

Hermínio Duarte-Ramos  
 Prof. Dr. Eng. Electrotécnico  
 Dep. Eng. Electrotécnica (FCT/UNL)

# Engenharia Sistémica na Engenharia Electrotécnica

## resumo

O autor analisa a realidade concreta e abstracta para estabelecer a ideia sistémica e demonstra o paradigma com os sistemas científico e tecnológico. Considerando os níveis hierárquicos da realidade estabelece tipos de raciocínio em diferentes dimensões. Generaliza as condições existenciais e temporais dos sistemas, identificando as propriedades sistémicas fundamentais, os aspectos comportamentais dos sistemas e a correspondência entre as realidades abstracta e concreta. Define os principais dispositivos sistémicos e modos operacionais dos sistemas. Exemplifica o paradigma na produção industrial e comunicação, donde extrai princípios inovadores do modelo universitário e para a prática electrotécnica.

## *Systemic Engineering within Electrical Engineering*

## summary

*The author analyses the concrete and abstract reality in order to establish the systemic concept, and demonstrates the paradigm using both scientific and technological systems. Basic logic judgements in several dimensions are defined from all conceptual reality levels. Identifying intrinsic and time conditions for systems, main systemic properties are pointed out, and relationships between abstract and concrete reality are described. Important systemic devices and system operation modes are defined. Examples on industrial production and communication state principles for a new university model and new electrical practice.*

### Introdução

*O convite do Prof. Almeida do Vale, da Universidade do Porto e representante português na Comissão Organizadora das 3.<sup>as</sup> Jornadas Hispano-Lusas de Engenharia Electrotécnica, para ir a Barcelona apresentar uma "lição de síntese" como conferência plenária naquele congresso internacional de engenheiros electrotécnicos, despertou a ideia de abordar a "Sistémica e Electrotécnica", com vista a revelar como a Engenharia Sistémica se relaciona com a Engenharia Electrotécnica.*

*Nessa altura transmiti uma dúvida inquietante: "O conteúdo é muito extenso. Não sei se conseguirei resumir toda a sua extensão tendo que limitar o texto aos aspectos mais importantes para a audiência de electrotécnicos. Conseguirei?"*

*Apesar da prévia transcrição da tese nas actas, a dúvida persistiu até ao fim da exposição. A inquietação levou-me a pronunciar, à guisa de aviso, logo no início da hora que me destinaram para a intervir: "A intenção é trazer à discussão uma maneira diferente de pensar a Engenharia: a Sistémica estende-se para além do pensamento carteseano. Como Engenheiro*

*Electrotécnico, com 32 anos de intensa experiência profissional, estou convencido que o paradigma sistémico se afirmará no mundo moderno como nova semente do progresso científico e tecnológico. Onde a Ciência e a Tecnologia se cruzam com a Natureza e a Sociedade”.*

*Esta mesma convicção leva-me a reproduzir aqui aquilo que disse, debaixo da polifacetada inspiração das “ramblas” castalãs, ao jeito humanista que as técnicas me afeiçoaram. E que ficará no tempo como um sinal impulsivo do meu pensamento, no quadro da realidade abstracta, sobre o que a Engenharia será na para realidade concreta do futuro. Uma tese que orientou uma vida de trabalho, obviamente pouco compreendida, mas inovadora e revelada em polémica na Catalunha.*

## 1. Realidades concreta e abstracta

O Homem não está só no mundo. Vive embebido num ambiente imenso e muito diferenciado, que constitui a realidade. Ele próprio é criado pela raiz material desse ambiente. Mas com uma essência especial no resultado organizativo: o homem possui uma estrutura particular, que lhe permite conceber saberes, criando abstracções interpretativas da realidade concreta (conceito de Ciência), as quais dão viabilidade racional à transfiguração material dessa realidade (conceito de Tecnologia).

Assim, a acumulação das concepções criadas ao longo dos tempos, transmitida nas memórias das sucessivas gerações ou materializada nas obras produzidas século a século, deu origem a dois universos próprios da **realidade actual**:

- **Realidade concreta ou material:** formada pela Natureza, visível ou oculta e próxima ou distante de cada Homem, juntamente com as transformações provocadas na própria Natureza pelas ferramentas e instrumentos construídos na sequência das concepções humanas. É a realidade caracterizada por matéria e energia;
- **Realidade abstracta ou conceptual:** conjunto de saberes apre-

didados e concebidos e emoções presentidas frente à realidade observada na Natureza ou nas suas transfigurações por actuação humana e natural. Trata-se da realidade caracterizada por conhecimento e informação.

As características essenciais das duas formas da realidade (a material e a conceptual) não são independentes entre si. Einstein mostrou a identificação relacional entre matéria e energia e Wigner provou a equivalência energética da informação. Além disso, sabe-se que o conhecimento exige suporte material e energético para se armazenar, enquanto a difusão da informação é suportada por matéria e energia. Quer isto dizer que existe uma complementaridade dual entre as duas realidades concreta e abstracta.

## 2. Hierarquia e sistémica

A realidade concreta extravasa da Natureza. Engloba tudo o que seja natural, mas estende-se para as configurações operadas pelo Homem na matéria, geralmente em consequência de concepções prévias. Concreto é tudo o que se manifesta ou pode manifestar aparente, integrado em planos hierarquizados de múltiplos **níveis da realidade concreta**, como exemplificam os níveis cósmico, planetário, ani-

Níveis da real. material exemplo	Tipo de sistema do exemplo
Cósmico	Cosmos
Planetário	Terra
Animal	Animais
Humano	Homens
Fisiológico	Corpo
Microfísico	Moléculas
Atómico	Átomos
Elementar	Partículas
Infra-partículas	Quarks

mal, societal, humano, fisiológico, microfísico, atómico, elementar das partículas, infra-partículas e por aí além.

