

Homogeneidade e Teoria da Informação

António Gouvêa Portela

Apresentado na sessão pública de 24 Fevereiro de 1999 da Academia de Engenharia

1 – INTRODUÇÃO

1.1 – Complexidade

Foi neste fim de milénio que o homem deu os primeiros passos na senda do *complexo*, i.e. não linear, catastrófico, combinatório, interdisciplinar, interfacial, neuronal, multi-disciplinar, multilíngue, dando origem a entes-virtuais, objectos, agentes, robots, computadores, instrumentos para observar o muito pequeno ou o muito grande, do muito próximo ou longínquo, de explorar o passado, conjecturar formalmente o futuro, fenómenos temporalmente efémeros, etc.

A esta proliferação *instrumental* correspondeu uma expansão no domínio das *linguagens formais*, a fim de tornar descritível o muito que de novo ia sendo observado e descoberto, e as *linguagens instrumentais* apropriadas, e foram desenvolvidos *operadores tradutores* para funcionar de 'interfaces' entre artefactos e entre estes e os operadores humanos.

A *complexidade* foi abordável por terem sido imaginados, criados e desenvolvidos *artefactos* capazes de conservar, transportar e operar *informação* cujo suporte exigia *energia e massa* em quantidades cada vez menores.

Esta redução de (energia e massa) / unidade de informação foi acompanhada por reduções de volume e preço o que permitiu aumentar a sua potência, eficiência, extensão do domínio de aplicação e finalmente viabilização da aplicação generalizada dos referidos *artefactos*.

1.2 – Disciplinas a Invocar

Uma teoria da informação envolve recorrer a conceitos retirados de vários campos do conhecimento e convém referir os mais importantes.

Mensura de EMI

A tríada (*energia, massa, informação*), EMI, é indissolúvel, muito embora as relações, E/I e M/I estejam em constante redução, e não se pode estudar a informação I sem conhecer algo sobre E e M. Assim, um dos temas introdutórios será *Grandezas e Mensura*.

Linguagem

A invocação das linguagens ao tema da teoria da informação resulta do vínculo entre informação e linguagem e entre esta e o agregado dialogante.

A linguagem é o meio de descrever e conservar informação.

A linguagem é entendida pelos membros de um dado agregado dialogante.

Reparar que, se o *agregado dialogante* se extinguir, quaisquer suportes materiais que possam ser recuperados, embora contendo informação, esta é inútil, na medida em que já não existem biotas que entendam a linguagem.

Há linguagens para observar e agir e há operadores tradutores, interpretadores, cognitivos e decisoriais, há linguagens idiomáticas e formais.

Homogeneidade

O conceito de *Homogeneidade* tem uma presença discreta em toda a Física. É invocada para apreciar ou graduar *agregados* de entes ou diferentes ou em estados diversos.

Um agregado no estado homogéneo também está, em geral, no estado estável.

1.3 – Informação / Linguagem

As linguagens formais correntes têm de ser acrescidas de novos operadores, conceitos e funcionais para que possam constituir perfeitos interpretadores da informação, nomeadamente de natureza instrumental. São exemplos:

- Operadores que *desagregam* frases compostas em *frases holónicas*. As frases holónicas são *indivisíveis* no contexto da linguagem e são essenciais para que lhes possa ser atribuído um conteúdo de informação.
- Operadores que *agregam* frases holónicas e constroem frases compostas (idiomáticas). As frases compostas são o domínio dos escritores, poetas, etc..
- A informação instrumental é *discretizável* e as linguagens possuem *repositórios* que são conjuntos finitos de frases holónicas. Assim, é possível estabelecer uma *correspondência biunívoca* entre *informação instrumental e linguagem*.
- Conceito de Grau de *Desenvolvimento* do Repositório dum biota. Nenhum biota domina toda a linguagem e dum modo igualmente bom, daí a necessidade dum funcional para mensurar o desenvolvimento dado por um biota a uma dada linguagem.
- Conceitos de *Conteúdo Informativo* e *Quantidade de Informação*, sua distinção e aplicação.
- Avaliação do Conteúdo Informativo do Especimen e da Espécie.
- Avaliação da Quantidade de Informação da Espécie e do Repositório.

1.4 – Formulação da Teoria da Informação

Só depois de passados em revista os temas referidos em 1.1 a 1.2 e introduzidos os novos temas referidos em 1.3 será possível formalizar e interpretar a <Teoria da Informação>..

