

Laboratório de design

Laboratório de Design
Paulo Lima | Ricardo Torcato

Objetivos

- A. Desenvolver a capacidade de design num contexto de desenvolvimento de produto para o setor aeroespacial.
- B. Reconhecer e aplicar metodologias de desenvolvimento de novos produtos no setor aeroespacial.
- C. Reconhecer, selecionar e aplicar as tecnologias de fabrico, técnicas e materiais no contexto da indústria aeroespacial.
- D. Adquirir competências para realizar o desenvolvimento integrado de design e manufatura de produto, no contexto da indústria aeroespacial.
- E. Utilizar modelos e protótipos para apoio ao desenvolvimento e comunicação de produto.

Laboratório de Design
Paulo Lima | Ricardo Torcato

Conteúdos

1. Design e desenvolvimento de produto
 - Metodologias estruturadas de desenvolvimento de produto
 - Design Sustentável
2. Projeto integrado de design e manufatura de produto no contexto do setor aeroespacial
 - Desenvolvimento conceptual
 - Processos de seleção de tecnologias de fabrico
 - Comunicação do projeto
3. Modelos e protótipos
 - Maqueta, modelo e protótipo
 - Seleção de materiais e tecnologias
 - Técnicas de prototipagem manuais e oficinais

Laboratório de Design
Paulo Lima | Ricardo Torcato

Avaliação

Época Normal/Recurso: 100% Trabalho prático laboratorial

Bibliografia recomendada

Product Design and Development, Karl T. Ulrich, Steven Eppinger, McGraw-Hill, 2020
 Introduction to Aircraft Design, John P. Fielding, Cambridge University Press, 2017
 Introduction to Aerospace Structures and Materials, René Alderliesten, TU Delft Open, 2018
 Aircraft Design: A Conceptual Approach, Daniel P. Raymer, AIAA Education Series, 2018
 Design and Development of Aircraft Systems, Allan Seabridge, Ian Moir, Wiley, 2020
 Aircraft Structures for Engineering Students, T. H. G. Megson, ELSEVIER SCIENCE & TECHNOLOGY, 2017

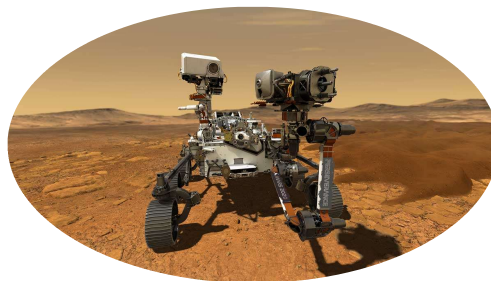
Laboratório de Design
Paulo Lima | Ricardo Torcato

<https://www.youtube.com/watch?v=5qqsMjy8Rx0>

Laboratório de Design
Paulo Lima | Ricardo Torcato

Trabalho:

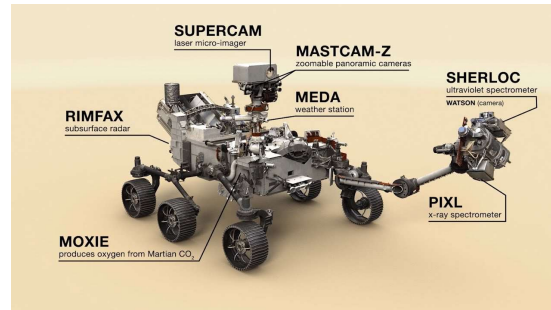
Braço Robótico para acoplamento a Rover espacial destinado a exploração de planetas



Laboratório de Design
Paulo Lima | Ricardo Torcato

NASA's Perseverance Mars Rover: Mission Overview:

<https://mars.nasa.gov/mars2020/>



Landed on February , 2021.

Mars Sample Return

<https://www.youtube.com/watch?v=5qqsmJy8Rx0>

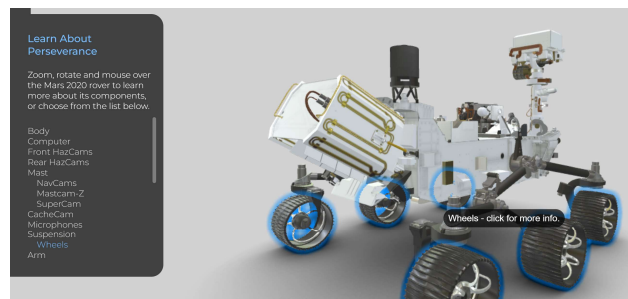
https://www.youtube.com/watch?v=-TGH3--21_g

Laboratório de Design

Paulo Lima | Ricardo Torcato

NASA's Perseverance Mars Rover: Mission Overview:

3D visualization



<https://mars.nasa.gov/mars2020/spacecraft/rover/>

Laboratório de Design

Paulo Lima | Ricardo Torcato

Tools on the Perseverance Rover

The Perseverance rover has tools to study the history of its landing site, seek signs of ancient life, collect rock and soil samples, and help prepare for human exploration of Mars. The rover carries:

CAMERAS & SPECTROMETERS

- Mastcam-Z
- PIXL (Planetary Instrument for X-ray Lithochemistry)
- SHERLOC (Scanning Habitable Environments with Raman & Luminescence for Organics & Chemicals)
- SuperCam

GROUND-PENETRATING RADAR

- RIMFAX (Radar Imager for Mars' Subsurface Experiment)

ENVIRONMENTAL SENSORS

- MEDA (Mars Environmental Dynamics Analyzer)

