carregamento estático
    - Carregamento dinâmico
  - Choques (eventuais)
  - Impactos (velocidade de aplicação)
- Tensões normais (tração, compressiva) e de cisalhamento
  - Tensões de torção
  - Tensões de flexão
  - Tensões térmicas

## 2. **CINEMATICA** da máquina (movimento dos componentes)

- Encontrar uma disposição mais simples que ofereça mais eficiência ao movimento necessário.

## 3. Seleção dos **MATERIAIS**

- É necessário um conhecimento das propriedades dos materiais e do seu comportamento em condições de trabalho.
- Resistência, dureza, rigidez, resistência fadiga, peso, resistência ao calor e à corrosão, a condutividade elétrica, usinabilidade, etc

## 4. DESENHO E DIMENSÃO dos componentes

As dimensões serão determinadas pela aplicação de forças/torque nos componentes/material de tal forma que uma falha (ruptura, deformação permanente ou elástica excessiva) não ocorra.

# Constituintes de uma máquina

✓ Estrutura

Material  
Desenho  
Fabricação

✓ Movimentação

Linear  
rotativa

Contínua  
Pulsante

✓ Atuação

Hidráulica/pneumática;  
Motor  
.....

Elétrico,  
Combustão

✓ Controle → Precisão/acuracidade/resolução – vibração - estabilidade



# Projeto de Máquina:

Projeto de máquinas resolve alguma necessidade humana de fabricação, transporte, movimentação e socialmente alivia o ser humano de tarefas árduas e repetitivas. De caráter multidisciplinar, envolve princípios físicos (mecânicos, elétricos, óticos), humanos (ergonomia para o operador, estética) e mercadológicos (competitividade).

# Tipos de Projeto:

## Projeto Adaptativo

Baseado em um projeto já existente, os princípios de solução são conservados

Atualização

Adaptação

## Projeto Evolutivo

É iniciado sobre um projeto existente focado na atualização

Escala

Limites

## Projeto inovador

Novo projeto baseado em princípios científicos. Uso da criatividade. Não está necessariamente relacionada à invenção

Kottayam (2002)

# Tipos de Projeto: baseado em métodos

## Projeto Racional

Baseado pela determinação das tensões e deformações e assim dimensionado os componentes.

## Projeto Empírico

Baseado em fórmulas empíricas e experimentado na prática. Não há um procedimento matemático, mas pela observação e experiência.

## Projeto Industrial

Baseado nas considerações industriais: normas *versus* mercado, observações da concorrência, capacidade instalada, baixo custo e padrão de mercado.

Kottayam (2002)

# *TÉCNICAS DE PROJETO*

## *MORFOLOGIA*

# Técnicas de projeto - morfologia

A abordagem científica, sua organização e métodos começaram a ser estudadas e interpretadas a partir dos anos 50, e deve ao grande progresso tecnológico obtido durante e decorrente da segunda guerra mundial.

A primeira Conferência de Técnicas de Projetos aconteceu em Londres em 1962 e é considerada o evento que marcou o lançamento de metodologia de projeto como objeto de pesquisa.

.....The Conference on Systematic and Intuitive Methods in Engineering, Industrial Design, Architecture and Communications – London, 1962 – John C. Jones e Peter Slann.

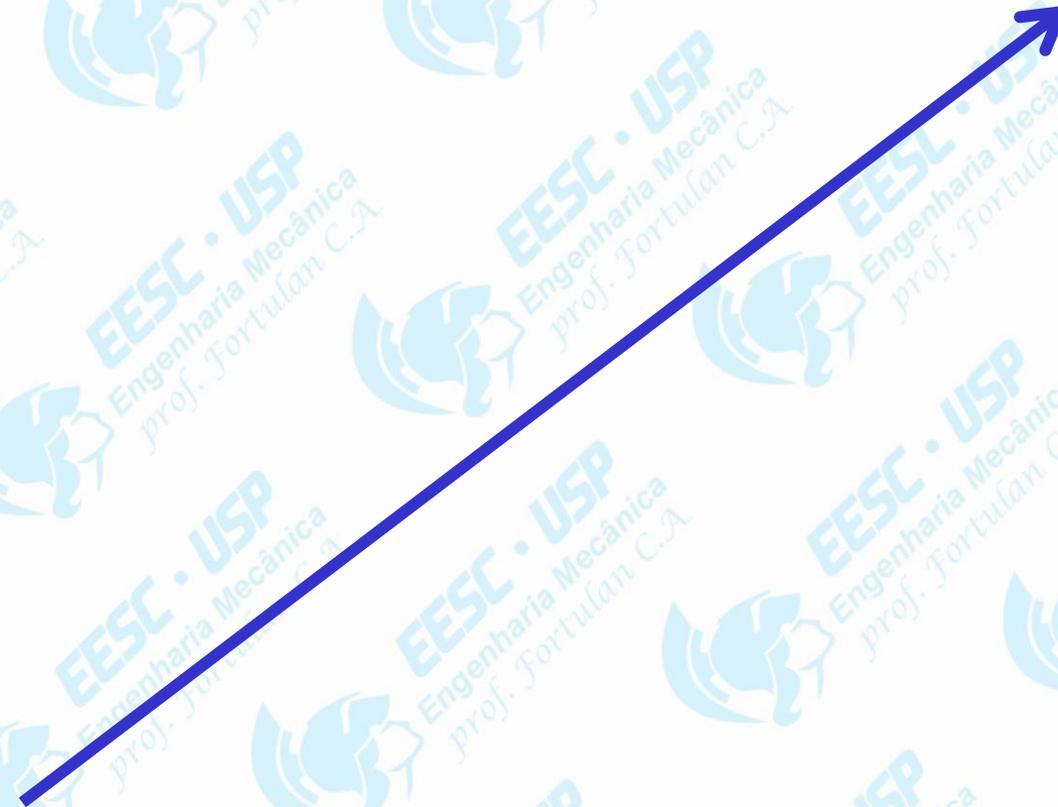
## Histórico → Publicações

- **Primeira geração:** Asimow (1962), Woodson (1966), Cain (1969), Koller (1976), Rodenacker (1976), Pahl e Beitz (1977), etc - uma abordagem voltada para áreas de conhecimento específico;
- **Segunda geração:** Blanchard e Fabrycky (1981), Pugh (1991), Ullman (1992), Clausing (1993), Rozenburg e Eekels (1995), Ulrich (1995), entre outros - necessidade de adaptação ao mercado consumidor globalizado.

Histórico → Publicações

- **Primeira geração** → conhecimento específico
- **Segunda geração** → conhecimento específico + Cliente (Usuário)

**Hoje e futuro:** *Projeto* → cria e resolve uma necessidade que a sociedade sequer tenha noção



**Assimov (1968):** *Projeto* → Atendimento das necessidades da sociedade

# Morfologia do Processo de Projeto

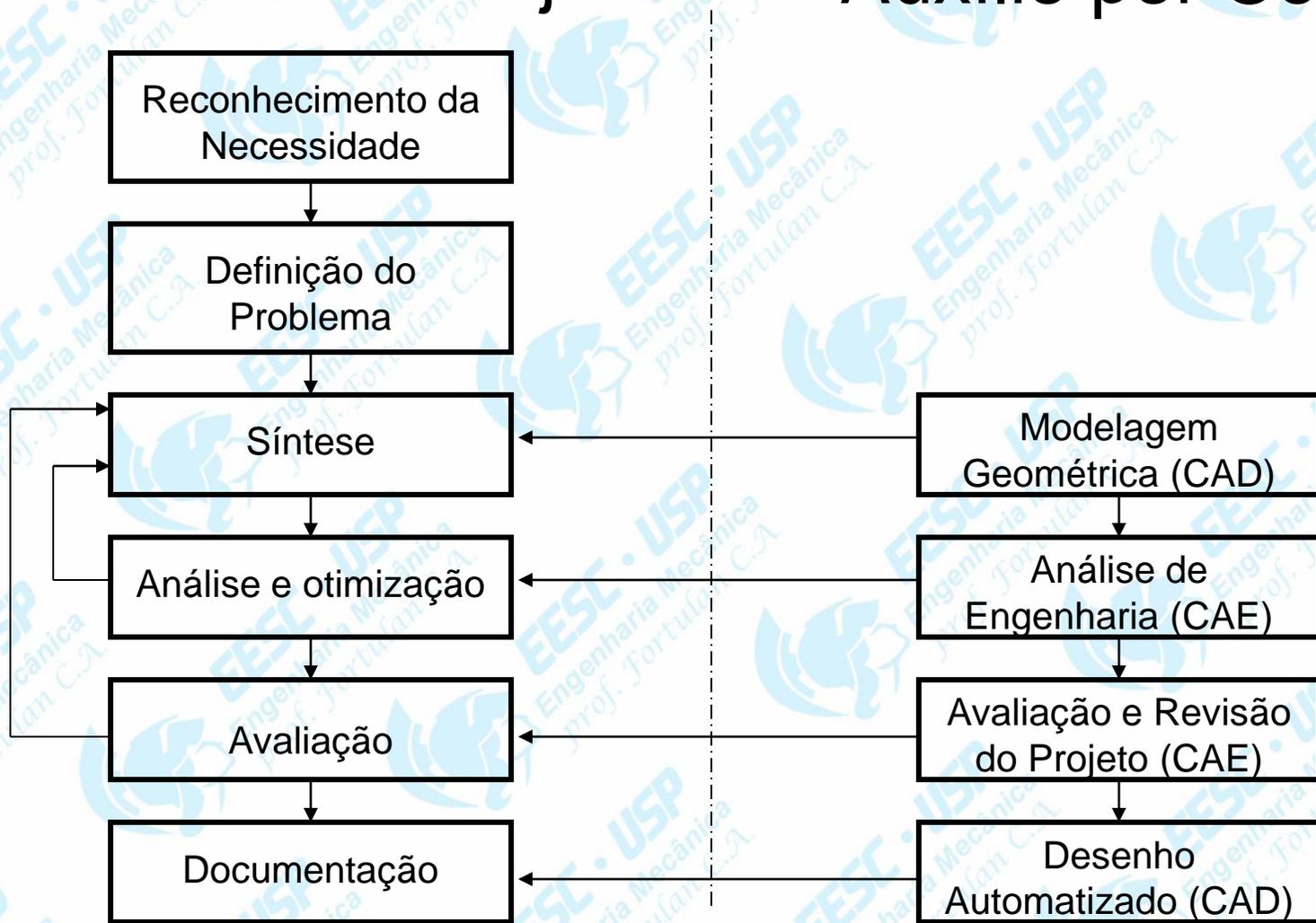
“À medida que um projeto é iniciado e desenvolvido desdobra-se uma sequência de eventos em ordem cronológica, formando um modelo comum a outros projetos”. ASIMOW 1968

“São representações filosóficas e estratégicas para a condução de um projeto”. ASIMOW 1968.