Assim, os temas que *suportam* a <Teoria da Informação> são:

- (2) *Interação com o Exterior*
- (3) *Grandezas Escalares e Pares Conjugados*
- (4) *Linguagens*
- (5) *Ação e Reação, Cognição e Decisão*
- (6) *Estruturas de Linguagens*
- (7) *Conteúdo Informativo v/ Quantidade de Informação*

A <Teoria da Informação> é apresentada no ponto (8), O ponto (9) é destinado ao *Resumo e Conclusões*

2 - INTERACÇÃO COM O EXTERIOR

2.1 - Instrumento Interactivo

Existência - admite-se que entre um <ente> e o mundo <exterior> se interpõe um <instrumento interactivo>, que transfere *energia, massa, informação, EMI*, quer do <exterior> para o <ente> quer no sentido inverso. O <ente> é um biota (um humano) ou um artefacto (um 'robot'). No conceito de <instrumento interactivo> estão incluídos os sentidos e órgãos activos dos <entes> mas também aparelhos e artefactos da sua criação.

Função - um <instrumento interactivo> configura uma *função* que aplica as variáveis do domínio, as <entradas> (objectos, comandos) no contradomínio e as <saídas> (imagens, reacções).

Limites - as variáveis entradas ou saídas estão limitadas: *inferiormente*, pelas *dimensões mínimas* das amostras dos instrumentos e *superiormente*, porque os instrumentos são *finitos*. As *saídas e entradas* dos instrumentos são *finitas e discretizáveis* e a *finura da discretização da informação* é essencialmente instrumental.

2.2 - Informação Transferida

A *Adequação e Fiabilidade* dum instrumento pode ser apreciada nas três classes de variáveis de *EMI, energia, massa, informação*. A *Qualidade da Informação* depende do instrumento e do modo de operar. Mais ou melhor informação implica mais e melhores instrumentos.

A *Informação Factual* do Universo está encerrada na sua <imagem instrumental> e haverá tantas imagens quantos os instrumentos utilizados e daí a necessidade de *normalização* da instrumentação e métodos de observação.

A *informação* não deve ser dependente do seu <suporte>.

<<Reduzir>> a <massa> e a <energia> necessárias a <suportar> a mesma <informação> tem sido o esforço milenário dos humanos.

Conjecturas - os <entes> em geral e o homem em particular completam as insuficiências de informação com *conjecturas*, às quais conferem uma *credibilidade* variável. Uma fonte de conflitos entre humanos (e biotas) reside nas *diferenças de credibilidade* atribuídas a uma mesma *conjectura*.

Haverá tantas <imagens> quantos os instrumentos (activos e passivos) utilizados

3 - GRANDEZAS ESCALARES E PARES CONJUGADOS

3.1 - Escalares Universais

A busca de 'escalares' tem sido uma preocupação permanente, porque são independentes da direcção e sentido e alguns até 'invariantes', e constituem referências universais em especial dos 'extensivos' que são 'aditivos'.

Exemplos: 'enumerabilidade', extensão (linear, superficial e volumétrica), 'massa', 'tempo', 'energia' etc. Hoje, a 'massa' figura na lista das últimas 'formas' que a energia pode tomar.

3.2 - Entes orientados no Espaço. Afinores

No espaço linear de n dimensões, \mathbb{R}^n , podem imaginar-se 'objectos ideais', os <afinores> e podem servir de figurino, os vectores e tensores cuja representação é: se grandezas extensivas, $e^i, e^{ij}, e^{ijk}, e^{ij..p}$, onde $i, j, .. p \in [1..n]$; e se grandezas intensivas, $f_u, f_{uv}, f_{uvw}, f_{uv..y}$, onde $v, w, .. y \in [1..n]$.

3.3 - Transvecção

A transvecção de uma grandeza extensiva pela sua conjugada intensiva é um escalar, como em $U = f_{a..g} \cdot e^{a..g} = \sum (f_{a..g} \cdot e^{a..g})$ onde o somatório se estende a todos os índices.

O produto de dois escalares conjugados é também um escalar.

3.4 - Exemplos de Pares Conjugados

Energia-afinor (força, deslocamento), (tensão superficial, superfície), (pressão, volume);

Energia-escalar (temperatura, entropia), (potência, tempo), (fugacidade, número de moles);

Massa-afinor (massa-específica, volume), (massa/metro, metro);

P.N.B-escalar (PNB per Cap. / Número de Cap.);

Valor-escalar (Preços, Quantidade).