O mundo concreto apresenta-se constituído por imensos componentes estruturais, com interconexões mais ou menos distantes, mais ou menos interinfluentes, quer energeticamente quer informativamente.

Nesta descrição já se entra no mundo conceptual, pois se destringem partes da realidade, como sendo estruturas espaciais limitadas e interactuantes por energia ou informação. É a noção de **sistema**.

A realidade conceptual pela Sistémica configura valorizações quanto à participação da Electrotécnica na formulação e construção do mundo moderno em que queremos viver. Aí chegaremos pelo aprofundamento do paradigma sistémico e suas relações com as contribuições electro-técnicas.

## 3. Teorização e tecnicidade

Quando a recorrência dos factos é consciente parte-se da teoria para a prática, da ideia para o acto.

Numa escala arbitrária de conceptualidade, tendo como fundamento inicial as raízes epistemológicas (da filosofia e da teologia) que definem as referências de entrada no universo conceptual, elaboram-se sucessivos **níveis**

Realidade	Composição	Essência
<b>Concreta ou material</b>	Natureza { visível oculta Natureza { próxima distante Transformações da Natureza	Matéria Energia
<b>Abstracta ou Conceptual</b>	Saberes { apreendidos concebidos Emoções presentidas	Conhecimento Informação

Níveis da Realidade Conceptual	Conceitos Específicos (exemplos)		
Epistemologia	Teologia	Metafísica	Filosofia
Teoricidade	Teorias idealizadas	Teorias globalizantes	Teorias explicativas
Metodológica	Metáforas ilustrativas	Analogias representativas	Modelos formais
Ferramentaria	Matemática e informática	Escritas e grafismos	Abordagens funcionais
Praticidade	Investigação Gestão	Experimentação Controlo	Engenharia Produção

da realidade abstracta, com crescentes graus de tecnicidade:

- **Epistemologia:** conjunto de reflexões profundas, com origens teológicas, metafísicas, filosóficas;
- **Teoricidade:** conjunto de teorias específicas conforme os tipos de sistemas a que se referem, determinando conceitos idealizados, globalizantes, explicativos;
- **Metodológica:** conjunto de métodos para teorização activa, com metáforas ilustrativas, analogias representativas, modelos formais;
- **Ferramentaria:** conjunto de ferramentas usadas na implementação metodológica, pela matemática e informática, escritas e grafismos, abordagens funcionais;
- **Praticidade:** conjunto de aplicações em domínios específicos, como investigação, experimentação, engenharia, gestão, controlo, produção, etc.

Com todo este manancial para discurrir foram sendo identificados os sistemas científico e tecnológico como repositórios activos do génio humano.

## 4. Ciência e Tecnologia

No processo cumulativo das concepções históricas, incluindo abstracções por ventura mais humanistas, como noções artísticas e metafísicas, evidenciam-se dois tipos de *sistemas gerais*, que interessam às presentes reflexões:

- **Ciência:** assente na aquisição e formulação coerente de conhecimentos (ditos científicos) a partir do concreto, por meio de metodologias de percepção, apreensão, compreensão e explicação, com vista a enquadrar a plausibilidade do substrato conhecido;
- **Tecnologia:** reside na intervenção orientada sobre a realidade material, por meio de conhecimentos aplicados (ditos tecnológicos), usando métodos de projecto, decisão, fabricação e construção.

Sistemas conceptuais	Tipos metodológicos	Tipos de conhecimento
<b>Ciência</b>	Percepção Apreensão Compreensão Explicação	<b>Científico</b>
<b>Tecnologia</b>	Projecto Decisão Fabricação Construção	<b>Tecnológico</b>
Outros (arte, etc.)	(figurativo, etc)	(artístico, etc.)

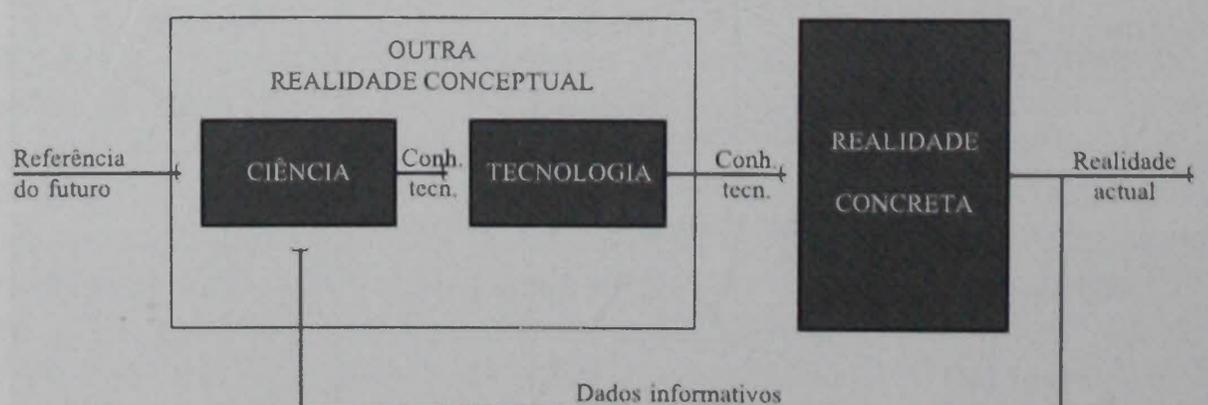
O sistema científico realimenta-se sucessivamente da realidade concreta actual, recolhendo dados de informação para a concepção de novos saberes (processo de criatividade científica), e alimenta a dinâmica do sistema tecnológico por intermédio desses novos conhecimentos científicos donde resultam novos conhecimentos tecnológicos, aplicados sobre a realidade material a fim de a transformar para objectivos concebidos e desejados.