TECHNOLOGY DEMO

- MOXIE (Mars Oxygen ISRU Experiment)

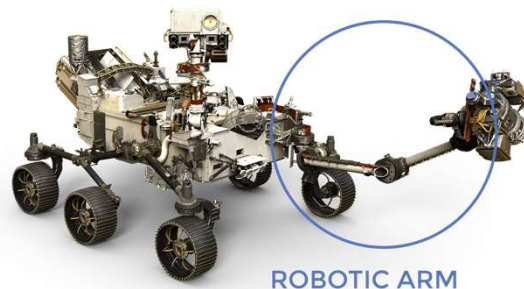
SAMPLE COLLECTION

- Coring Drill
- Sample Handling System

<https://mars.nasa.gov/mars2020/mission/status/>

Laboratório de Design

Paulo Lima | Ricardo Torcato

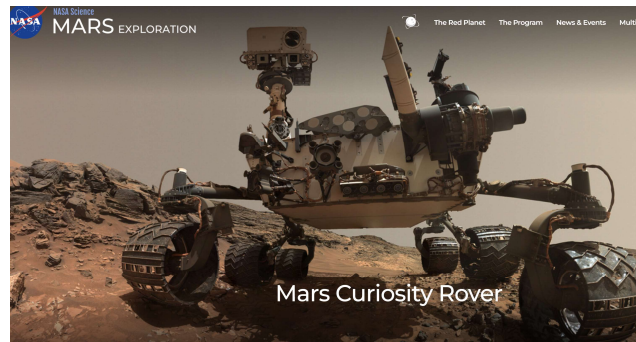


<https://mars.nasa.gov/mars2020/spacecraft/rover/arm/>

Laboratório de Design

Paulo Lima | Ricardo Torcato

Mars Curiosity Rover



<https://mars.nasa.gov/msl/home/>

Launch: November, 2011

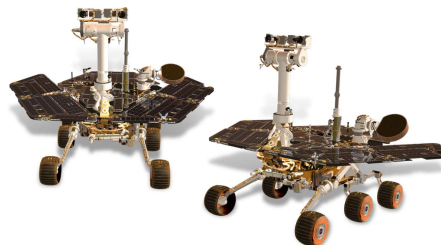
Landed: Aug., 2012

Laboratório de Design
Paulo Lima | Ricardo Torcato

Mars Exploration Rover

<https://mars.nasa.gov/mer/>

Spirit and Opportunity: Twin Mars Exploration Rovers



landed on Mars January 3 and January 24, 2004

Instruments on the Mars Exploration Rovers

<https://mars.nasa.gov/mer/mission/overview/>

Laboratório de Design
Paulo Lima | Ricardo Torcato

Trabalho

Perguntas a fazer numa primeira fase do projeto

- o que é um Rover?
- o que é um rover para exploração planetária?
- o que é um braço robótico?
- o que é um braço robótico para exploração espacial?

Benchmarking

- Competitivo
- Produtos relacionados

Trabalho

O que é um Braço Robótico?

Funções; tipologias, cinemática; constituição de braços robóticos

Mission Statement do projeto: seleção do planeta a explorar,...

Desenvolvimento

Desenho Mecânico

- design para tecnologias convencionais
- design para AM

Simulação e otimização estrutural

- design convencional
- design generativo

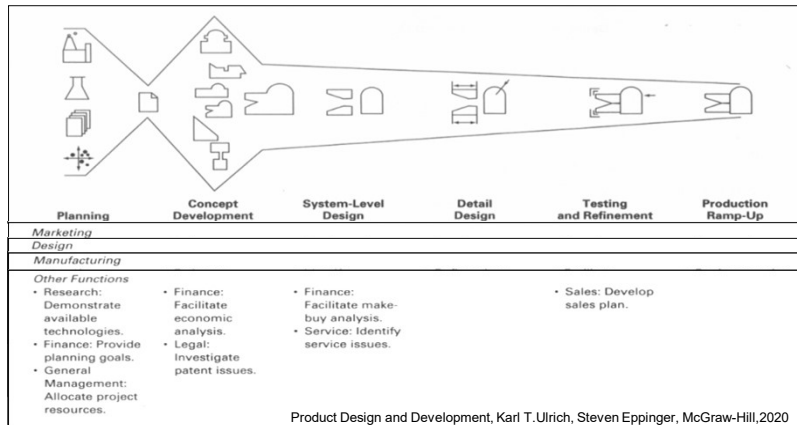
Protótipo

Teste Laboratorial

- 1 ou mais componentes que constituem o braço robótico

Metodologias de Desenvolvimento de Produto

6 fases de um processo genérico de desenvolvimento de produto



Laboratório de Design
Paulo Lima | Ricardo Torcato

Metodologias de Desenvolvimento de Produto

Fase 0

Precede a aprovação do projeto e lançamento do processo de desenvolvimento de produto.

Tem por objetivo (output) definir um *Mission Statement* do projeto, alinhado com a estratégia corporativa da empresa.

O que é que constitui um *mission statement*?

Documento que define o mercado alvo para o produto, os objetivos de negócio e os pressupostos e restrições a cumprir no processo de desenvolvimento.