3.5 - Escalares e Multi-Processos

A soma de escalares da mesma grandeza, extensivos, é também extensiva. Se o escalar de referência for a energia interna U e o processo complexo envolve várias formas, química, mecânica, térmica, então: $dU = T.dS + P.dV + \sum (F_j \cdot dM^j)$ onde as variáveis intensivas são: Temperatura, $T = \partial U / \partial S$, Pressão, $P = \partial U / \partial V$, Fugacidade da espécie j , $F_j = \partial U / \partial M^j$; e as extensivas correspondentes são: S (entropia), V (Volume) e M^j (Número de moles da espécie j)

4 - LINGUAGENS

4.1 - Exemplos

Troca de 'objectos' e 'substâncias', (pedras, odores, fluidos, etc.) Tacteamto, (agressões, carícias, usando silós, antenas e mãos) Gestuária, Dança, Vibrações e Radiações, (som, luz).

4.2 – Modo de Comunicação e Convenções

Os <entes>, *biotas e artefactos*, para comunicar, têm de acordar num conjunto de convenções, as quais tomam a forma de regras, protocolos, objectos, sons, odores, gestos, símbolos, actos, etc. .

As convenções têm as seguintes características:

- a) <significado preciso>;
- b) <interpretação uniforme>;
- c) <conhecimento generalizado> no agregado.

4.3 – Convenções

Se num agregado se utiliza um <conjunto de convenções> que permite a *comunicação* entre os seus membros, então ele dispõe de uma <linguagem>.

Notar que a utilização duma linguagem num agregado não significa que os seus <membros> o façam com a *consciência* de que se trata duma linguagem, mas os <procedimentos> empregados para comunicar, conscientemente ou não, *configuram uma linguagem*.

4.4 – Frases Holónicas e Conjuntos Universais

Toda a linguagem dispõe de um tipo de frases, as *holónicas*, simples ou elementares, *frsH*, que são *indecomponíveis* no contexto da linguagem.

Por princípio, as frases-holónicas, *frsH*, devem satisfazer às condições referidas em 3.1.

O conjunto universal de frases holónicas da linguagem tem um cardinal finito.

4.5 – Grau de Desenvolvimento duma Linguagem

Cada <ente> do agregado dá um desenvolvimento diferente à linguagem, à medida que evolui, o qual é apreciado pelo *grau de desenvolvimento*, *GV*.

$GV(Xt)$ é o grau de desenvolvimento dado pelo <ente-X> no estágio (t). $UH-L-Xt$ é o conjunto de frases *frsH* correspondente a $GV(Xt)$.

4.6 – Agregação e Desagregação

As frases *frsH* podem *agregar-se* e formarem frases-compostas, *frsC* e inversamente as frases *frsC* podem *desagregar-se* nas frases *frsH* constituintes. Supõem-se que os procedimentos de agregação e desagregação *não alteram o conteúdo informativo* das frases transformadas. É *pressuposto* que todas as frases compostas podem ser convertidas em frases holónicas.

4.7 – Grau de Verdade

Os <entes> ou os seus <agregados> conferem às frases uma *credibilidade graduada* e nem sempre optam por atribuir um valor dicotómico: verdadeiro ou falso. A cada frase holónica, *frsH*, associa-se um grau de verdade, *GV*, que

mensura a confiança, credibilidade, confiança da frase *frsH* atribuída pela <entidade-avaliadora-A> encarregada desta operação.

- * *GV* é uma função que depende da <entidade avaliadora>
- * $GV(\text{frsH}_A)$ é o *grau de verdade* da frase *frsH* atribuído pela <entidade avaliadora-A> .

4.8 – Real e Imagem formal

Entes Ideais (ver *Q01*)

O <real> é complexo, varia no tempo e no espaço; não existem dois <reais> iguais. Mas podem imaginar-se <entes ideais> que satisfazem a regras e possuem <formas> com propriedades invariantes e são agrupáveis em classes.

Linguagens 'formais'

Foram criadas para descrever e operar com <entes ideais> e dispõem de estruturas perfeitas, da capacidade de deduzir, induzir, etc.

São utilizadores e ou construtores de linguagens formais: os 'Interpretadores-Tradutores', *IT*, (físico, biólogo, médico, engenheiro, etc.); os 'Formalistas', *FO*, (matemático, géometra, topólogo, etc.); os *IT+FO* escolhem linguagem formal e com ela descrevem o ente ou problema. *IT* colhe dados, traduz, deduz e interpreta as conclusões.