## 5. Princípios Científicos e Tecnológicos

A teorização, com a finalidade de universalizar as noções das particularidades detectáveis, e a tecnicidade, tendo por objectivo sistematizar os modos metodológicos, desenvolvem-se em geral lado a lado, seguindo orientações opostas de complexidade.

De facto, os *princípios* de elaboração das teorias e das práticas revelam manifestações inversas:

- Com predominio do **princípio científico:** quanto mais teórica for a concepção menos técnica esta se apresenta.



- Se houver predomínio do **princípio tecnológico**: quanto mais técnica se exprimir a concepção menos teórica esta se manifesta.

Sob este critério conceptual pode-se delimitar a Ciência da Tecnologia, ainda que as respectivas fronteiras nem sempre sejam nítidas. No entanto, esta decomposição da realidade abstracta identifica um configuração em cascata: os conhecimentos científicos, formulados por acumulação criteriosa de saberes, excitam as estruturas tecnológicas, em cada dia, para uma maior racionalidade das intervenções sobre a Natureza e a Sociedade.

## 6. Operações Sincrónica e Diacrónica

Desde sempre que o Homem pensa e actua sobre a realidade material. Deses pensamentos e modos de actuação foi formulando conhecimentos. A disponibilidade de novos saberes permitiram encontrar maneiras inovadoras de acção. Toda esta conceptualidade se memorizou materialmente no decurso dos anos, séculos e milénios.

Por isso, o progresso foi sendo vertido na evolução histórica, conforme os dois princípios universais de acção e

reacção, em renovação permanente e diferenciada através de dois **modos operativos**:

- No caso de haver **sincronismo**: a acção directa da sapiência e a retroacção das suas consequências na realidade concreta gera continuamente o modo operativo sincrónico. É o eterno percurso dos ciclos temporais;
- Se existir **diacronismo**: o fluxo directo de conhecimentos e o refluxo de informação acerca das transições verificadas na realidade material criam consecutivamente o funcionamento diacrónico. É a eterna evolução espiralada no tempo por deriva dos ciclos.

Compreende-se que à escala de duração da vida humana se possa considerar a globalidade concreta da realidade como pouco diferenciada. Mas a História memoriza no tempo ambientes diferentes de acesso ao pensamento da Humanidade. É o chamado progresso na linha do tempo: o funcionamento sincrónico da realidade em constante deriva diacrónica.

## 7. Raciocínios e Dimensões

Para pensar a realidade concreta

utilizam-se **raciocínios** distintos consoante o nível dimensional da abstracção (ver quadro na página seguinte, em cima):

- **Numérico**: escalar, vector, matriz, tensor;
- **Geométrico**: ponto, recta, superfície, volume;
- **Sistémico**: unidade, conjunto, grupo (sub-sistemas), sistema.

As diversas **dimensões** do quadro da abstracção fazem apelo a diferentes tipos de raciocínio, que a seguir se repartem subentendendo que se percebem claramente os seus desempenhos e respectivas limitações (os esquemas do quadro ajudam a compreender as suas diferenças):

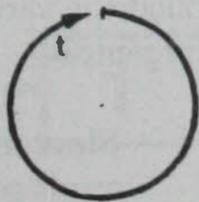
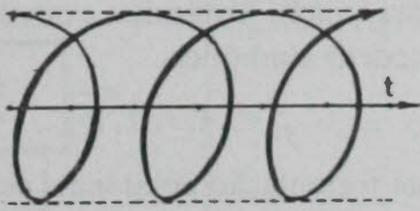
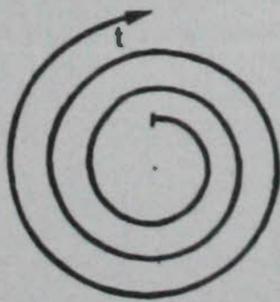
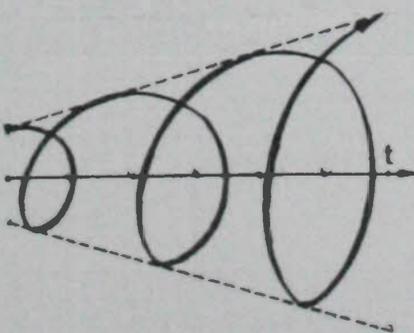
- **Dimensão 0**: observação, constatação;
- **Dimensão 1**: dedução, indução;
- **Dimensão 2**: abdução e analogia, abdução e adução;
- **Dimensão 3**: iteração e recursão, regulação e controlo.

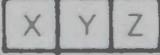
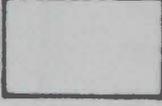
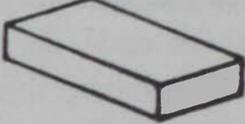
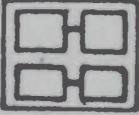
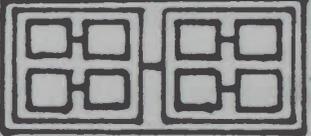
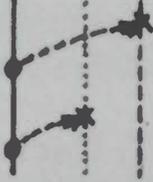
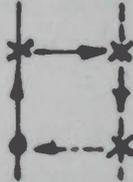
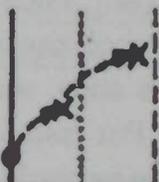
As dimensões de ordem superior são puramente abstractas. Não tendo realidade material aparente, podem no entanto ser tratadas pela generalização sistémica. Interessa, por conseguinte, definir as condições da lógica estrutural dos sistemas.