# Desenvolvimento do projeto de produto

## Processo de Projeto

## Auxílio por Computador



## Processo de projeto - fases

**Reconhecimento da necessidade**, informações sobre a necessidade de um produto. Envolve pesquisa de mercado, oportunidades, tecnologia, criatividade e *feeling*, definição do produto, segmento do mercado, riscos;

**Definição do problema**, especificações do produto;

**Síntese** do produto, esta relacionada com o projeto propriamente dito (conceito, forma, design, dimensões);

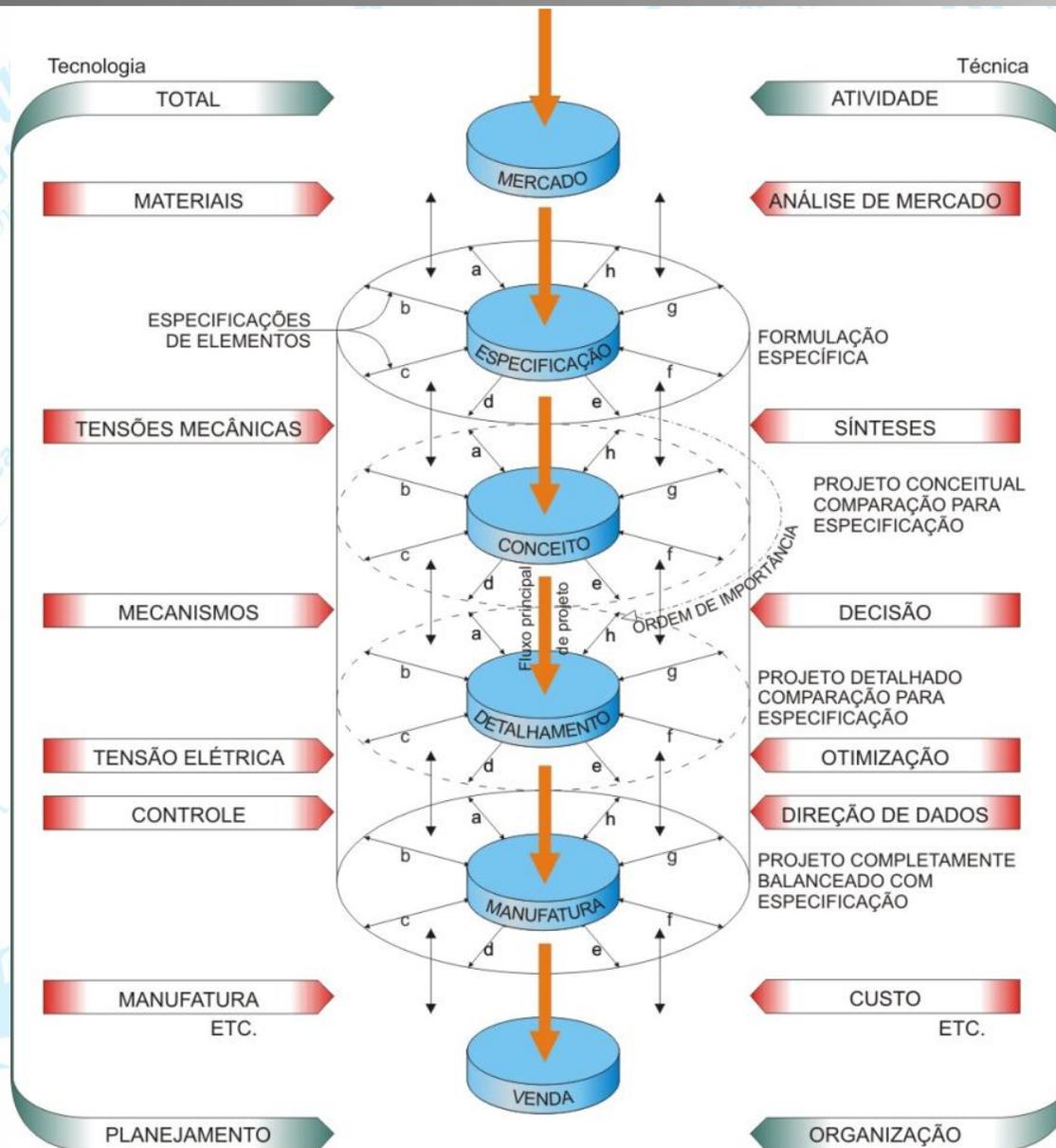
**Análise e otimização**, análise da proposta apresentada pela síntese, empregam-se cálculos e sistema CAE;

**Avaliação**, protótipo físico ou digital, se verifica o atendimento das especificações impostas *na definição do problema*;

**Documentação**, desenhos de fabricação e métodos.

# Modelo “Total Design”

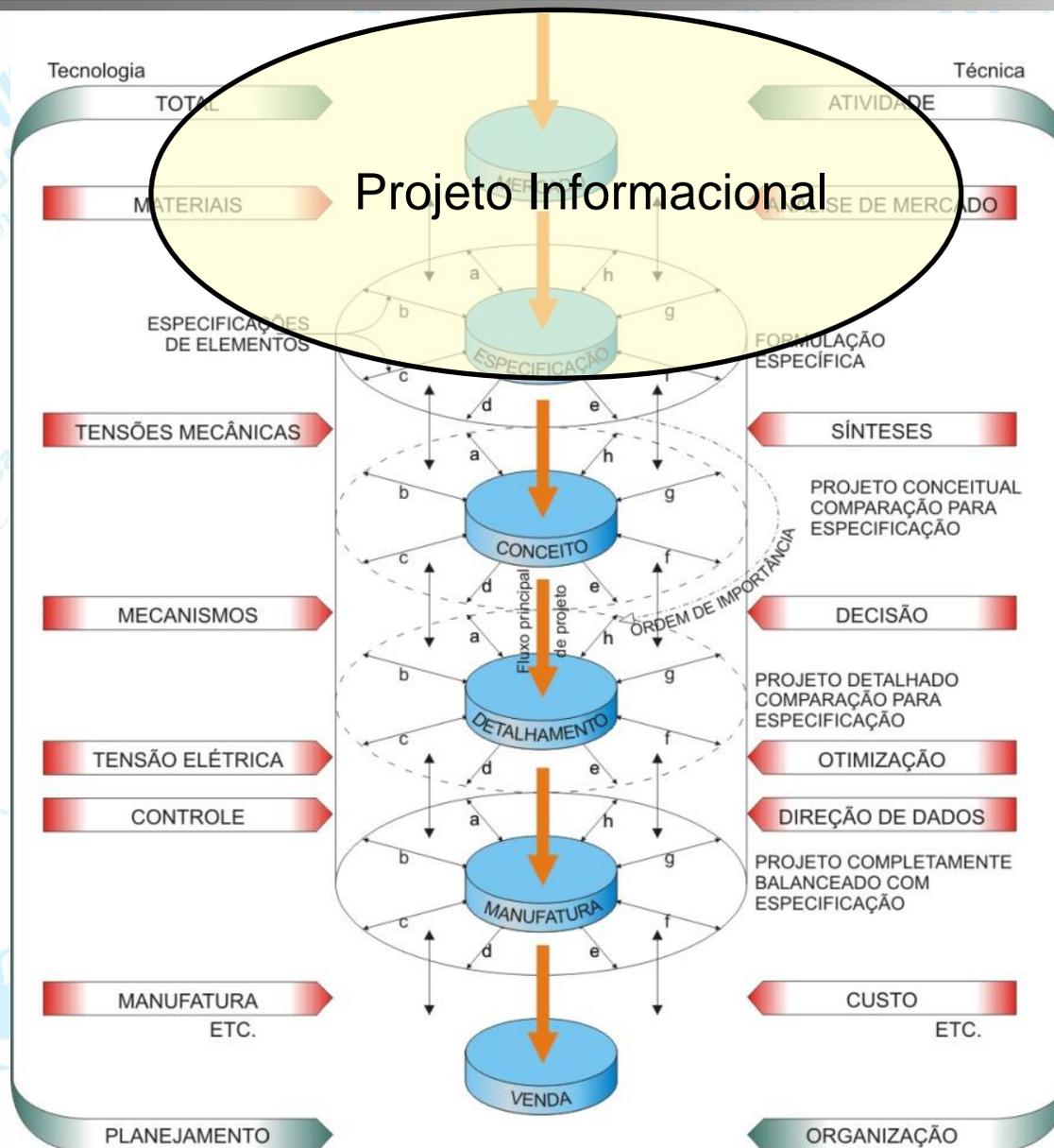
(PUGH, 1995)