Cadeias de Tradutores de Linguagens

do *UN*iverso \Rightarrow *IN*strumental \Rightarrow *SEM*ântico \Rightarrow *FORM*al \Rightarrow *COM*putacional

Versores : $Uni \Rightarrow Ins$ $Ins \Rightarrow Sem$ $Sem \Rightarrow Form$ $Form \Rightarrow Comp$
Retro-Versores: $Uni \Leftarrow Ins$ $Ins \Leftarrow Sem$ $Sem \Leftarrow Form$ $Form \Leftarrow Comp$

5 – ACÇÃO-REACÇÃO, COGNIÇÃO E DECISÃO

5.1 – Observação

A informação exterior, *Ie*, dá entrada no órgão sensorial do biota e dá origem à Imagem Sensorial, *Is(Ie)* depois de várias filtrações e afeiçoamento da informação.

5.2 – Operação Cognição, *Ic(Is)*

A Imagem sensorial + informação memorizada produz a <imagem cognitiva >, que é ou não reconhecida.

5.3 – Operação Decisão *D(Ic)*

Espontaneamente ou provocado, o biota decide responder: <busca> comportamentos de resposta e prepara <soluções> $\{S_1, S_2, \dots, S_g\}$; <escolhe> uma solução, *Sk*; <desenha> a resposta, *D(Sk)*, a partir de *Sk*.

5.4 – Conversão da Decisão em Ordens

Ordenação Central, O(D), transforma o 'desenho', D(Sk), em <ordens> específicas e envia estas aos órgãos executivos.

5.5 – Conversão de Ordens em Actos

Os 'órgãos executivos ou activos' dão realidade externa às ordens específicas e executam os actos de saída ou reacção, Is(O). Esta saída, Is, pode entender-se como a resposta ou 'reacção' à acção' de 'entrada', Ie.

5.6 – Comentário

Do exterior pode observar-se a 'acção entrada', Ie, e a 'reacção saída', Is. Só muito recentemente tem sido identificada a 'topologia' do estado neuronal do cérebro.

5.7 – Objectivo Final

Pretende-se garantir que versões e retroversões, entre o universo das linguagens e o do mundo real, sejam executadas, sem corrupção da <informação> .

6 – ESTRUTURAS DE LINGUAGENS

6.1 – Frases Compostas e Simples

As frases simples (elementares, holónicas) são, por definição, indivisíveis no contexto da linguagem. As frases compostas são decomponíveis em frases simples, donde resulta o conjunto associado de frases simples.

6.2 – Estrutura Referencial, LR

UL *Conjunto universal de frases da linguagem.*

UH *Conjunto universal de frase holónicas (indivisíveis, elementares).*

LS *Uma ou várias linguagens interpretativas para comunicar com LR.*

RC *Regras que permitem operações tais como deduzir e induzir.*

RF *Funcionais de mérito dos processadores linguísticos e da linguagem.*

6.3 – Novos Operadores e Funcionais

São necessários à apresentação da <teoria de informação>: {S>C} (agregar) e {C>S} (desagregar). A função S>C é do foro do idioma e a sua execução pertence ao artista que a compõe. A função C>S é do foro do gramático ou analista que deverá cuidar do conteúdo informativo.

Formas Ideais

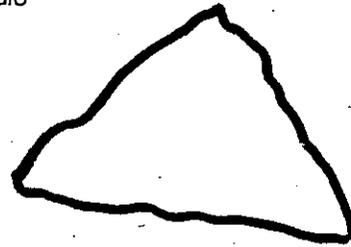
Q01

Objecto

Real

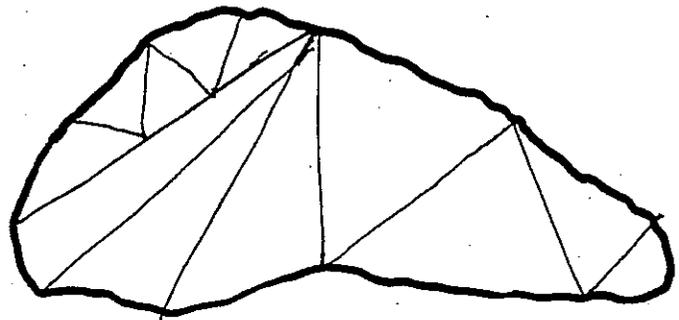
Ideal

Triângulo

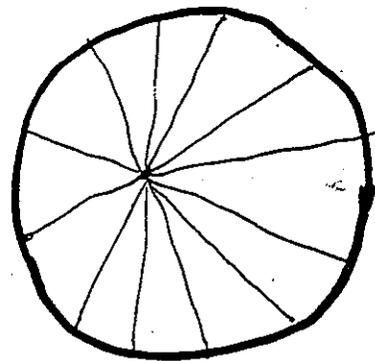


(euclídeano)

Campo Egípcio



Círculo



GM, Grau de Membro. As Linguagens reais são graduadas e não dicotómicas, e.g. : física, psicologia, moral, estética.
GV, Grau de Verdade. É uma medida da confiança conferida por alguém a uma dada frase.