## 8. Existência e Temporalidade

Genericamente, um sistema deve satisfazer determinadas **condições existenciais**, que se agrupam nos seguintes parâmetros genéricos:

- **Acronia**: traduz a coerência orgânica dos componentes estruturais;
- **Interactividade**: significa os relacionamentos de influência entre componentes;
- **Teleonomia**: exprime as finalidades próprias (objectivos e funções globais), que especificam a acronia do sistema;
- **Autonomia**: corresponde às relações com o ambiente externo (sistema aberto ou quase isolado);

MODO OPERATIVO	ESQUEMA TEMPORAL	
	bidimensional	tridimensional
Sincronismo		
Diacronismo		

RACIOCÍNIO	NÍVEL DIMENSIONAL					
	0	1	2		3	
Numérico	Escalar 	Vector 	Matriz 		Tensor 	
Geométrico	Ponto 	Recta 	Superfície 		Volume 	
Sistémico	Unidade (sub-sistema) 	Conjunto (sub-sistema) 	Grupo (sub-sistema) 		Sistema (complexo) 	
Tipos de raciocínio	Observação Constatação	Dedução Indução	Abdução e analogia	Abdução e adução	Iteração Recursão	Controlo geral
						
	Apreensão imediate	Generalização linear	Generalização transversal	Verificação	Regulação	Controlo

É essencial assentar que a Sistémica exclui a existência de sistemas fechados: todos os sistemas são abertos, interagindo mais ou menos com o exterior para que tenham consistência. Repare-se que a tradição dos povos afirma que "ninguém é profeta na sua própria terra" porque a terra natal é considerada como um sistema fechado. Mas fazendo da nossa terra um sistema aberto, conforme o pensamento sistémico, já se pode ser profeta na própria terra.

Assim, um sistema ( $S$ ) define uma ferramenta conceptual formada por um conjunto de componentes limitados ( $A$ ) e coerentemente organizados entre si ( $I$ ) com objectivos bem especificados ( $T$ ) num ambiente envolvente ( $E$ )

perturbador e receptor da finalidade do sistema.

Esta **noção sistémica** corresponde ao modelo simbólico

$$S = \{A, I, T, E\}$$

na sua formulação geral mais simples.

Mas é preciso atender ainda às **condições temporais** do sistema, introduzindo a variável tempo nas funções orgânicas:

- **Sincronia:** caracteriza a operação resultante das interações entre

Condições Sistémicas	Estruturas Sistémicas	Modelo Simbólico
<b>Existenciais</b>	Acronia Interactividade Teleonomia Autonomia	$A$ $I$ $T$ $E$
<b>Temporais</b>	Sincronia Diacronia	$S = \{A(t), I(t), T(t), E(t)\}$ $S = \{A(t), I(t), T(t), E(t)\}$

componentes estruturais do sistema (actividade e funções internas do sistema). As condições existenciais são, genericamente, variáveis temporais;

- **Diacronia:** determina o processamento em transição permanente, que define a evolução funcional no tempo (origem, duração e extinção ou morte do sistema). Além da temporalidade das condições existenciais, o tempo aparece também como variável explícita.

Note-se que, em muitos casos úteis, a variação temporal da acronia exige preconceitos adaptativos às novas condições da realidade.

### 9. Globalidade e Integração

Das condições de existência e de actividade temporal de um sistema transparecem as suas propriedades. A diversidade de tipologias possíveis deixa identificar uma enorme variedade de sistemas mecânicos ou eléctricos, produtivos ou controladores, económicos ou gestionários, etc.

Todavia, em todos os casos são fundamentais as duas *propriedades sistémicas* seguintes:

- **Globalidade:** qualquer sistema compreende todos os seus compo-

nentes interactuantes;

- **Integração:** qualquer sistema insere todas as acções de influência entre os componentes.

Os *esquemas básicos* mais elementares na representação destas propriedades essenciais dizem respeito às ligações em cascata, paralelo e retroacção por anelagem. Ser sistémico é ver todos os sistemas em acção, em reacção e em retroacção.

A combinação destes tipos de interligação oferece múltiplas configurações complexas, emalhadas num determinado plano de integração. Vários níveis de integração podem ser ordenados numa certa hierarquia funcional. Ser sistémico é observar as ramificações funcionais, valorizar as idas com ou sem retorno, atender aos graus de amplificação e examinar os pontos de equilíbrio.

Vê-se claramente que a decomposição em componentes estruturais e o discernimento das interacções são problemas fundamentais da sistémica. Note-se, porém, que o modelo assim construído pretende tão-somente simplificar a complexidade.