# Técnicas de projetos Consensual

*O usuário como  
parceiro no  
projeto*

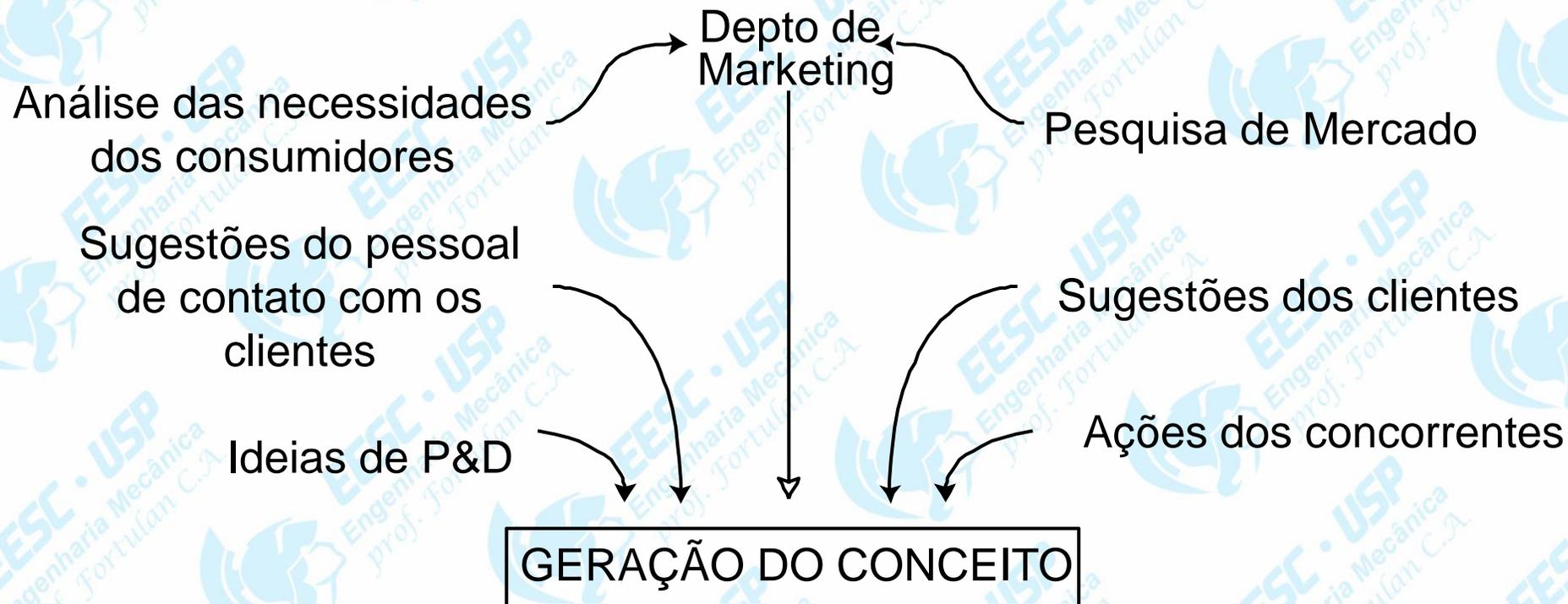
Ogliari, 1999



# Projeto Informacional

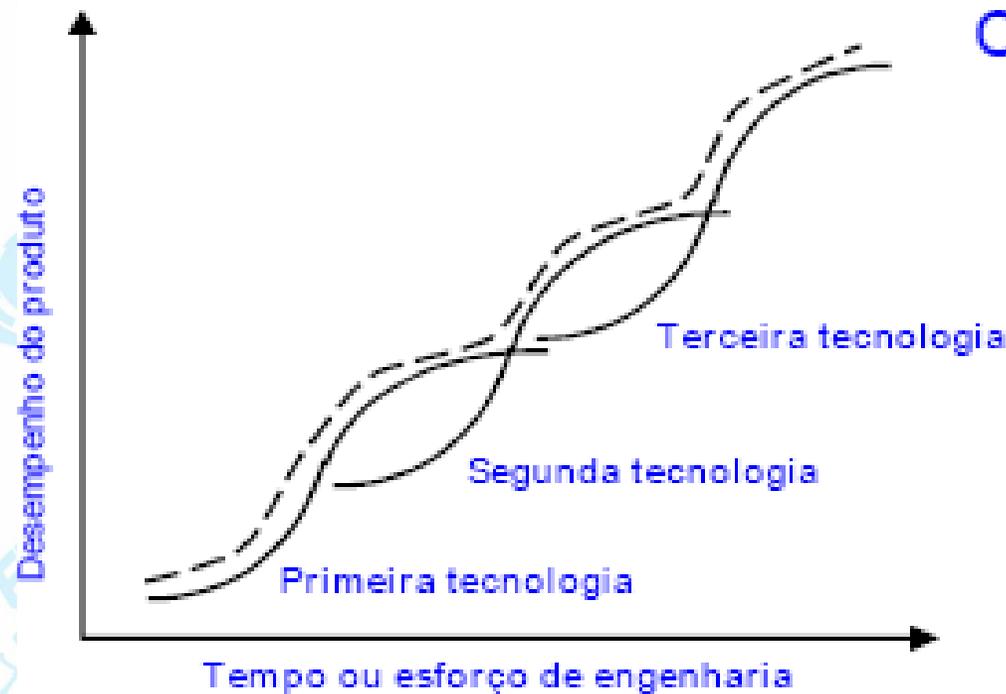
## Fontes internas

## Fontes externas

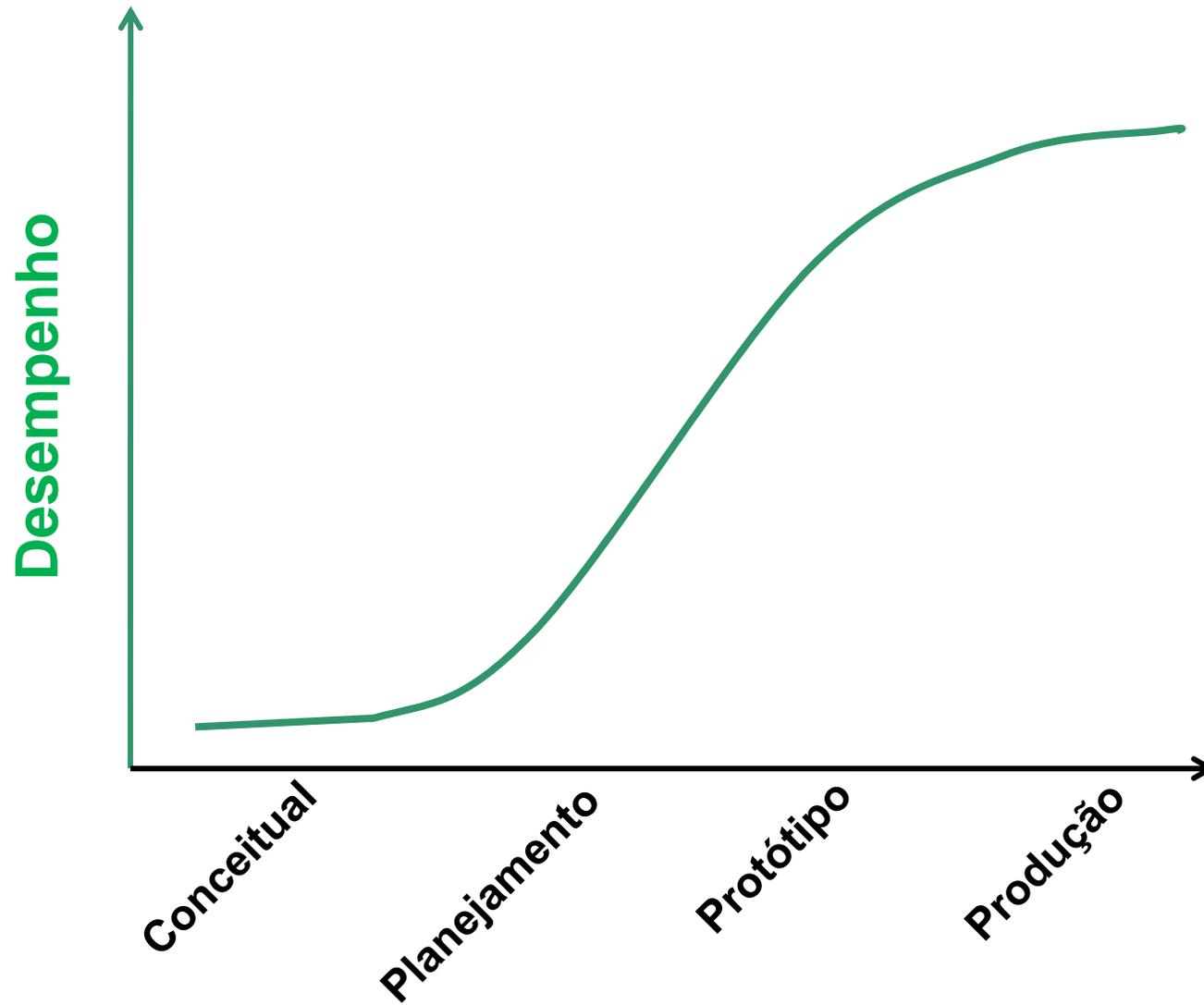


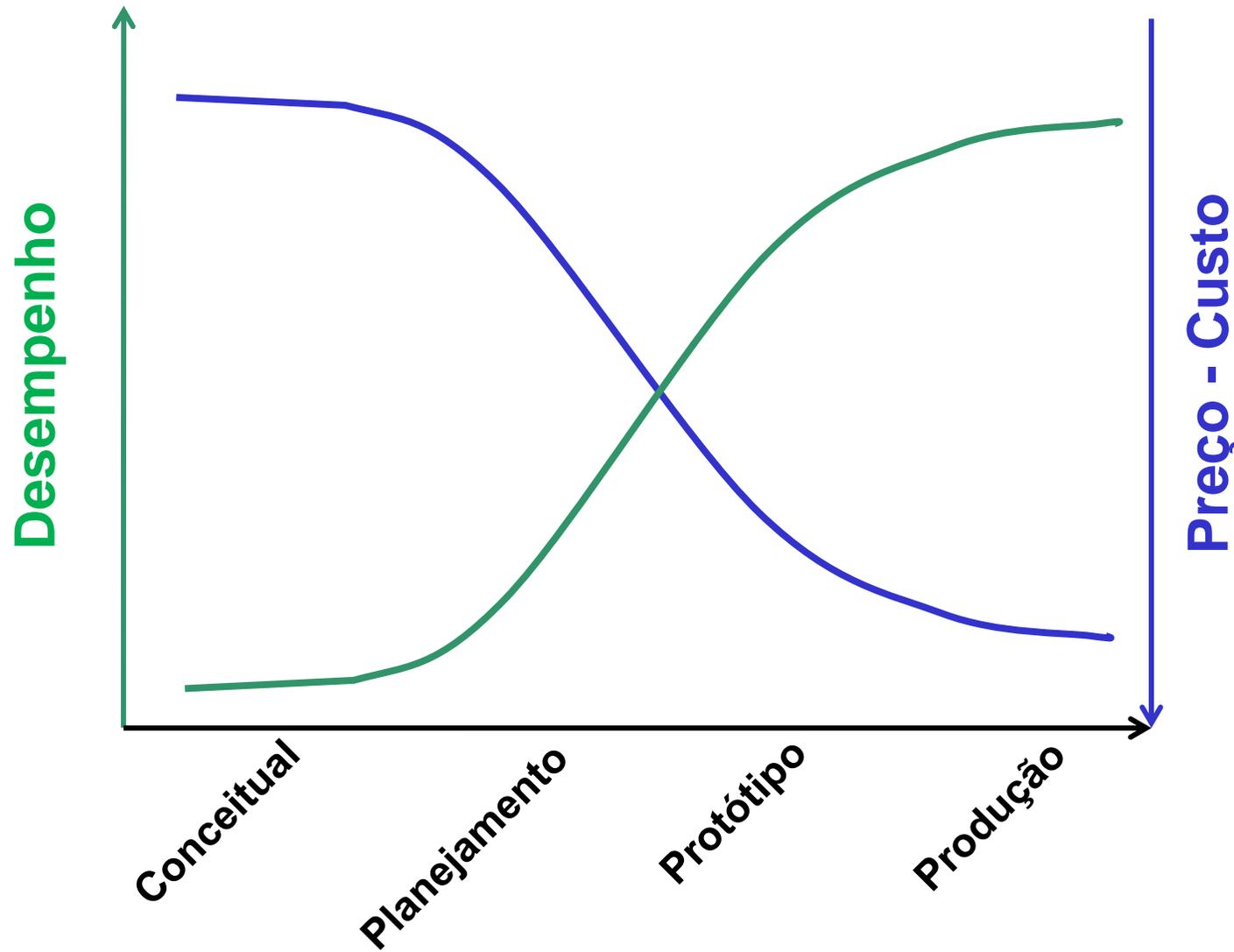
# Estratégia – Início e descontinuidade da tecnologia