GD, Grau de Desenvolvimento. Os conjuntos universais das linguagens são muito extensos, nenhum membro ou agregado conhece e ou usa todas as frases disponíveis. GD mensura a parte de UH utilizada .

Resumo: A linguagem é um modo de descrever, conservar, receber ou enviar informação e os "suportes" das linguagens têm sido constantemente melhorados, com menos massa e energia por unidade de informação.

EXTERIOR

Informação ENTRADA, Ie

Linguagem externa, Le

Órgão de OBSERVAÇÃO

Imagem Sensorial, Is(Ie)

Linguagem Sensorial, Ls

Operação COGNIÇÃO

Imagem cognitiva, Ic(Is)

Linguagem (C?)

Operação DECISÃO

Busca soluções (S1, S2, ..., Sg)

Escolha da solução, SK

Desenha a resposta, D(SK)

Linguagem (D?)

Operação ORDENAÇÃO

Do Desenho a Ordens, O(D)

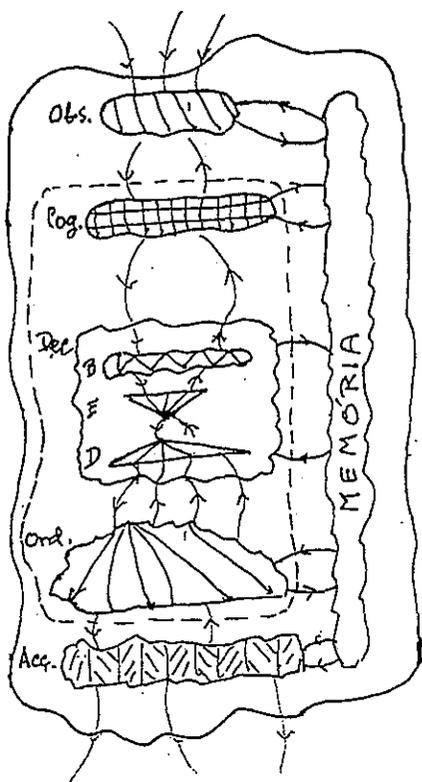
Linguagem (O?)

Órgãos de ACÇÃO

Execução, Is(O)

Linguagem externa, Ls

EXTERIOR



6.4 - Exemplos

a) Linguagem resume-se a um Repositório

Repositório com 3 símbolos : $\leftarrow \uparrow \Rightarrow$ 'vire à esquerda', 'siga em frente', 'vire à direita'.

b) Linguagem dotada de Regras de Composição

O repositório contém inicialmente 3 símbolos : $\leftarrow \uparrow \Rightarrow$ mas a linguagem vem dotada de 'regras' de 'composição' de 'frases compostas', e.g.: $\leftarrow \uparrow \uparrow \Rightarrow \leftarrow \Rightarrow \leftarrow \uparrow \Rightarrow$

Mas há regras para evitar frases como, e.g.: $\Rightarrow \leftarrow \Rightarrow \uparrow \uparrow \leftarrow$

c) Linguagem dotada de Regras que incluem a Rotação

O repositório contém inicialmente um símbolo, \uparrow , mas a linguagem vem dotada do operador de rotação, donde pode gerar: \leftarrow e \Rightarrow e assim construir todas as composições anteriores.

d) Linguagens Dedutivas

Um repositório com as frases premissais e as regras que permitem construir todas as restantes frases da linguagem. Casos b) e c).

e) Linguagens Indutivas

Exemplo 1 Facto "Numa turma 3 alunos têm gripe"; Declaração "Quase toda a turma está com gripe".

Exemplo 2 Facto "F é uma função bem ajustada no intervalo Ja, com $Ja \subseteq Jb$ "; Declaração "F é uma função bem ajustada no intervalo Jb".

Exemplo 3 Facto "3000 ensaios dum medicamento foram bem sucedidos"; Declaração "O medicamento é comercializável".