### 10. Modelagem e complexidade

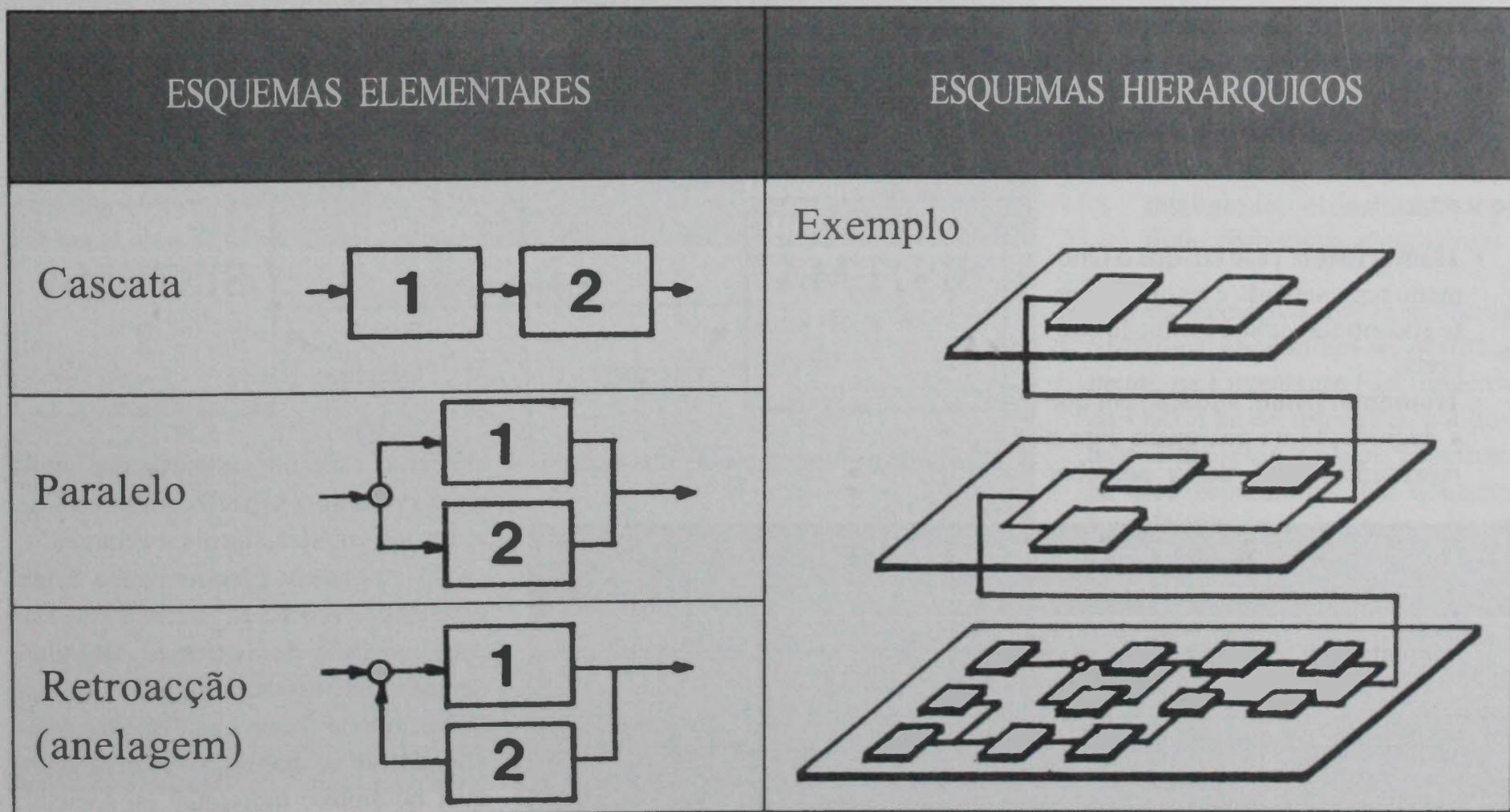
A modelagem fornece uma imagem

representativa de um fenómeno ou conjunto de fenómenos concretos. O *modelo* respectivo caracteriza dois aspectos comportamentais do sistema:

- **Aspecto cognitivo:** resulta da representação do comportamento actual, permitindo saber a veracidade da realidade concreta em cada instante;
- **Aspecto preditivo:** provém da representação do comportamento futuro deixando antever a realidade ideal e daí predizer desvios indesejáveis da realidade, com vista a exercer acções correctivas em tempo útil.

Mas esta representação nem sempre é completa. A complexidade dos sistemas concretos deve ser reflectida com rigor nos sistemas conceptuais. Muitas vezes, porém, essa complexidade só pode ser traduzida com alguma aproximação. Ser sistémico é discernir diferenças que enriqueçam a harmonia global no espaço e no tempo.

Os sistemas lineares correspondem aos modelos mais simples e exactos (dinâmica assintótica, dinâmica recorrente), enquanto os sistemas in-lineares complicam as formulações analíticas (ciclos atractivos, bifurcações). Os sistemas elementares enfrentam-se com singeleza (estabilidade, optimização),



Aspecto comportamental	Representação do comportamento
Cognitivo	<i>Actual</i> : conhecimento da realidade concreta em cada instante
Preditivo	<i>Futuro</i> : predição da realidade para detecção de tendências

ao passo que os sistemas mistos e multi-malhados oferecem maiores dificuldades de análise (teoria das catástrofes, dinâmica caótica).

Existe um eterno compromisso entre o desejável e o possível. É que sistemicamente aparecem efeitos de amplificação que tendem a originar desvios e instabilidades. Por exemplo, diz a sabedoria popular que «quem semeia ventos colhe tempestades», e diz muito bem devido a um possível efeito amplificador, por retroacção dos sistemas sociais, que instabiliza. O pensamento carteseano não consegue interpretar esta evidência.