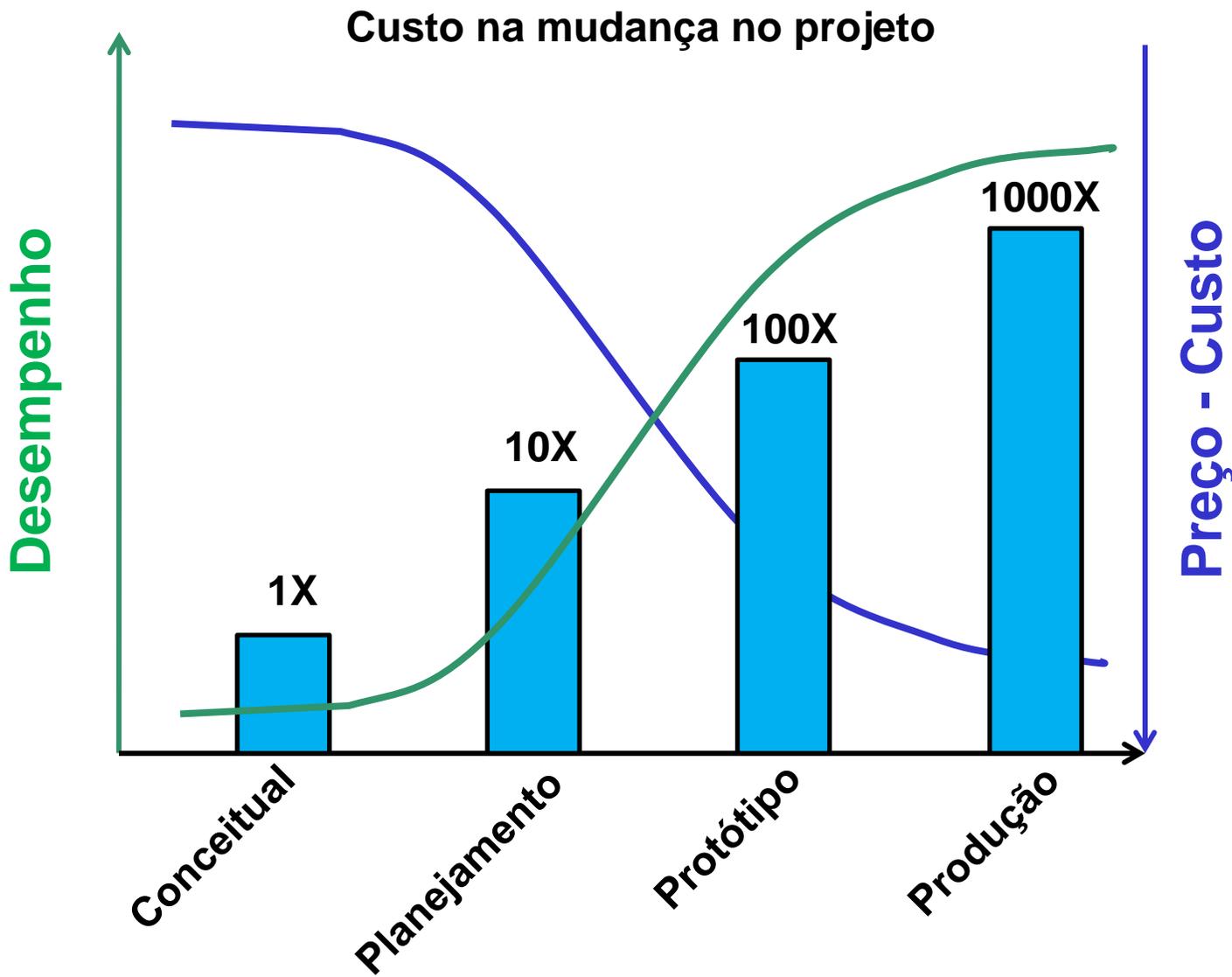
A ruptura com a tecnologia existente e a dotação de uma tecnologia inovadora se dá com o passar do tempo, com a resposta do mercado.