Especifica uma direção a seguir mas não deve definir um destino específico ou uma forma particular de atuação

Laboratório de Design
Paulo Lima | Ricardo Torcato

Mission Statement

Pode incluir

- Brief (uma frase) com a descrição do produto referindo quais são os benefícios para o cliente
- Objetivos chave do negócio – data para lançamento do produto no mercado; performance financeira,...
- Mercado Alvo – primário e secundário
- Pressupostos e Restrições - que permitam garantir um processo de desenvolvimento de produto eficaz (sem ser generalista).
- Stakeholders – identificação de todos as partes interessadas (influenciadas pelo produto)
 - ✓ end users
 - ✓ sales force
 - ✓ production department
 - ✓ service department, etc.

Laboratório de Design
Paulo Lima | Ricardo Torcato

Mission Statement

Aparafusadora



Product Description

- A hand-held, power-assisted device for installing threaded fasteners

Key Business Goals

- Product introduced in 4th Q of 2000
- 50% gross margin
- 10% share of cordless screwdriver market by 2004

Primary Market

- Do-it-yourself consumer

Secondary Markets

- Casual consumer
- Light-duty professional

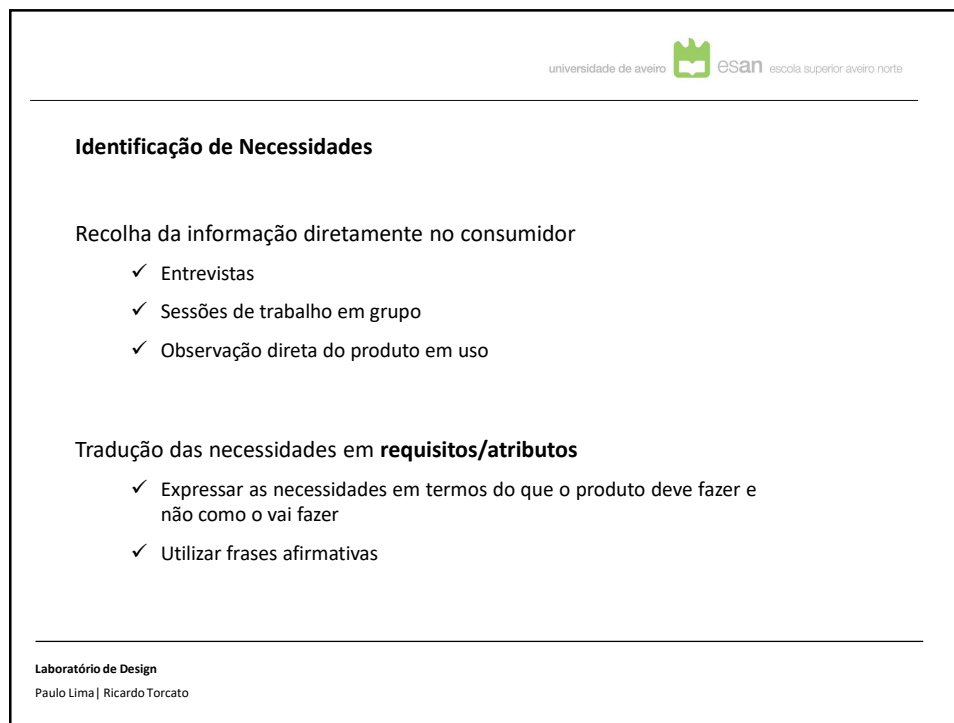
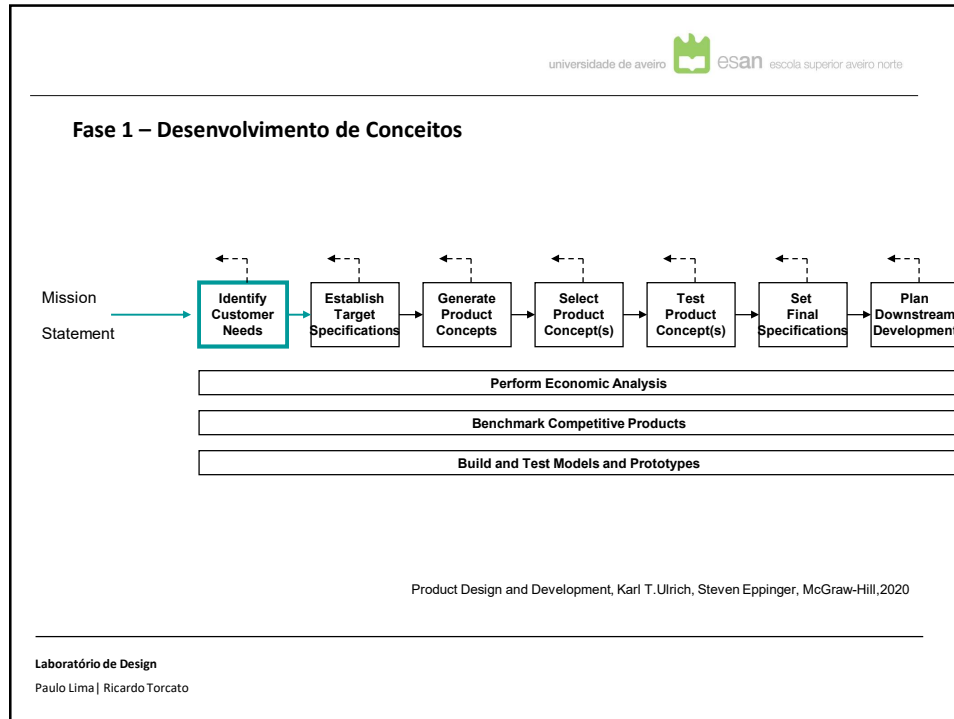
Assumptions

- Hand-held
- Power assisted
- Nickel-metal-hydrate rechargeable battery technology