## 11. Perfeição e Aproximação

Torna-se necessário que o modelo corresponda à imagem mais perfeita da realidade concreta, para que a teoria traduza a prática e o conhecimento científico dê credibilidade ao conhecimento tecnológico.

Acontece que o perfeccionismo tem diversos graus admissíveis, conforme o estágio de desenvolvimento geral ou particular da questão em causa.

Nesta perspectiva distinguem-se basicamente dois *critérios de correspondência* entre as realidades abstracta e concreta:

- **Isomorfismo**: caso em que o fenómeno representado é rigorosamente encontrado na sua evolução concreta;
- **Homomorfismo**: situação em que a degradação na passagem para a representação só deixa perceber

uma aproximação do comportamento concreto.

Em Engenharia os critérios homomórficos possibilitam a resolução de inúmeras dificuldades, criando uma atitude prática que o cientista muitas vezes contesta. Aí reside a diferença fundamental entre engenhar tecnologicamente e investigar cientificamente. Em qualquer caso, porém, ser sistémico é analisar e sintetizar modelos simples, olhar o passado para prever o futuro, verificar se estaremos lá onde nos projectamos.

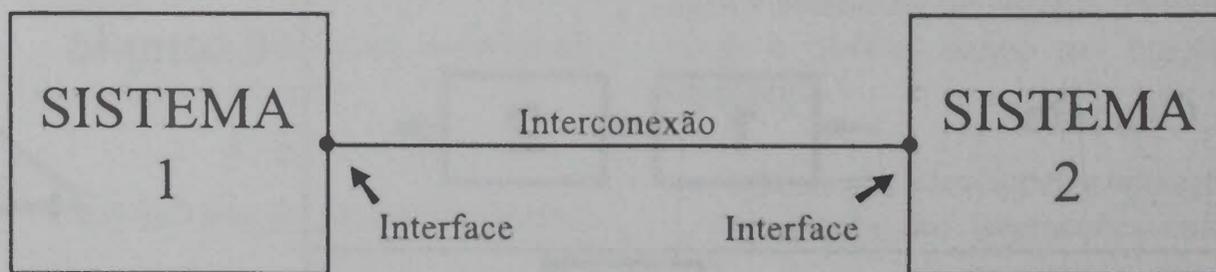
## 12. Interconexões e Interfaces

Os sistemas simples compõem-se para constituir sistemas complexos. Este processo de composição realiza-se por meio de dois tipos de *dispositivos sistémicos* por excelência:

- **Interconexões**: conectam componentes entre si;
- **Interfaces**: adaptam as conexões aos componentes.

Desta maneira estabelecem-se circuitos específicos de comunicação energética ou informativa que mantêm as actividades internas dentro da coerência intrínseca à coerência da actividade global.

Para isso as interconexões têm de transmitir os fluxos respectivos em condições harmoniosas e as interfaces devem compatibilizar as entradas e saídas



com as estruturas internas dos compo-

Modo operacional	Fluxo sistémico
Actuação	Matéria e energia
Comunicação	Conhecimento e informação

entes conectados. Sob esta perspectiva sistémica identifica-se a “Tecnologia de Interfaces” como uma nova disciplina de extrema importância na Engenharia Electrotécnica.

Estas exigências constituem o objectivo típico da moderna **Engenharia Sistémica**, vocacionada para racionalizar e otimizar as estruturas operativas interligadas das indústrias e das sociedades, tanto no espaço como no tempo.

## 13. Actuação e Comunicação

São dois os *modos operacionais* dos sistemas, relacionados com características conceptualmente distintas:

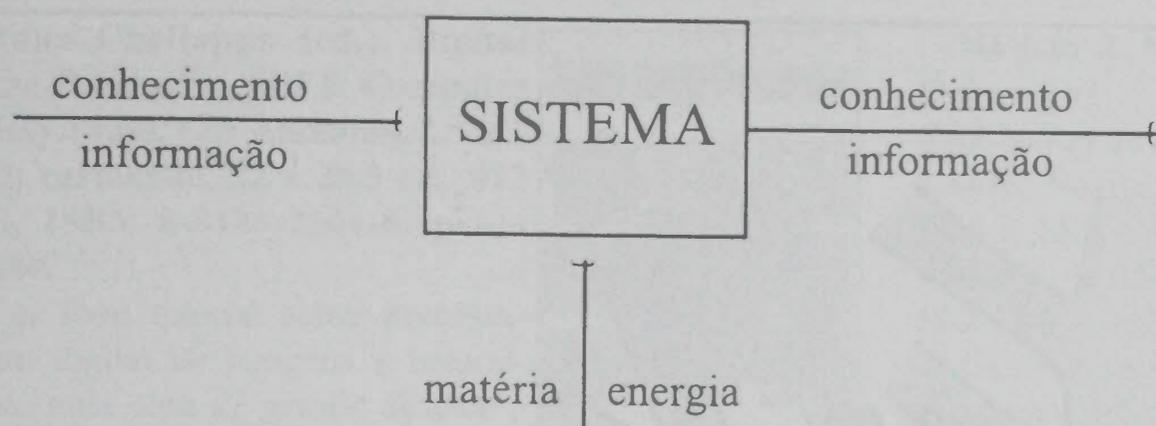
- **Actuação**: consequente de fluxos de matéria e energia;
- **Comunicação**: proveniente de fluxos de conhecimento e informação.

Embora estes modos operacionais possam assumir aspectos concretos muito distintos (mecânicos, electrónicos, químicos, etc.), a maior versatilidade e flexibilidade, na presente era tecnológica, é concedida pela **Engenharia Electrotécnica**, em termos gerais, incluindo disciplinas como redes

eléctricas, circuitos electrónicos, controlo e automação, telecomunicações, redes informáticas locais e remotas.