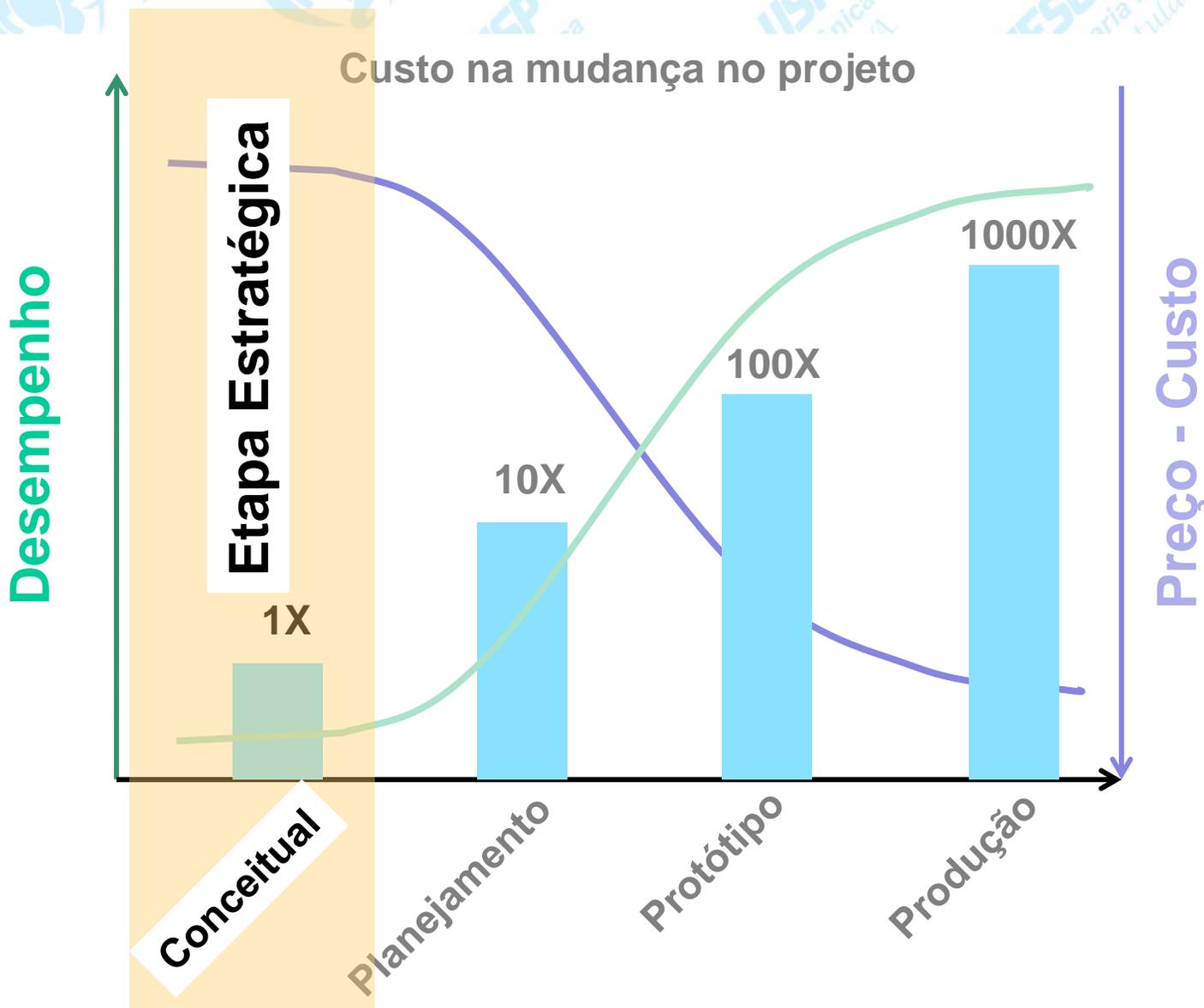


Curva - S para tecnologia convencional



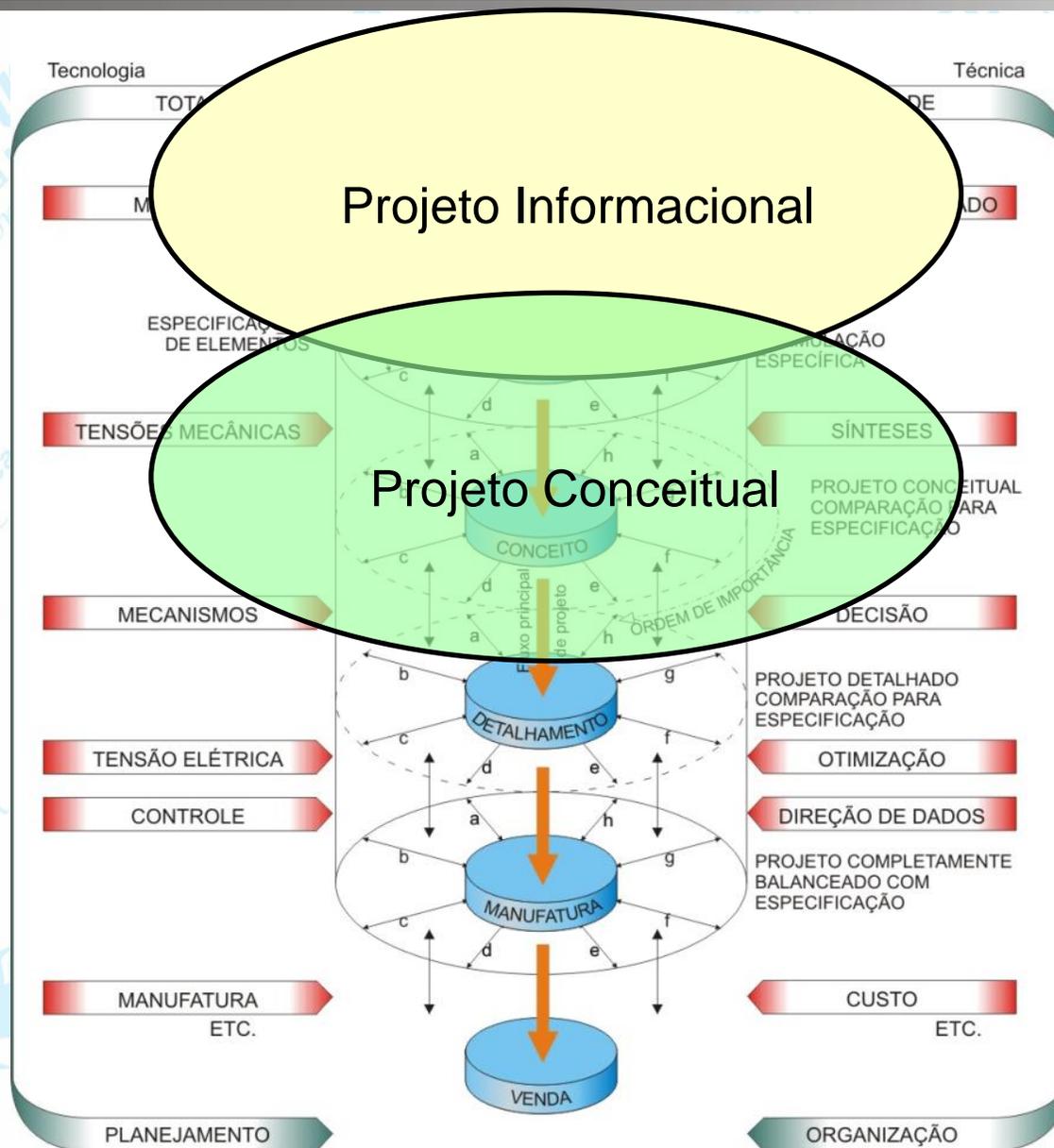






# Consensual

*Criatividade  
Ambigüidade  
Contradição*



# Projeto Conceitual

Envolve o elemento criatividade  
e

é fase do projeto mais difícil de se automatizar.

# Geração do conceito → CRIATIVIDADE

“É a capacidade das pessoas gerarem novos projetos, produtos ou idéias que, até o momento da geração eram completamente desconhecidos do criador.” KING (1999)

**Criatividade**



Geração de Ideias

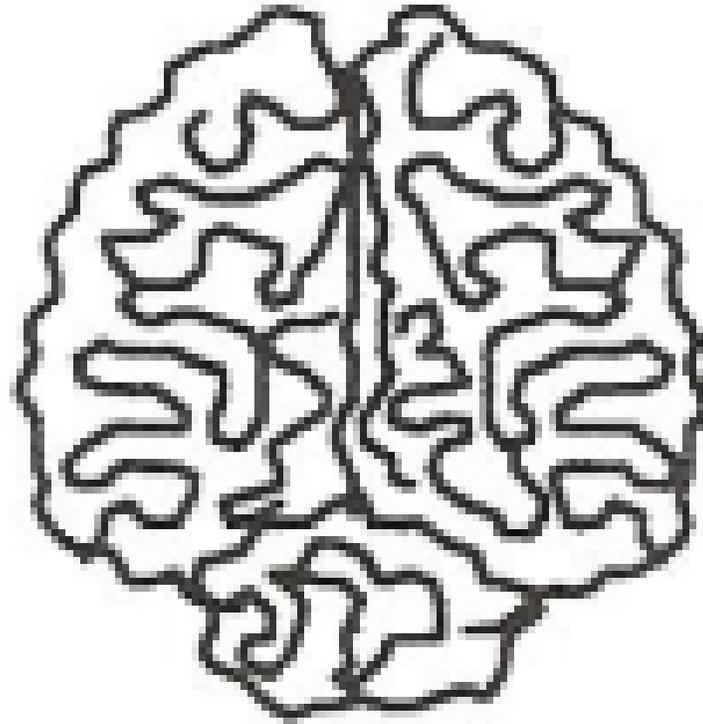


**Inovação**



Processo de seleção da ideia  
e  
Tradução da ideia em realidade

# Recursos ?



# Pensamento CRIATIVO

Envolve

- a ambiguidade;
- contradição
- aleatoriedade
- maleabilidade

- pensamento imaginativo;
- combinação de pensamentos →

formação de novos padrões

ou

experiências de um grupo

O resultado é mais do que a soma do que se conhece



# Geração de Conceitos - métodos

- **Convencionais** – literatura;
- **Intuitivos** – brainstorming, brainwriting, lateral thinking, quadro morfológico;
- **Sistemáticos** – Back, Pahl e Beitz, Ullman, Koller, etc;
- **Orientados** – TRIZ.



Ximenes RD. Desenvolvimento de projeto conceitual de produto com auxílio de metologia sistêmica de criatividade: uma aplicação de triz. Dissertação de Mestrado EESC/USP. 2011

# Intuitivos – Quadro Morfológico

Análise morfológica			
Problema:	definição do problema		
Variáveis	Classes		
	C1	C2	Cn
V1	V1C1	V1C2	V1C3
V2	V2C1	V2C2	V2C3
V3	V3C1	V3C2	V3C3
Vn	VnC1	VnC2	VnC3

Movimentação	XY	XYZ	XYZΘ			
Material da estrutura	Aço SAE 1020	Aço SAE 1045	Aço inox	Alumínio	Granito Sintético	Ferro Fundido
Forma da estrutura	"L" parafusado	"C" simétrico	Ponte			
Material mesas X, Y e Z	Aço SAE 1020	Aço SAE 1045	Aço inox	Alumínio	Granito Sintético	Ferro Fundido
Material macais	Aço SAE 1020	Aço SAE 1045	Aço inox	Alumínio	Granito Sintético	Ferro Fundido
Rolamentos eixo X	Esfera simples	Esfera compensador	Rolete			
Rolamentos eixo Y	Esfera simples	Esfera compensador	Rolete			
Rolamentos eixo Z	Esfera simples	Esfera compensador	Rolete			

Movimentação	XY	XYZ	XYZΘ			
Material da estrutura	Aço SAE 1020	Aço SAE 1045	Aço inox	Alumínio	Granito Sintético	Ferro Fundido
Forma da estrutura	"L" parafusado	"C" simétrico	Ponte			

Fuso eixo Z	Esfera recirculante	Esfera simples	Esfera recirculante com malha	Esfera sem malha	Barra rosca com bucha de latão	Barra rosca com bucha de bronze
Eixo Theta (giro)	Motor (direto)	Ajuste manual trava parafuso	Ajuste manual trava vácuo	Não equipar a mini máquina com theta	Redutor de precisão	
Acoplamentos	Santafonado	Mandibula	Rigido	Bean		
Parafusos	Sentavado	Allen	Fenda			
Cabeçote	Aerostático	Rolamento	Hidrodinâmico			
Sistema de movimentação (Drives + Controlador + Motores)	YASKAWA	BOSCH	DELTAU	CNC 3AX		

# Sistemático - Combinação das Variantes

Matriz Decisão (Cálculo do valor global)								
Critérios de avaliação			Variantes					
			Variante (V1)		Variante (V2)		Variante (Vj)	
Número	Critérios	Fator de Importancia (Wi)	Vn1	WixVn1	Vn2	WixVn2	Vn3	WixVn3
1	C1	W1	V11	W1xV11	V12	W1xV12	V13	W1xV13
2	C2	W2	V21	W2xV21	V22	W2xV22	V23	W2xV23
3	C3	W3	V31	W3xV31	V32	W3xV32	V33	W3xV33
n	Cn	Wn	Vn1	WnxVn1	Vn2	WnxVn2	Vn3	WnxVn3
		Valor Global	Owv1		Owv2		Owv3	
		Valor Global Ponderado	O1		O2		O3	

Escala de Nota/Fator de Importância	
Valor	Consideração correspondente
1	péssimo
2	ruim
3	regular
4	bom
5	excelente

Diretriz VDI 2225

# Combinação das Variantes

Objetivo: classificar como cada variante atende a uma função de acordo com determinados critérios.

✓ Função

✓ Critérios ( $C_{1 a n}$ )

✓ Fator de importância ( $W_{1 a n}$ ) valor 1 a 5

✓ Variantes ( $v_{1 a n}$ ) valor de 1 a 5

Pouca importância do critério no cumprimento da função

Grande importância do critério no cumprimento da função

Atende ao critério pessimamente

Atende ao critério excelentemente

# Orientados - TRIZ



## Teoria para a Resolução de Problemas Inventivos Altshuller (1926-1988)

A solução (TRIZ) de um problema inventivo resolvendo as contradições na busca de Idealidade.

Ferramentas  
Clássicas

Matriz de Contradições (MC);  
39 Parâmetros de Engenharia (PE);  
40 princípios Inventivos (PI);  
76 - Soluções padrão (1974-1985);  
ARIZ - Algoritmo para resolução... (1956-1985);  
Banco de Efeitos (BE).

.....