Stakeholders

- User
- Retailer
- Sales force
- Service center
- Production
- Legal department

Laboratório de Design
Paulo Lima | Ricardo Torcato



Identificação de Necessidades

Traduzir a necessidade num atributo/requisito do produto

Guideline	Customer Statement	Attribute Statement-Wrong	Attribute Statement-Right
What Not How	"Why don't you put protective shields around the battery contacts?"	The screwdriver battery contacts are covered by a plastic sliding door.	The screwdriver battery is protected from accidental shorting.
Specificity	"I drop my screwdriver all the time."	The screwdriver is rugged.	The screwdriver operates normally after repeated dropping.
Positive Not Negative	"It doesn't matter if it's raining, I still need to work outside on Saturdays."	The screwdriver is not disabled by the rain.	The screwdriver operates normally in the rain.
Attribute of the Product	"I'd like to charge my battery from my cigarette lighter."	An automobile cigarette lighter adapter can charge the screwdriver battery.	The screwdriver battery can be charged from an automobile cigarette lighter.
Avoid "Must" and "Should"	"I hate it when I don't know how much juice is left in the batteries of my cordless tools."	The screwdriver should provide an indication of the energy level of the battery.	The screwdriver provides an indication of the energy level of the battery.

Laboratório de Design
Paulo Lima | Ricardo Torcato

Definição de especificações

Os **requisitos** são estabelecidos de forma qualitativa e são úteis para desenvolver uma perspetiva clara das questões relevantes para o cliente, e que o design e engenharia devem dar resposta. Deixam contudo uma margem subjetiva demasiado grande para a equipa que irá desenvolver o produto.

As **especificações** são uma descrição precisa e mensurável do que o produto tem que fazer ou cumprir, mas não devem dizer qual a solução para garantir o seu cumprimento.

por exemplo:

a suspensão de uma bicicleta deve ser fácil de instalar (**requisito**)

o tempo médio para instalação da suspensão deve ser inferior a 60 segundos (**especificação**)

Especificação é constituída por uma métrica, unidade de medida e por um valor (valor absoluto, gama de valores,...):

- ✓ **métrica** tempo médio para instalação da suspensão
- ✓ **Valor/unidade de medida:** < 60 segundos

Laboratório de Design
Paulo Lima | Ricardo Torcato

Estruturação e priorização dos requisitos

- Primários (Estratégicos)
- Secundários (Táticos)
- Terciários (Operacionais)

Requisitos do cliente nível primário	Requisitos do cliente nível secundário	Requisitos do cliente nível terciário
Segurança	Solado antiderrapante	Não derrapar
	Proteção aos dedos	Dedos protegidos
	Amortecedor de impactos	Amortecer o "caminhar"
	Gra de isolamento térmico	Não permitir transferência de calor do solado para a palmilha
Conforto	Cabece adequado	Cabece confortável e sob medida
	Flexibilidade	Material flexível
	Tem não rugosos	Tem macios
	Design alto relevo da palmilha	Palmilha 2x mais confortável
Estética	Peso	Ser leve ao caminhar
	Tendência na moda / Estilo	Ser análogo de estilo
	Textura da palmilha	Palmilha sensorial
	Estampas temáticas	Ser diferenciado, personalizado

Primários: oito dimensões da qualidade, por David A. Garvin

https://abepro.org.br/biblioteca/in_silo_212_267_26747.pdf

Desempenho: Características básicas de funcionamento (ex: Automóvel – aceleração, velocidade e conforto).

Fiabilidade: Probabilidade de funcionamento inadequado ou falha de um produto num determinado intervalo de tempo.

Conformidade: Conformidade com as especificações pré-estabelecidas.

Durabilidade: Tempo de vida antes da sua deterioração e substituição (ex: tempo de vida de uma lâmpada).

Estética: Aparência, aroma, sabor.

Serviço pós-venda: Tempo e facilidade de reparação, competência da reparação, pontualidade e cortesia no serviço pós-venda.

.....

Laboratório de Design

Paulo Lima | Ricardo Torcato

Modelo de Kano

1- Requisitos obrigatórios ou necessários (o que o cliente precisa)

Atributos do produto obrigatórios. Corresponde a uma necessidade básica do cliente.

Se este requisito existir, não irá necessariamente satisfazer o cliente. Por outro lado, a sua ausência levaria a uma verdadeira insatisfação. Um telefone que não faz nem recebe chamadas.....

2- Requisitos unidimensionais ou desempenho (o que cliente deseja)

Responde a uma necessidade de desempenho do produto. Traz satisfação aos clientes quando está presente e quanto maior o seu desempenho, mais satisfeitos estarão. Se não existir, também pode causar decepção.

Exemplo: Um carro responde à necessidade de locomoção e funciona normalmente, mas o cliente estará à espera por exemplo de baixos consumos (eficiência energética) ou de uma potência que permita fáceis ultrapassagens,.....

3- Requisitos Atrativos (o que encanta o cliente)

Atributos do produto inesperados que geram encanto no cliente, tornando-o extremamente satisfeito pela diferença que oferecem relativamente a outros produtos da concorrência. A sua inexistência não gera insatisfação.

Por exemplo: num automóvel, um sistema de som de alta qualidade ou dados de internet gratuitos.

4- Requisitos Indiferentes (não afetam o grau de satisfação do cliente)

Atributos do produto que não afetam o grau de satisfação do cliente, independentemente do seu desempenho ou da sua existência. Cor dos cabos elétricos ou da cor/geometria do material de isolamento acústico debaixo do capot,....