6.5 - Exemplos de Frases Holónicas e Compostas

No contexto duma linguagem, as frases <holónicas> ou <simples> são indecomponíveis, (elementares, atómicas). Toda e qualquer frase composta é <desagregável> em frases holónicas, formando o conjunto de frases holónicas associado à frase composta.

O conteúdo informativo da frase <composta> é transferido, sem corrupções, para o conjunto associado.

Frase Composta :

"O homem gordo e baixo transportou as caixas verdes e grandes para a casa nova"

As frases holónicas correspondentes são :

"homem é gordo", "homem é baixo", "homem transportou caixas".

"caixas são verdes", "caixas são grandes", "a casa foi destino do transporte", "a casa é nova".

6.6 - Exemplos de Linguagens Instrumentais

Um termómetro comunica informações posicionando a coluna de mercúrio numa escala graduada com 40 traços de 1/2 graus.

A linguagem do termómetro (T234) reduz-se a 40 frases da forma típica seguinte:

"Traço 12 equivale a 24.0 graus Celsius"

Autor da declaração: T234

Poder-se-ia projectar num écran ou falar ou ainda enviado para um repositório de frases instrumentais.

6.7 - Reticulados

Duplo Reticulado de Zadeh

- O conjunto universal é o intervalo fechado [-1,1] dos reais.
- As conectivas são as operações: (Max, Min),
- Está munido duma relação de ordem estrita (>),
- Operador unário, a involução da ordem (i).
- Acrescentou-se o produto de reais, (x), que também é uma operação fechada no conjunto.

A interpretação corrente dada ao intervalo [-1,1] é a seguinte:

- 1 = absolutamente Falso, autor está absolutamente certo da Falsidade.
- 0.5 = algo falso, parece falso ao autor.
- 0 = o autor da frase não sabe, não viu, não tem opinião.
- +0.5 = algo verdade, parece verdade ao autor.
- +1 = absolutamente Verdade, o autor está absolutamente certo da Verdade.

7 - CONTEÚDO INFORMATIVO V/ QUANTIDADE DE INFORMAÇÃO

7.1 - Exemplo de Referência

<< Duma mesma edição fizeram-se 3 colecções com: 1, 10 e 100 livros >>.

7.2 - Quantidade de Informação (QI)

A *quantidade de informação*, QI, dum colecção é proporcional ao número de exemplares que contém, i.e., QI configura uma *propriedade extensiva* e é representável por uma *função-medida*, tal como o são: número de livros, peso, volume, custo, etc. .

7.3 - Conteúdo Informativo (CI)

Porém, um leitor não adquire mais *conhecimentos ou informação*, pelo facto de dispor de mais de 1 exemplar da edição. Com efeito, são *iguais* os (CI) quer de qualquer exemplar quer de qualquer colecção, nomeadamente as colecções com 1, 10 ou 100 exemplares da mesma edição, i.e., (CI) não varia com o *número* de exemplares.

7.4 - Espécie

Uma edição pode entender-se como uma *espécie* e cada exemplar é um *specimen da espécie*, e o *conteúdo informativo (CI)* configura uma *propriedade específica ou intensiva da espécie* que *todos os membros da espécie* possuem no *grau* definido pelos *caracterizantes*.

7.5 - QI e CI ao nível da frase holónica

Convém estender os conceitos de *QI* e *CI* a qualquer frase de qualquer linguagem . A extensão implica:

- Desagregar todas as frases compostas,
- Formar os conjuntos associados de frases holónicas,
- Listar todas as ocorrências dum dada frase holónica, $frsH_j$ e
- Formar a lista da «espécie-Hj».
- Realizar as operação c) e d) para todas as frases holónicas que ocorreram,
- Definir QI e CI ao nível dos «specimens» (frases holónicas) e
- Calcular QI e CI ao nível da «espécie» (listas de frases holónicas).

8 - TEORIA DA INFORMAÇÃO

8.1 - Simbologia:

frsH Frase Holónica (simples).
UH Conjunto Universal das frases holónicas, frsH, da linguagem. É finito ou numerável.