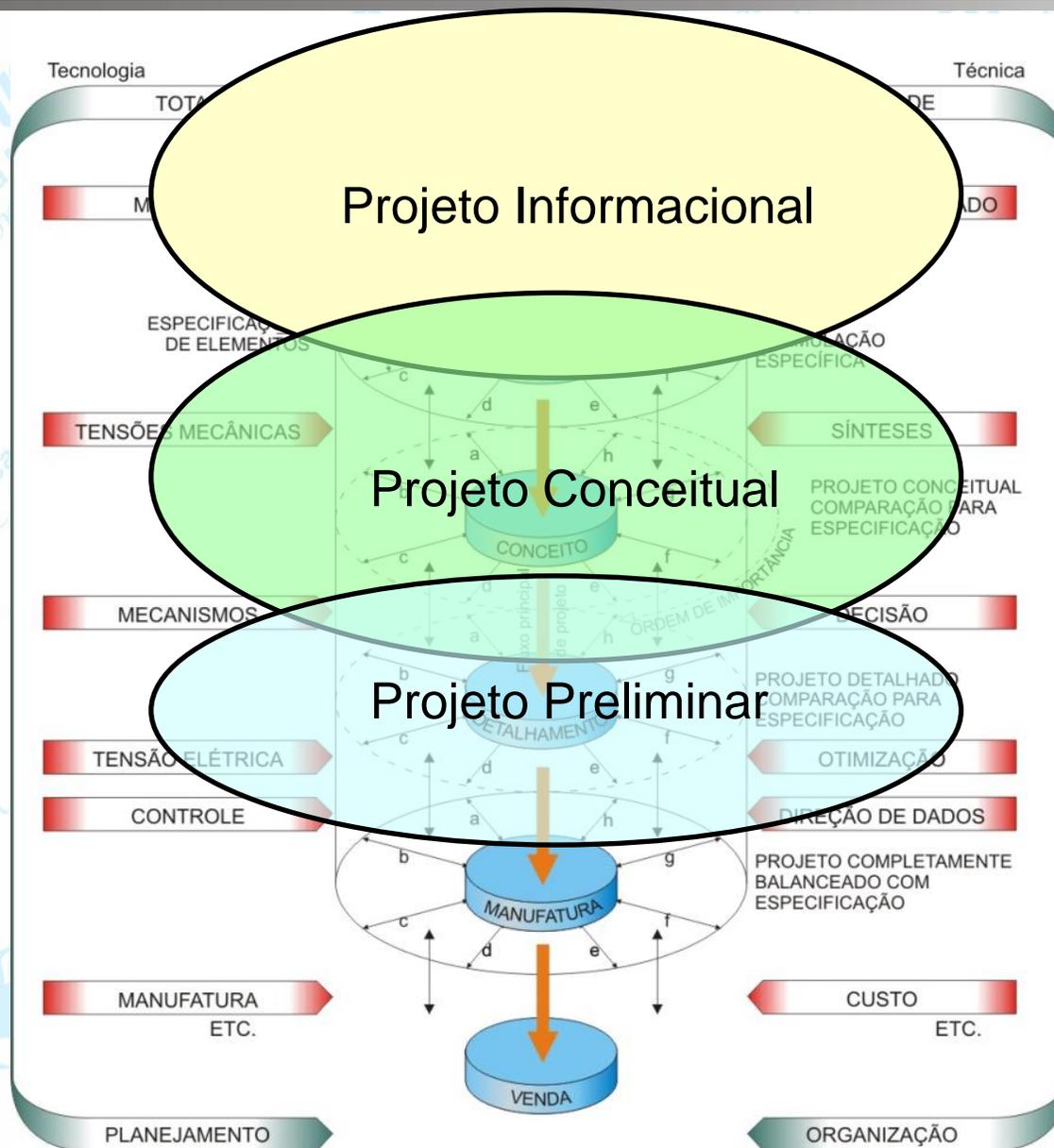
Nível	Grau de inventividade	%	Fonte de conhecimento	Ordem de grandeza de opções
1	Solução aparente ou convencional	32	Conhecimento pessoal.	10
2	Pequena melhoria	45	Conhecimento dentro da empresa.	100
3	Melhoria substancial	18	Conhecimento dentro do setor industrial.	1.000
4	Novo conceito	4	Conhecimento fora do setor industrial.	10.000
5	Descoberta	1	Todo o conhecimento disponível.	100.000

Ex: Relógio

- 1 – bolso → relógio de pulso
- 2 – mecânico → automático
- 3 – corda → digital
- 4 – digital → atômico
- 5 – raras descobertas: raio X, sequência DNA, supercondutividade

# Consensual

*Anteprojetos*

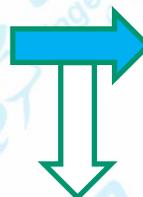


# Projeto preliminar

Seleção dos Componentes  
Desenho CAD  
Custo



**Virtual**



**Físico**

- Vanguarda na Informação
- Colisões
- Interferências
- Simulações (EFs, vibrações)
- Fabricação
- Rede de fornecedores integrada

- Montagem
- Manuseio
  - Design
- Funcionalidade (mecanismos, túnel de vento, análise fotoelástica...)