5- Requisitos Reversos (o que desencanta o cliente)

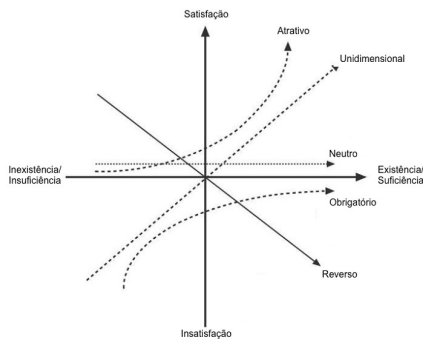
Exemplo: durabilidade de uma bateria abaixo do esperado

Laboratório de Design

Paulo Lima | Ricardo Torcato

Modelo de Kano

- 1- Requisitos obrigatórios ou necessários (o que o cliente precisa)
- 2- Requisitos unidimensionais ou desempenho (o que cliente deseja)
- 3- Requisitos Atrativos (o que encanta o cliente)
- 4- Requisitos Indiferentes (não afetam o grau de satisfação do cliente)
- 5- Requisitos Reversos (o que desencanta o cliente)



Laboratório de Design
Paulo Lima | Ricardo Torcato

Requisitos

Exemplo – suspensão frontal de uma bicicleta de BTT



#	Necessidade		Imp
1	A suspensão	reduz a vibração para as mãos	3
2	A suspensão	permite fácil travessia de terreno lento e difícil	2
3	A suspensão	permite descidas rápidas em pista acidentada	6
4	A suspensão	permite ajustamento de sensibilidade	3
5	A suspensão	preserva o controle de direção característico da bicicleta	4
6	A suspensão	permanece rígida durante curvas fortes	4
7	A suspensão	é leve	4
8	A suspensão	dá pontos de apoio firmes para os freios	2
9	A suspensão	serve para diferentes bicicletas, rodas e pneus	6
10	A suspensão	é fácil de instalar	1
11	A suspensão	funciona com pára-lamas	1
12	A suspensão	causa orgulho	6
13	A suspensão	é acessível para um amador entusiasta	6
14	A suspensão	não é contaminada por água	6
15	A suspensão	não é contaminada por sujeira	6
16	A suspensão	pode ser facilmente acessada para manutenção	3
17	A suspensão	permite fácil substituição de peças gastas	1
18	A suspensão	pode ser mantida com ferramentas facilmente encontradas	3
19	A suspensão	dura muito tempo	6
20	A suspensão	é segura em acidentes	6

Laboratório de Design
Paulo Lima | Ricardo Torcato

Definição de especificações

Definição das especificações

1. Preparar a lista de métricas
2. Benchmarking competitivo
3. Estabelecer valores alvo ideais e marginais
4. Refletir sobre resultado e sobre o processo

Benchmarking

Fornecer uma perspetiva externa sobre as oportunidades de melhoria de produtos, tecnologias, fabrico,....)

Benchmarking competitivo - comparação entre os concorrentes e com os concorrentes, com o objetivo de identificar pontos fortes e fracos e retirar conclusões sobre o produto que se pretende desenvolver (funcionalidades, especificações,....)

Etapas de um Benchmarking

- Definir os principais players/concorrentes (mínimo de 3)
- Definir as métricas a analisar
- Contactar com clientes com o objetivo de melhor aferir o desempenho dos produtos
- Registrar e analisar os dados recolhidos

Exemplo – suspensão frontal de uma bicicleta de BTT

Métrica #	Necessidade #	Métrica	Imp	Unidades
1	1,3	Atermação do dropout para o guidão a 10hz	3	dB
2	2,6	Mola pré-carga	3	N
3	1,3	Valor máximo de Monster	5	g
4	1,3	Tempo máximo de descida em pista de teste	5	s
5	4	Amplitude de ajuste do coeficiente de oscilação	3	N-s/m
6	5	Deslocamento máximo (roda de 26 polegadas)	3	Mm
7	5	Rake offset	3	Mm
8	6	Dureza lateral na ponta	3	kN/m
9	7	Massa total	4	kg
10	8	Dureza lateral nos pivôs do freio	2	kN/m
11	9	Tamanho da caixa de direção	5	pol
12	9	Comprimento do candle	5	mm
13	9	Tamanho das rodas	5	lista
14	9	Largura máxima dos pneus	5	pol
15	10	Tempo para montar o quadro	1	s
16	11	Compatibilidade do para-lama	1	lista
17	12	Causa orgulho	5	subj
18	13	Custo de fabricação por unidade	5	\$
19	14	Tempo na câmara de pintura sem entrada de água	5	s
20	15	Ciclos na câmara de lama sem contaminação	5	k-ciclos
21	16,17	Tempo para desmontar/montar para manutenção	3	s
22	17,18	Ferramentas especiais necessárias para manutenção	3	lista
23	19	Teste ultra violeta para degradar partes de borracha	5	horas
24	19	Ciclos Monster / falha	5	ciclos
25	20	Teste de Padrões Industriais Japoneses	5	binário
26	20	Capacidade de dobrar (carga frontal)	5	MN