Na verdade a Electrotécnica é um domínio científico e tecnológico paradigmático da Sistémica. Daí chegaram ideias essenciais à teoria de sistemas, que levaram a realizações mais eficazes de globalização e integração, quer no âmbito individual ou societal,

Correspondência entre as realidades conceptual e concreta	
<b>Isomorfismo</b>	Representação concordante com a evolução dos fenómenos (perfeição da passagem ao modelo)
<b>Homomorfismo</b>	Representação desviada da evolução dos fenómenos (imperfeição da passagem ao modelo)



no campo habitacional ou empresarial, ao nível da cidade ou das regiões, na extensão planetária ou mesmo cósmica.

## 14. Inteligência e Decisão

Com o decurso dos anos, o desenvolvimento científico e tecnológico construiu ferramentas sucessivamente mais poderosas, muito impregnadas da versatilidade concedida pela microelectrónica, enriquecida pelos microactuadores. As concepções de sistemas hierárquicos, exigindo rápida transferência de densa informação, revelaram elevadas exigências de inovação nos modos de interactuar. As decisões deixaram de ser totalmente centralizadas: a inteligência dos sistemas distribuiu-se pelos locais de maior eficácia.

Desta maneira, a moderna **Tecnologia Electrossistémica** tem vindo a generalizar as suas aplicações em domínios sociais bastante variados, particularmente nos vários sectores econó-

micos, desde a agricultura e minas até à indústria e serviços.

Anote-se a crescente inserção dos sistemas ópticos nas actividades dos electrotécnicos, por meio de lasers, fibras ópticas e sensores optoelectrónicos integrados, promovendo penetrações em escalas extremamente reduzidas do espaço e do tempo pela nascente "Tecnologia Optossistémica".

Na **produção industrial**, longe estão as memórias electromecânicas, distante ficou a exclusiva centralização do tratamento de dados. Os equipamentos operacionais recolhem informação local nos próprios processos tecnológicos e aí mesmo decidem as acções imediatas, sem deixarem de dialogar com os parceiros pertinentes à distância, e relatam a informação essencial aos níveis superiores de controlo e supervisão, de planeamento e gestão, de planificação global e administração dos negócios. Tudo se deve processar integradamente:

- **Nível operacional ou de campo e instalações (nível 0):** automatismo

com sensores inteligentes ou rudes, actuadores, redes de campo;

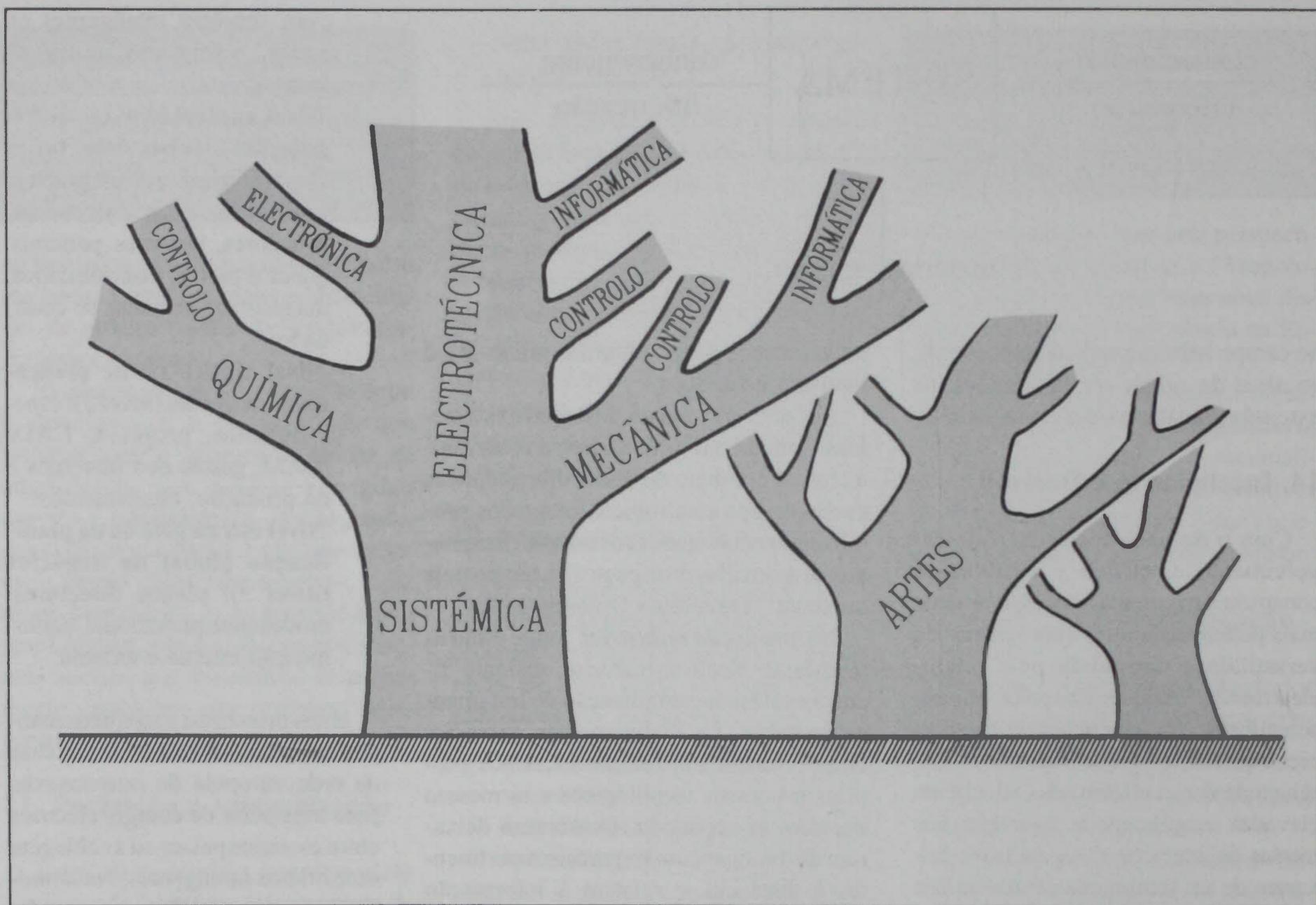
- **Nível controlador ou de regulação e supervisão (nível 1):** multimédia para vigilância e alarme, com microcontroladores, sistemas periciais, quadros pretos, fusão de dados, diagnóstico, sistemas de qualidade;
- **Nível tático ou de planeamento e gestão (nível 2):** especificações, projecto, CAD/CAM, gestão dos materiais e da produção, escalamentos;
- **Nível estratégico ou de planificação global de negócios (nível 3):** planos directores, modelagem previsional, comunicação interna e externa.