# Protótipo ou Anteprojeto

Funcionalidade

Segurança

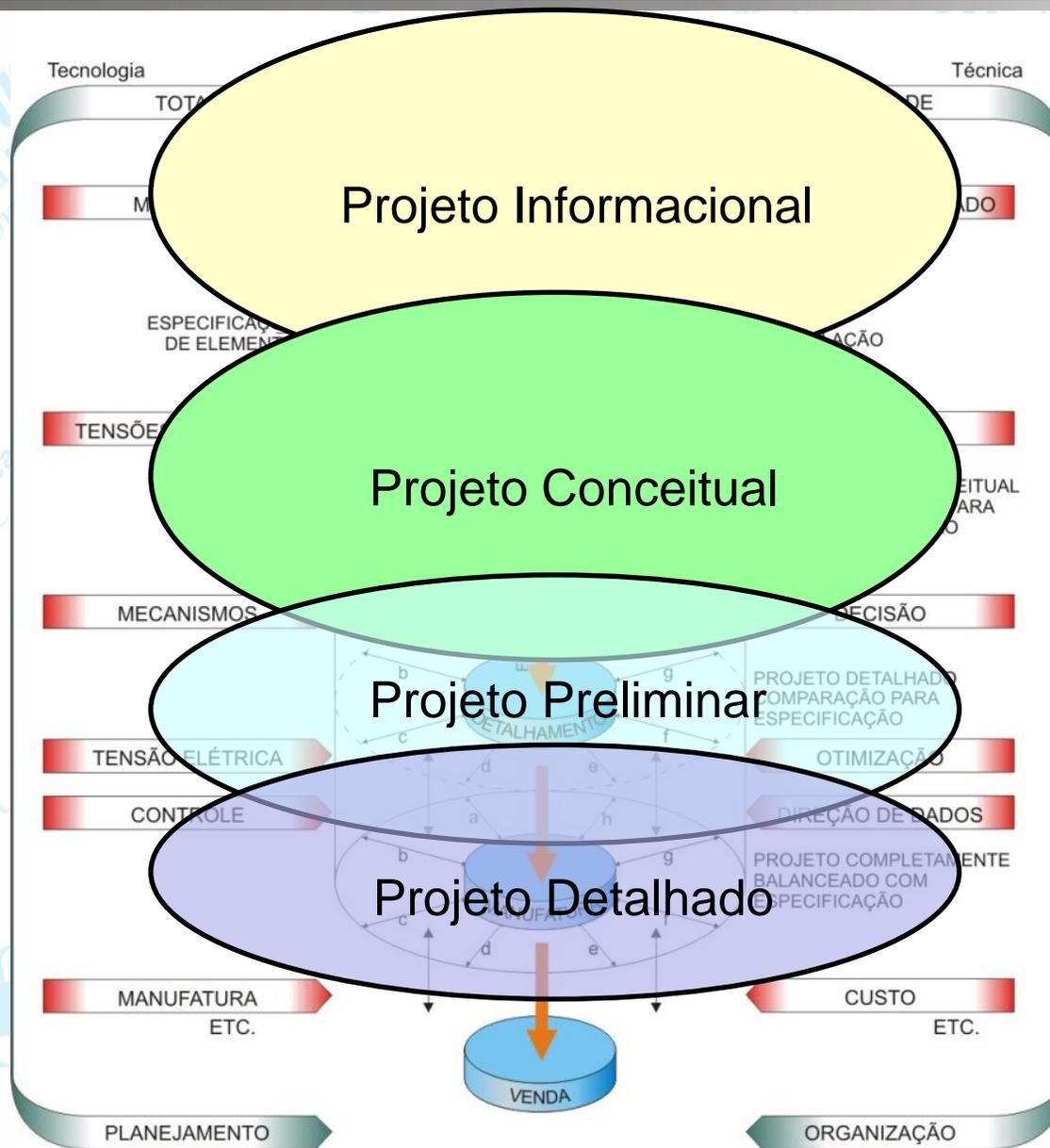
Segurança  
propriamente  
Ergonomia

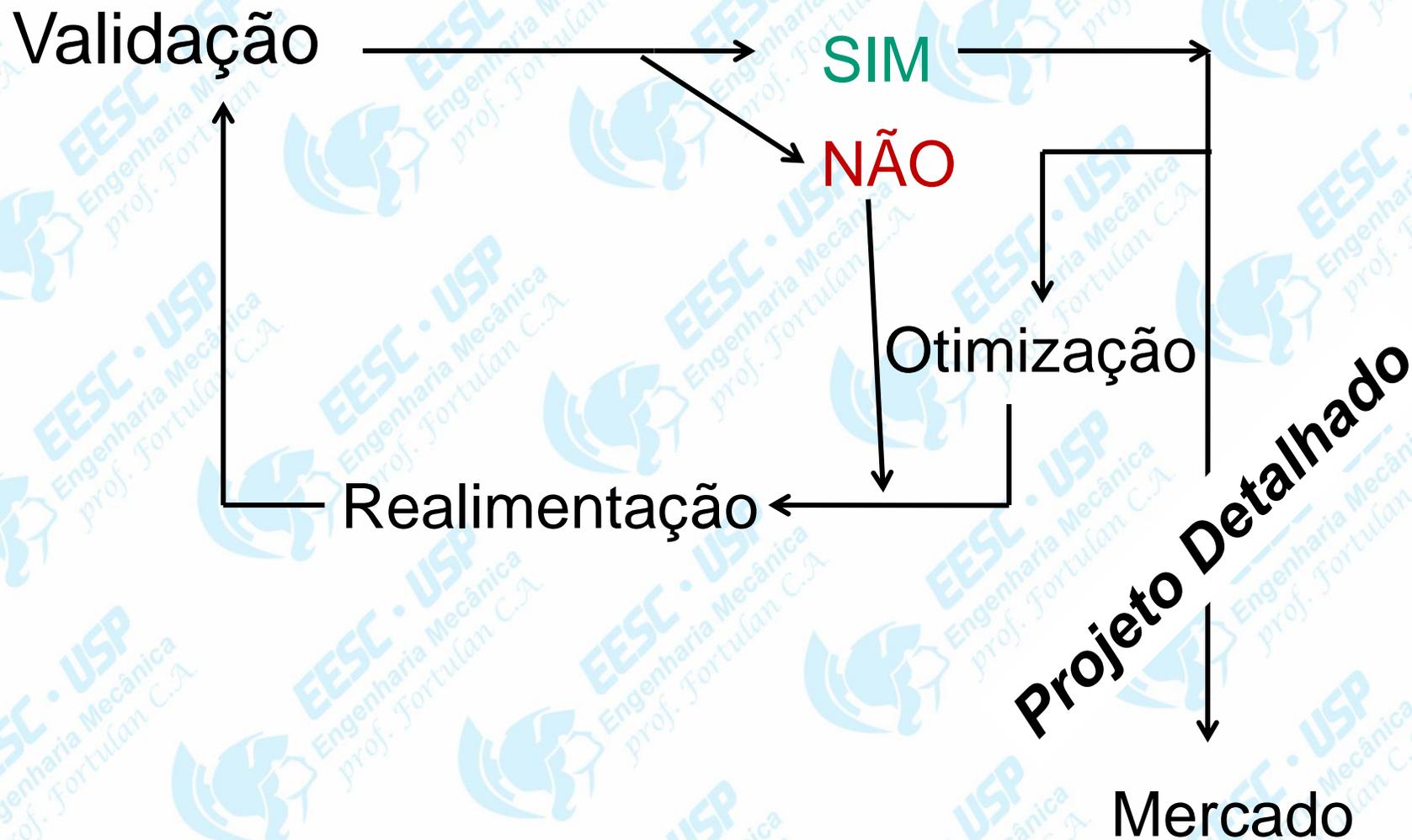
Produção e Qualidade

Montagem e Transporte

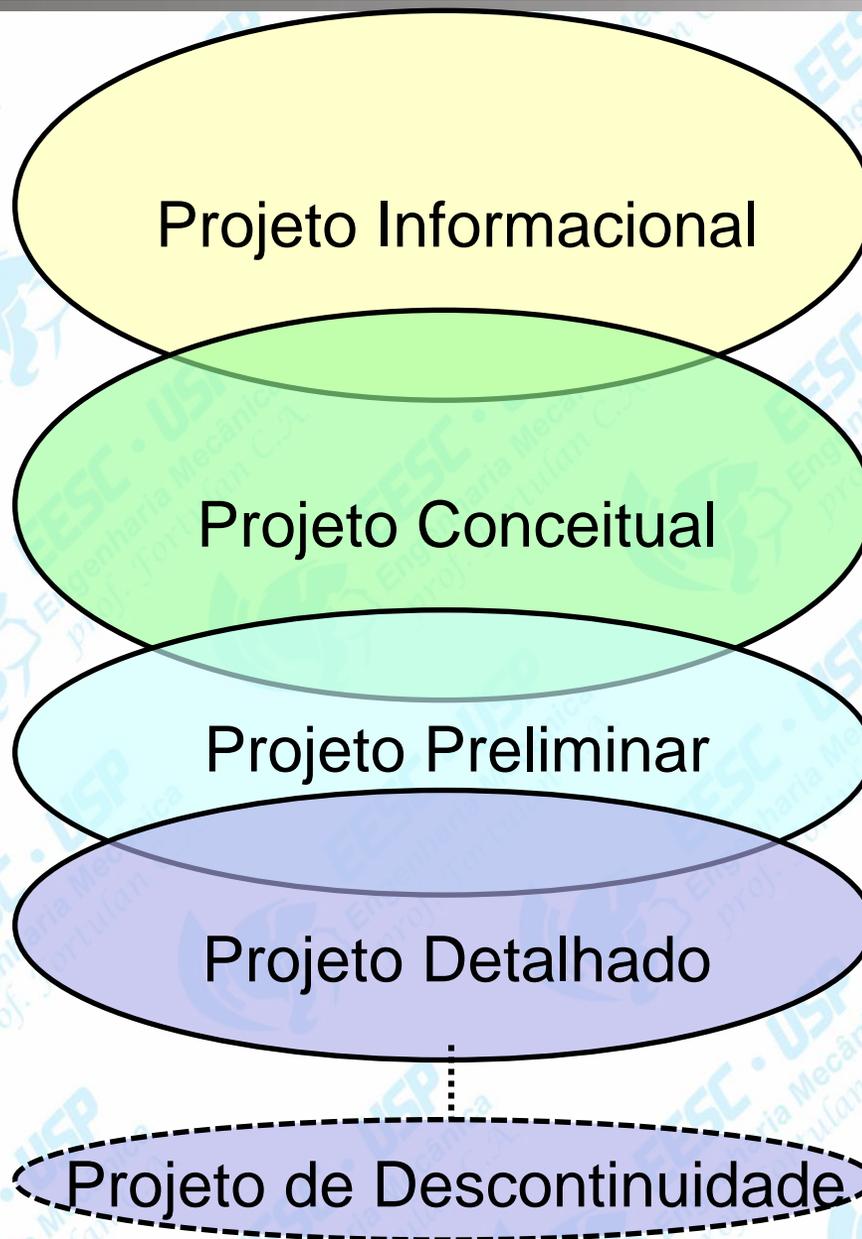
# Consensual

## Documentação





# Consensual



*Responsabilidade  
Ambiental*

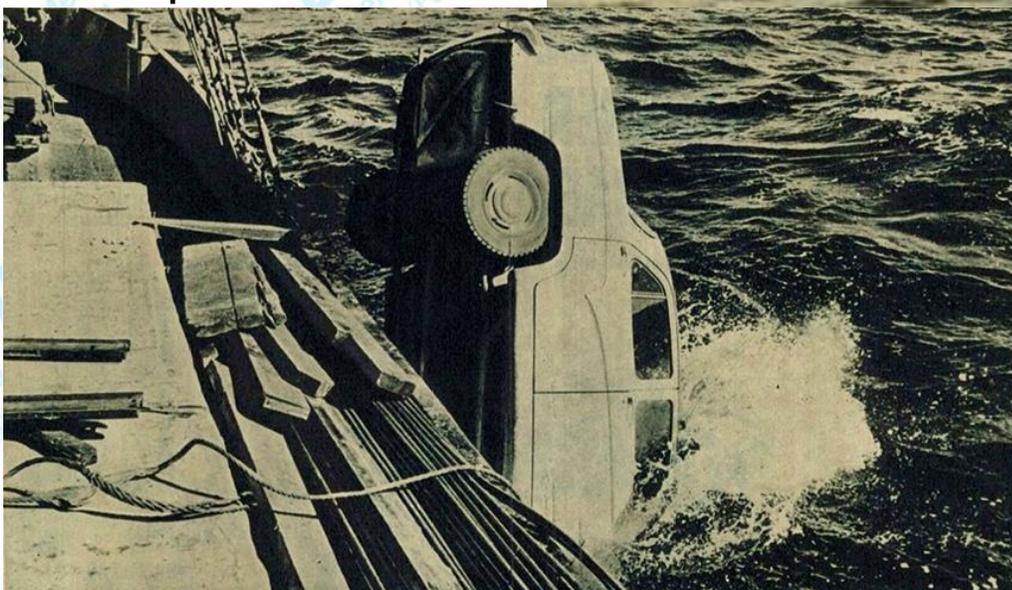
OGLIARI, 1999



Suécia – 1965

Opções p/ Descarte:

- ✓ ~ US 260,00;
- ✓ Abandono em rodovia ou
- ✓ andar na prancha!!!



~ 2 milhões de pneus velhos no fundo do mar em Fort Lauderdale, nos EUA

Anos 70



Climatologia Geográfica · 30 de agosto de 2013 - Juliana Milioli Zaniboni.  
[http://www.tcm.rj.gov.br/WEB/Site/Noticia\\_Detalhe.aspx?noticia=2786&detalhada=2&downloads=0](http://www.tcm.rj.gov.br/WEB/Site/Noticia_Detalhe.aspx?noticia=2786&detalhada=2&downloads=0)