Laboratório de Design

Paulo Lima | Ricardo Torcato

Matriz de requisitos-métricas

Need	Metric																									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
1 Reduces vibration to the hands	•	•	•																							
2 Allows easy traversal of slow, difficult terrain	•	•	•																							
3 Enables high-speed descents on bumpy trails	•	•	•																							
4 Allows sensitivity adjustment				•																						
5 Preserves the steering characteristics of the bike					•		•																			
6 Remains rigid during hard cornering						•																				
7 Is lightweight							•																			
8 Provides stiff mounting points for the brakes								•																		
9 Fits a wide variety of bikes, wheels, and tires									•																	
10 Is easy to install										•																
11 Works with fenders											•															
12 Instills pride												•														
13 Is affordable for an amateur enthusiast													•													
14 Is not contaminated by water														•												
15 Is not contaminated by grunge															•											
16 Can be easily accessed for maintenance																•										
17 Allows easy replacement of worn parts																	•									
18 Can be maintained with readily available tools																		•								
19 Lasts a long time																				•						
20 Is safe in a crash																					•					

Referência: Product Design and Development, Karl T. Ulrich, Steven Eppinger, McGraw-Hill

Laboratório de Design

Paulo Lima | Ricardo Torcato

Benchmarking competitivo baseado nas métricas

Metric No.	Need Nos.	Metric	Imp.	Units	ST Tritrack	Maniray 2	Rox Tahx Quadra	Rox Tahx TI 21	Tonka Pro	Gunhill Head Shox
1	1, 3	Attenuation from dropout to handlebar at 10 Hz	3	dB	8	15	10	15	9	13
2	2, 6	Spring preload	3	N	550	760	500	710	480	680
3	1, 3	Maximum value from the Monster	5	g	3.6	3.2	3.7	3.3	3.7	3.4
4	1, 3	Minimum descent time on test track	5	s	13	11.3	12.6	11.2	13.2	11
5	4	Damping coefficient adjustment range	3	N-s/m	0	0	0	200	0	0
6	5	Maximum travel (26-in. wheel)	3	mm	28	48	43	46	33	38
7	5	Rake offset	3	mm	41.5	39	38	38	43.2	39
8	6	Lateral stiffness at the tip	3	kN/m	59	110	85	85	65	130
9	7	Total mass	4	kg	1.409	1.385	1.409	1.364	1.222	1.100
10	8	Lateral stiffness at brake pivots	2	kN/m	295	550	425	425	325	650
11	9	Headset sizes	5	in.	1.000 1.125 1.250	1.125 1.250	1.000 1.125 1.250	1.000 1.125 1.250	1.000 1.125 1.250	NA
					150 180 210 230 255	140 165 190 215	150 170 190 210 230	150 170 190 210 230	150 170 190 210 220	NA
12	9	Steertube length	5	mm	255	215	210	230	220	NA
13	9	Wheel sizes	5	List	26 in.	26 in.	26 in.	26 in. 700C	26 in.	26 in.

Referência: Product Design and Development, Karl T. Ulrich, Steven Eppinger, McGraw-Hill

Laboratório de Design
Paulo Lima | Ricardo Torcato

Benchmarking competitivo baseado nas métricas (continuação)

Metric No.	Need Nos.	Metric	Imp.	Units	ST Tritrack	Maniray 2	Tahx Quadra	Tahx TI 21	Tonka Pro	Head Shox
14	9	Maximum tire width	5	in.	1.5	1.75	1.5	1.75	1.5	1.5
15	10	Time to assemble to frame	1	s	35	35	45	45	35	85
16	11	Fender compatibility	1	List	Zefal	None	None	None	None	All
17	12	Installs pride	5	Subj.	1	4	3	5	3	5
18	13	Unit manufacturing cost	5	US\$	65	105	85	115	80	100
19	14	Time in spray chamber without water entry	5	s	1300	2900	>3600	>3600	2300	>3600
20	15	Cycles in mud chamber without contamination	5	k-cycles	15	19	15	25	18	35
21	16, 17	Time to disassemble/assemble for maintenance	3	s	160	245	215	245	200	425
22	17, 18	Special tools required for maintenance	3	List	Hex	Hex	Hex	Hex	Long hex	Hex, pin wrench
23	19	UV test duration to degrade rubber parts	5	hr	400+	250	400+	400+	400+	250
24	19	Monster cycles to failure	5	Cycles	500k+	500k+	500k+	480k	500k+	330k
25	20	Japan Industrial Standards test	5	Binary	Pass	Pass	Pass	Pass	Pass	Pass
26	20	Bending strength (frontal loading)	5	kN	5.5	8.9	7.5	7.5	6.2	10.2

Referência: Product Design and Development, Karl T. Ulrich, Steven Eppinger, McGraw-Hill

Laboratório de Design
Paulo Lima | Ricardo Torcato

Especificações Alvo

Metric No.	Need Nos.	Metric	Imp.	Units	Marginal Value	Ideal Value
1	1, 3	Attenuation from dropout to handlebar at 10 Hz	3	dB	>10	>15
2	2, 6	Spring preload	3	N	480-800	650-700
3	1, 3	Maximum value from the Monster	5	g	<3.5	<3.2
4	1, 3	Minimum descent time on test track	5	s	<13.0	<11.0
5	4	Damping coefficient adjustment range	3	N-s/m	0	>200
6	5	Maximum travel (26-in. wheel)	3	mm	33-50	45
7	5	Rake offset	3	mm	37-45	38
8	6	Lateral stiffness at the tip	3	kN/m	>65	>130
9	7	Total mass	4	kg	<1.4	<1.1
10	8	Lateral stiffness at brake pivots	2	kN/m	>325	>650
11	9	Headset sizes	5	in.	1.000 1.125 1.250	1.000 1.125 1.250
12	9	Steertube length	5	mm	150 170 190 210	150 170 190 210 230
13	9	Wheel sizes	5	List	26 in.	26 in. 700C
14	9	Maximum tire width	5	in.	>1.5	>1.75
15	10	Time to assemble to frame	1	s	<60	<35
16	11	Fender compatibility	1	List	None	All
17	12	Intella pride	5	Subj.	>3	>5
18	13	Unit manufacturing cost	5	US\$	<85	<65
19	14	Time in spray chamber without water entry	5	s	>2300	>3600
20	15	Cycles in mud chamber without contamination	5	k-cycles	>15	>35
21	16, 17	Time to disassemble/assemble for maintenance	3	s	<300	<160
22	17, 18	Special tools required for maintenance	3	List	Hex	Hex
23	19	UV test duration to degrade rubber parts	5	hr	>250	>450
24	19	Monster cycles to failure	5	Cycles	>300k	>500k
25	20	Japan Industrial Standards test	5	Binary	Pass	Pass
26	20	Bending strength (frontal loading)	5	kN	>7.0	>10.0