Estes princípios sistémicos mantêm-se noutras aplicações. É o caso da rede europeia de interconexão para transporte de energia eléctrica entre os vários países ou a cablagem de edificios inteligentes. Na **domótica** seguem-se idênticas concepções e metodologias, embora as tecnologias usadas possam ser diferentes, porque respondem a outras especificações básicas, como seja:

- **Segurança:** tanto de pessoas como de bens, contra incêndio ou intrusão, roubos ou vandalismo;
- **Ecologia habitacional:** qualidade de vida pela iluminação inteligente, climatização óptima, ergonomia e ambiente.

Tais exemplos da Engenharia Sistémica enquadram-se perfeitamente na Engenharia Electrotécnica. Outros há em diferentes âmbitos tecnológicos ou que mais penetram na área económica. No domínio sociológico, por exemplo, diz o provérbio que «um mal nunca vem só»; isto é verdade porque na realidade concreta existem retroacções com que em geral não se conta. Assim se mostra como o pensamento sistémico vai além do permitido pelo raciocínio carteseano.

TECNOLOGIA ELECTROSSISTÉMICA		
Produção industrial, domótica, telecomunicação		
Nível conceptual	Nível concreto	Estrutura típica
0	<b>Operação:</b> campo e instalações	Sensores Actuadores Redes de campo
1	<b>Controlo:</b> regulação e supervisão	Controladores Sistemas periciais Sistemas de diagnóstico
2	<b>Táctica:</b> planeamento e gestão	Especificação Projecto CAD/CAM
3	<b>Estratégia:</b> planificação e negócios	Plano director Plano previsional Comunicações



## 15. Educação e Sociedade

A abordagem sistémica pode ser uma nova semente fertilizante da realidade conceptual para o século XXI. Nessa prática, a Electrotécnica apresenta-se relevante e promissora, começando por interligar os homens de todo o planeta pelas telecomunicações via satélite e no terreno. A tendência vai no caminho da malhagem total, com máquinas dialogantes entre si e os homens, que avaliam e informam, ajuizam e decidem, actuam e controlam.

Nesta evolução as mutações sociais serão enormes. A primeira mudança, talvez a mais impressionante, consiste na necessária adaptação dos homens à realidade concreta que os envolve, pela **educação** em geral, através do sistema de ensino. Talvez o conceito de Universidade perca o significado que detém, reservando-se a uma dimensão mais estreita, para se identificar sem ambiguidade no conhecimento avançado.

Mutuação societal	Definição de tendências
Educação	Nova Universidade
Sociedade	Planeta sistémico
Electrotécnicos	Construtores sistémicos

A massificação do ensino universitário e a tendência para reduzir a duração das licenciaturas a quatro anos (por razões de produtividade económico-escolar) ao mesmo tempo em que os conhecimentos se multiplicam a elevado ritmo e as inovações se reproduzem dastricamente em períodos infra-quinquennais, leva a admitir que no século XXI predomine um novo modelo: o ensino pós-secundário terá em comum uma **licenciatura em Engenharia**, que bem se poderá denominar "Engenharia Sistémica", com componentes tecnológicas e sociais (económicas sociais, humanistas), e só depois a Universidade contribuirá propriamente, em formação contínua, com as múltiplas especializações necessárias às

actividades sociais, onde se incluem as diversas especialidades electrotécnicas.

O ramo da Electrotécnica poderá florescer com diferentes pétalas, ao lado de outros ramos tecnológicos, como a Mecânica ou a Química, no mesmo tronco comum que será a Sistémica. A universalidade das suas metodologias deixa antever uma concepção universalista para as bases científicas e tecnológicas da Engenharia.

No final do século XX caminhamos para uma **sociedade** sistémica, através da tecnologia digital e dos percursos ópticos. Mas a utopia realista fica mais além: o "planeta sistémico", onde o Homem irá certamente viver, será uma nova realidade conceptual e material, em grande parte desenhada e construída pelos engenheiros electrotécnicos.

A tese final que se pretende enunciar consiste em afirmar frontalmente que os Electrotécnicos são construtores sistémicos do futuro. ■