UHj Elemento de UH ou Espécie-Hj. j é índice da espécie.
#UH Cardinal de UH.
Re Repositório do <ente-e> . Registo das entradas das frases holónicas, frsH .
Je (de) Grau de desenvolvimento da linguagem do <ente-e>.
Rde Repositório do <ente-e> quando este desenvolveu a linguagem até ao grau d (ou ϑ).
deHjk Frase da espécie-Hj que recebeu o número de entrada k no repositório, Rde.
deHj Conjunto de todas as frases, deHjk, da espécie-Hj registadas em. Rde.
#deHj Cardinal de deHj. Número de especímenes da espécie-Hj. representados em Rde.
deH Conjunto de todas as espécie-Hj representadas em Rde, ou seja, $\#deH_j > 0$.
#deH Cardinal de deH, o número de espécies-Hj representadas em Rde.
Vdej k Grau de verdade, GV, atribuído a eHjk, i.e., $vdej_k = GV(eHjk)$.
Ij p Conteúdo informativo 'referencial' da espécie-Hj. Varia com o <tipo> da espécie.

8.2 - Definições

- Def.1 Grau do 'desenvolvimento' da linguagem do <ente-e> é uma função monótona crescente com $\#deH_j / \#UH$ e $\#deH / \#UH$, e varia entre 0 e 1.
- Def.2 Grau de 'verdade' da frase deHjk é atribuído por um <ente-avaliador>, que pode ser o <ente-e>, e varia entre -1 e 1. Os números negativos significam 'não verdade' .
- Def.3 Conteúdo Informativo da frase holónica, deHjk, em Rde: $vdeI_{jk} = I_j^p \cdot vdej_k$.
- Def.4 Conteúdo Informativo da espécie-deHj em Rde: $vdeI_j = \text{majorante} \{vdeI_{jk} : \forall vdeI_{jk}\}$.
- Def.5 Quantidade de informação em Rde da espécie-deHj: $vdeE_j = F(vdeI_j, \#deH_j)$, onde F é uma função linear homogénea e $vdeE_j$ é uma função monótona não decrescente.
- Def.6 Quantidade de Informação do repositório Rde é: $vdeE = \sum vdeE_j$ e $vdeE$ é uma função linear homogénea, monótona e não decrescente.

8.3 - Propriedades

A quantidade de informação é uma função discreta

De todas as vezes que dá entrada no repositório uma nova frase o valor de E é aumentado de uma quantidade finita e calculando as variações de E em função das variações dos conteúdos de informação das espécies e do número de elementos de cada espécie. $vdeE = \sum vdeE_j$, j que será escrito suprimindo (vde) que é comum a todas as fórmulas. $E = \sum (E_j)$, " j . onde $E_j = F(I_j, \#H_j)$, por exemplo $E_j = k \cdot I_j \cdot \#H_j$, onde k é uma constante.

Varição da Quantidade de Informação da Espécie

$var(E_j) = var(k \cdot I_j \cdot \#H_j) = k \cdot var(I_j \cdot \#H_j)$, que para pequenas variações do número de frases- j , $\#H_j$ e com um grau de desenvolvimento do repositório já razoável poderá considerar-se $var(I_j)$ como desprezável e daí I_j invariante, podendo escrever-se: $var(E_j) = k \cdot I_j \cdot var(\#H_j)$.

Varição da Quantidade de Informação do Repositório

$var(E) = \sum var(E_j) = k \cdot \sum (I_j \cdot var(\#H_j))$. Os I_j são constantes por hipótese e apenas os $\#H_j$ variam. A variável E descreve-se como uma função-medida dos $\#H_j$ que também são funções-medida. Os I_j também podem ser definidos como $I_j = var(E) / var(\#H_j)$, i.e., uma relação de duas funções-medida e portanto é uma função intensiva (função linear homogênea de grau zero).

Homogeneidade

Um conjunto de sistemas diz-se no estado homogêneo se qualquer propriedade intensiva tiver o mesmo valor em qualquer dos sistemas.

Seja $S = \{Su: u \in [1..w]\}$ o conjunto de sistemas, P_{uj} e Q_{uj} respectivamente a propriedade intensiva e extensiva do sistema S_k e $k \in [1..w]$, então será $P_{mj} = P_{nj}$ para " $m, n \in [1..w]$ ".

Finalmente, note-se que o par conjugado $(I_j, \#H_j)$, i.e., (intensiva, extensiva) tem correspondência com pares idênticos no domínio do conhecimento, por exemplo: (Pressão, Volume) (Temperatura, Entropia), (Potência, Tempo), (Densidade, Volume), (Rendimento per Capita, Num. de Capitas), etc. etc..

Dualidade

Sejam X_0, X_1, \dots, X_g , variáveis extensivas reais e forme-se o espaço-produto, $gX = X_1x, \dots, xX_g$;

Seja $P_k = \partial X_0 / \partial X_k$ a variável intensiva associada a X_k e forme-se o espaço-produto $gP = P_1xP_2 \dots xP_g$; então os espaços produtos, gX e gP são <duais> e X_0 representa a variável <pivot>.