Reference: Product Design and Development, Karl T Ulrich, Steven Eppinger, McGraw-Hill

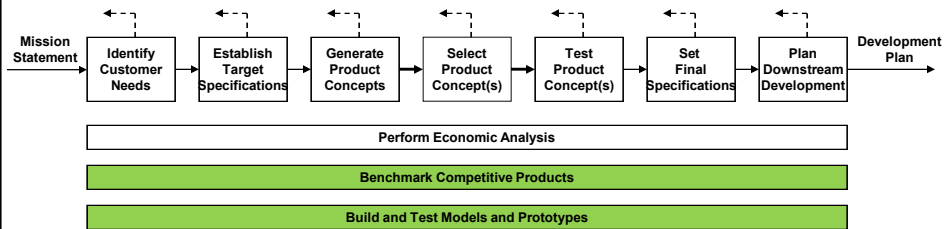
Laboratório de Design
Paulo Lima | Ricardo Torcato

Grupos de trabalho

- Pedro Moura e Júlia Pereira
- Luiza Pessoa e Bruna Santos
- Diogo Ribeiro e Magner Gusse
- Léane Marques e Nuno Pereiro

Laboratório de Design
Paulo Lima | Ricardo Torcato

Geração de Conceitos



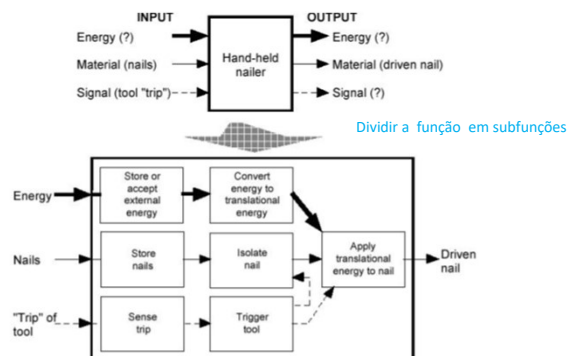
Laboratório de Design
Paulo Lima | Ricardo Torcato

Geração de Conceitos

Fase 1- Clarificar o problema

- ✓ Decompor um problema complexo em subproblemas mais simples - **Decomposição Funcional**
- ✓ Focar os esforços iniciais em subproblemas mais críticos

Exemplo: agraphador



Laboratório de Design
Paulo Lima | Ricardo Torcato

Geração de Conceitos

Fase 2- Procurar externamente

- ✓ Entrevistar lead users
- ✓ Consultar especialistas
- ✓ Procurar patentes
- ✓ Procurar na literatura
- ✓ Benchmark de produtos diferentes mas com funcionalidades semelhantes

Fase 3- Procurar internamente

- ✓ Sessões individuais ou de grupo

Laboratório de Design
Paulo Lima | Ricardo Torcato

Geração de Conceitos

Fase 4- Exploração sistemática

Como resultado da pesquisa externa e interna a equipa recolheu dezenas ou centenas de soluções para subproblemas.

Solutions to Subproblem of Storing or Accepting Energy

- Self-regulating chemical reaction emitting high-pressure gas
- Carbide (as for lanterns)
- Combusting sawdust from job site
- Gun powder
- Sodium azide (air bag explosive)
- Fuel-air combustion (butane, propane, acetylene, etc.)
- Compressed air (in tank or from compressor)
- Carbon dioxide in tank
- Electric wall outlet and cord
- High-pressure oil line (hydraulics)
- Flywheel with charging (spin-up)
- Battery pack on tool, belt, or floor
- Fuel cell
- Human power: arms or legs
- Methane from decomposing organic materials
- "Burning" like that of chemical hand warmers
- Nuclear reactions
- Cold fusion
- Solar electric cells
- Solar-steam conversion
- Steam supply line
- Wind
- Geothermal

Solutions to Subproblem of Applying Translational Energy to Nail

- Single impact 
- Multiple impacts (tens or hundreds) 
- Multiple impacts (hundreds or thousands) 
- Push 
- Twist-push 

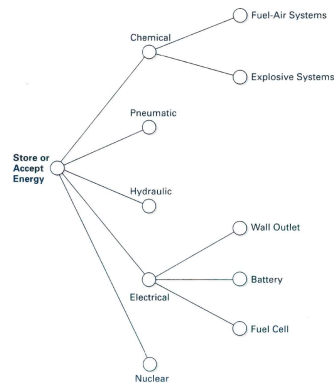
Laboratório de Design
Paulo Lima | Ricardo Torcato

Geração de Conceitos

Fase 4- Exploração sistemática

Como resultado da pesquisa externa e interna a equipa recolheu dezenas ou centenas de soluções para subproblemas.