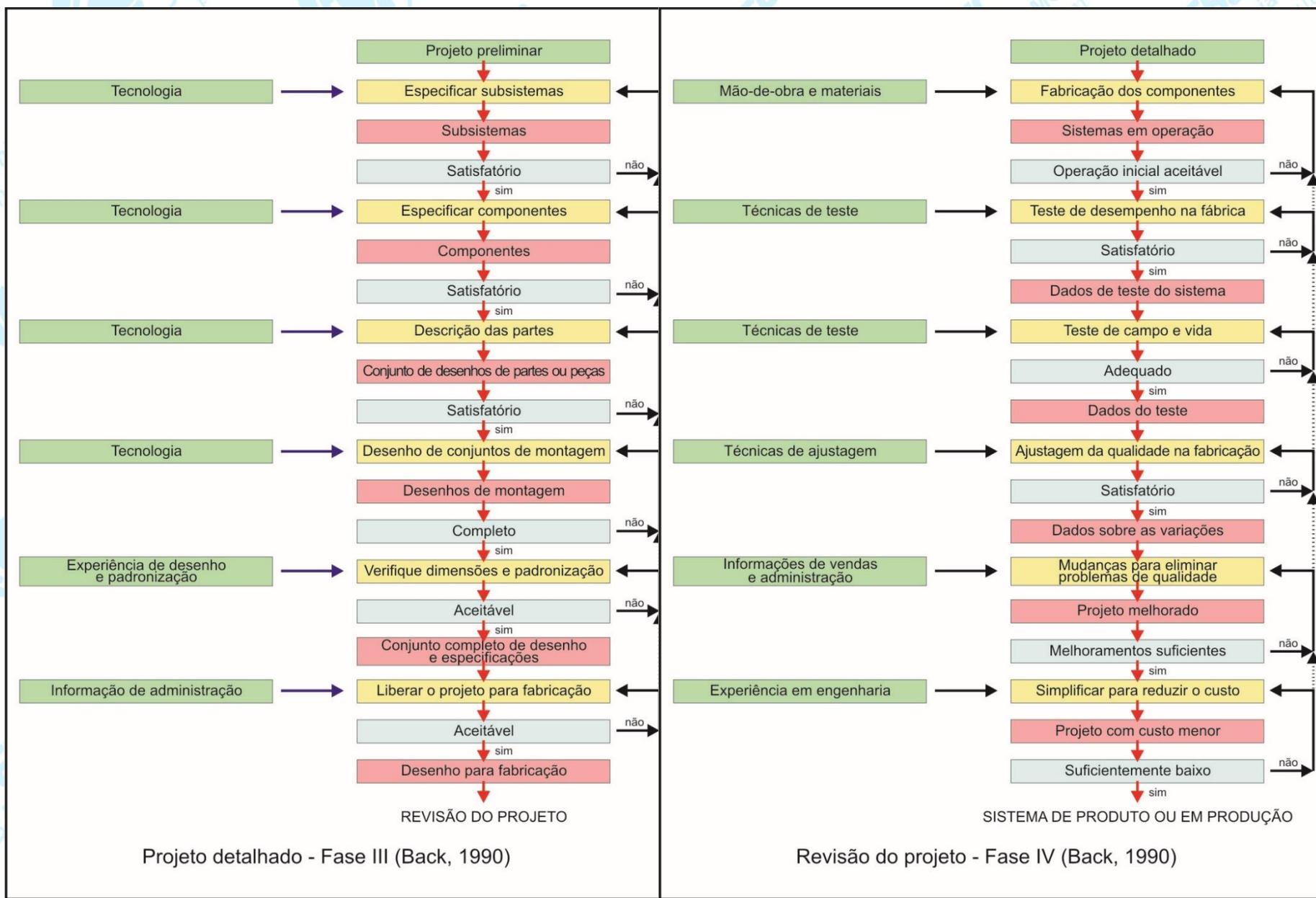
## Exercício: 2.01

Elabore um fluxograma de desenvolvimento de seu projeto a ser desenvolvido nesta disciplina.

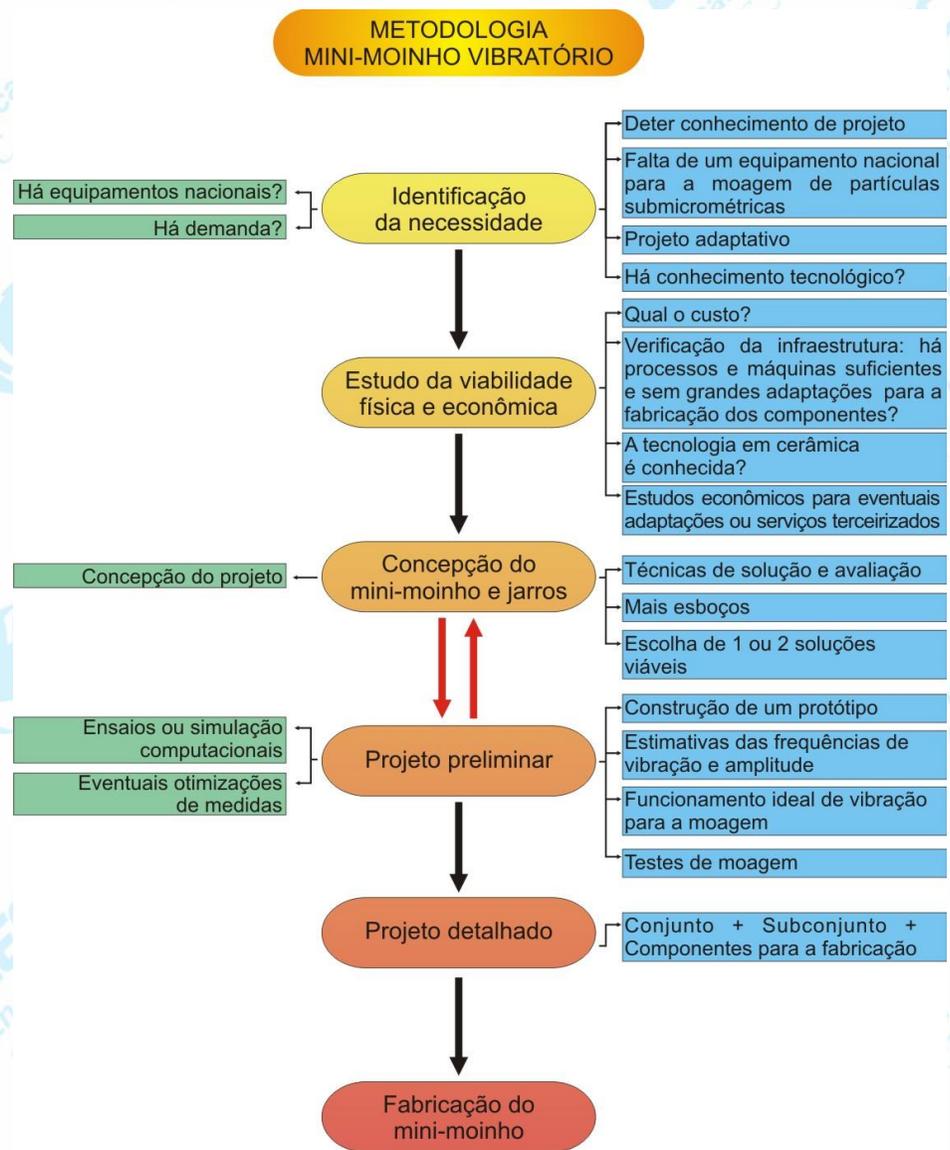
### Objetivos:

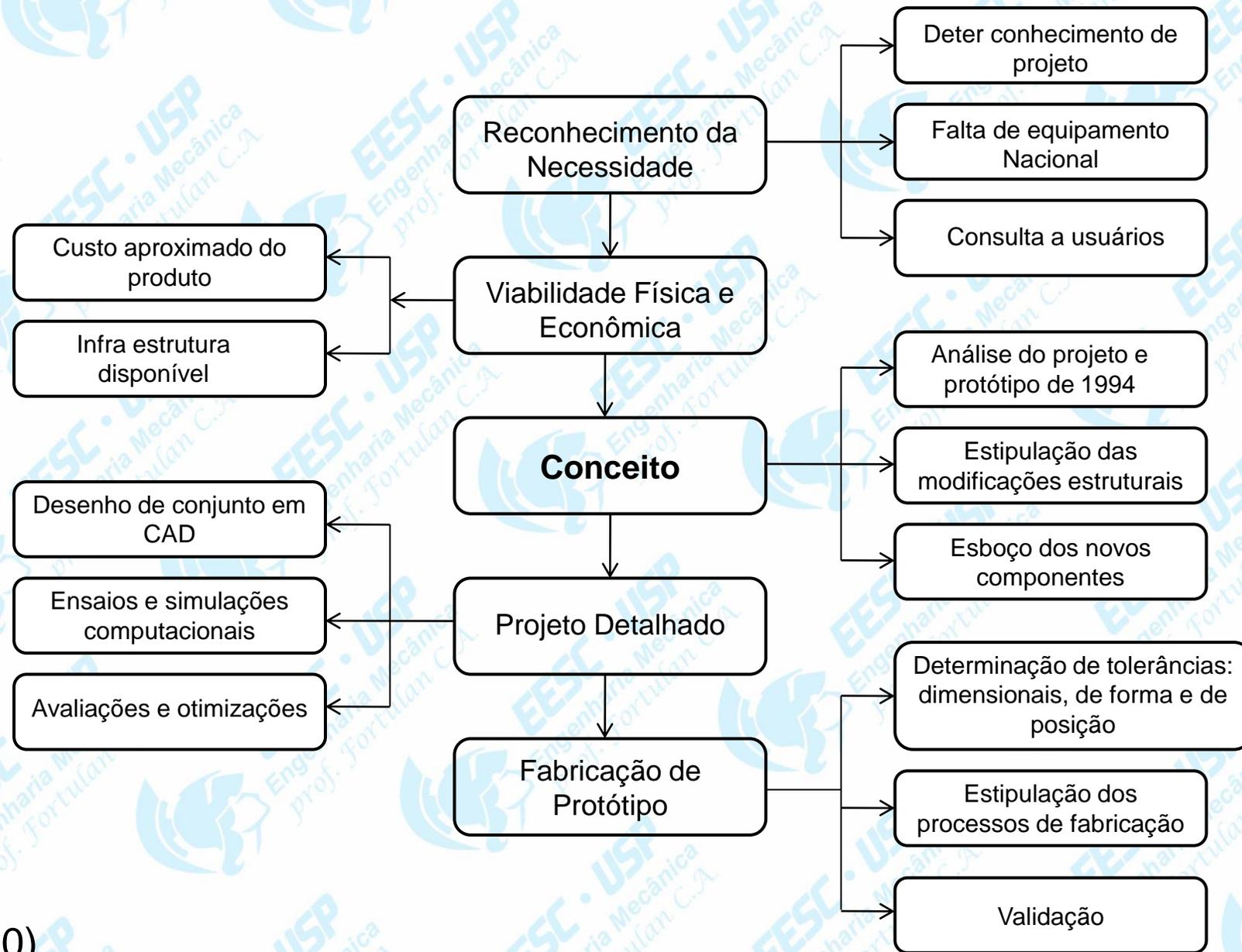
Que o aluno esboce um planejamento de suas atividades e cronologia no desenvolvimento do projeto.

Material: Folha em branco A4 e lápis. Observe as regras de legenda e ocupação da folha.



Carvalho, R. (2009)





Tenório, D. (2010)

# Bibliografia

- Asimow, M. **Introdução ao projeto**. São Paulo: Editora mestre Jou, 1968.
- **Machine design and drawing II** Mahatma Gandhi University. Notas de aula.
- Pugh, S. **Total Design. Integrated Methods for Successful Product Engineering**. Addison-Wesley Publishing Company, 1995.
- Back, N. **Metodologia de Projeto de Produtos Industriais**. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Dois S.A, 1983.
- Mazur, G. **Theory of Inventive Problem Solving (TRIZ)**. Disponível em: <http://www.mazur.net/triz/>  
Acesso em: 12 jun. 2010.
- Ximenes RD. **Desenvolvimento de projeto conceitual de produto com auxílio de metodologia sistêmica de criatividade: uma aplicação de TRIZ**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Universidade de São Paulo. 2011  
<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18146/tde-05032013-091533/>
- King, Bob. **Criatividade: uma vantagem competitiva**. Qualitymark Ed. 1999.