- ✓ Árvore de classificação e conceitos
- ✓ Combinação de conceitos
- ✓



Laboratório de Design
Paulo Lima | Ricardo Torcato

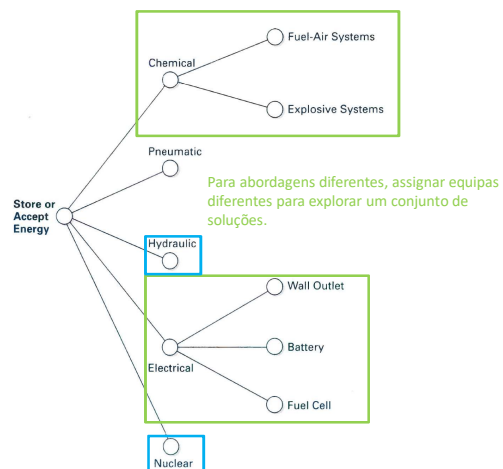
Geração de Conceitos

Fase 4- Exploração sistemática

Árvore de classificação e conceitos

Tomar decisões relativamente a alguns dos ramos.

Eliminar ou descartar pela falta de adequação à aplicação pretendida: perigosidade; complexidade técnica para implementar a solução,.....



Laboratório de Design
Paulo Lima | Ricardo Torcato

Fase 4- Exploração sistemática

- ✓ Refinamento da decomposição do problema para um ramo particular



Laboratório de Design
Paulo Lima | Ricardo Torcato

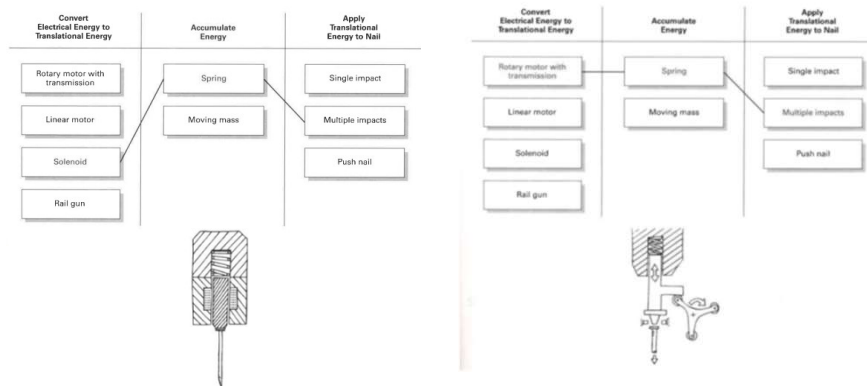
Fase 4- Exploração sistemática

	Convert Electrical Energy to Translational Energy	Accumulate Energy	Apply Translational Energy to Nail
Sub-problema			
	Rotary motor with transmission	Spring	Single impact
	Linear motor	Moving mass	Multiple impacts
Soluções alternativas	Solenoid		Push nail
	Rail gun		

Laboratório de Design
Paulo Lima | Ricardo Torcato

Fase 4- Exploração sistemática

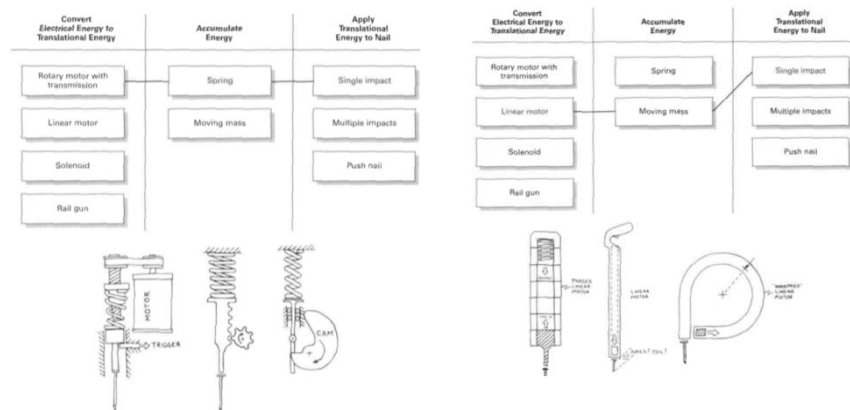
✓ Combinação de conceitos



Laboratório de Design
Paulo Lima | Ricardo Torcato

Fase 4- Exploração sistemática

✓ Combinação de conceitos



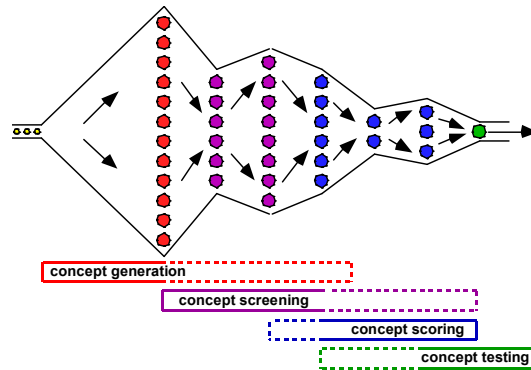
Laboratório de Design
Paulo Lima | Ricardo Torcato

Seleção de Conceitos

Teste de Conceitos

Especificações finais

.....



Product Design and Development, Karl T. Ulrich, Steven Eppinger, McGraw-Hill, 2020

Laboratório de Design
Paulo Lima | Ricardo Torcato