8.4 - Notas

Nota 1 Como os repositórios são preenchidos progressivamente sucede que:

As frases holónicas presentes no repositório aumentam;

O conteúdo informativo e a quantidade de informação de cada espécie holónica e o número de espécies crescem todos com o tempo;

Estes crescimentos são rápidos quando o repositório é "jovem", mas lentos à medida que "envelhece" o <ente>, terminando por estacionar.

Nota 2 No repositório registam-se as entradas das frases- H_{jk} , conjuntamente com a informação associada seguinte: número de registo, grau de verdade atribuída à frase e ainda o seu autor, data etc.. E.g.: $\{H_{jk}, j, k, I_j^p, v_{jk}$. O grau de verdade é avaliado pelo <ente-e> mas, por vezes, por um árbitro.

Nota 3 O conteúdo informativo é essencialmente uma mensura intensiva (específica) «e portanto não varia com a quantidade de membros da espécie mas apenas com as suas características. A mesma frase dá entrada no repositório mais de uma vez mas declarada em outras circunstâncias e por diversos autores e daí com graus de credibilidade diferentes.

Nota 4 A frase, como espécie, deverá ter um conteúdo informativo igual ao maior de todos os conteúdos informativos.

Nota 5 A quantidade de informação duma espécie de frases é uma função de natureza extensiva e será a soma dos produtos do conteúdo informativo e do número de frases dessa espécie e assim terá a natureza extensiva, aditiva e configura uma função medida.

Nota 6 A quantidade de informação do repositório será a soma das quantidades de informação das espécies e assim poderá também ser descrita como uma função-medida.

9 - RESUMO E CONCLUSÃO

9.1 - Conhecimento do Universo

- Um <ente> ou <agregado> conhece uma <parte> do <conjunto universal da informação>. A <imagem conceptual> que um <ente> tem do Universo é tributária das 'imagens instrumentais' fornecidas pelos instrumentos, naturais e ou artificiais, de que dispõe.
- As linguagens destinam-se a descrever <informação>, conceptual e factual, tomando essa informação acessível a todos que dominem essa linguagem. A cada 'linguagem', natural ou artificial, corresponde uma <parte> do <conjunto universal da informação> - aquela <parte> que pode ser <descrita> (traduzida) nessa linguagem. A qualidade dessa <tradução> está sujeita à qualidade <instrumental> e do modo como é interpretado.
- Pressupõe-se que a reunião de todas as linguagens disponíveis a um dado <ente> ou <agregado> constitui uma <cobertura> do conjunto informacional desse <ente> ou <agregado>. É também toda a informação que pode ser posta em comum.
- A <conservação>, as <traduções> e as <interpretações> da informação são os temas de maior interesse para o aspecto <informacional> duma linguagem.

9.2 - Linguagem

- As linguagens, quando artefactos, são imaginadas e construídas visando certos objectivos, e.g.: serem inteligíveis a muitos ou apenas a alguns, serem univocamente interpretadas ou ambíguas, complexas ou simples, etc..
- As frase <simples ou holónicas> são atómicas, elementares, indivisíveis e têm uma interpretação semântica unívoca.
- Toda a linguagem dispõe de um conjunto finito de frases <simples>, o conjunto universal de frases holónicas, UH.
- As frases <compostas> são, em geral, idiomáticas, muito embora se procure que retenham a informação contida nas frases <simples> de que são formadas.
- Pressupõe-se que toda a frase <composta> é desagregável nas frases <holónicas> componentes.
- Grau de desenvolvimento, GD, os <entes> ou <agregados> usam apenas uma <parte> da linguagem, e as frases holónicas dos seus repositórios formam um sub-conjunto de UH.
- Grau de verdade, GV, tem por finalidade avaliar o nível de veracidade e segurança da informação contida numa frase holónica.

9.3 - Grandezas

- Há dois tipos de grandezas que interessa apresentar: <Extensivas>, E, que são funções de conjunto aditivas e podem ser descritas por funções-medida; e <Intensivas>, I, são definidas como a relação de duas variáveis extensivas, não são aditivas e são independentes da dimensão da amostra colhida, dizem-se <específicas>.
- Seja X uma função extensiva de g variáveis Qj também extensivas e onde $j \in [1..g]$, sendo g um inteiro finito e positivo. Definam-se as variáveis $P_j = \text{var}(X) / \text{var}(Q_j)$. Então os Pj são variáveis <intensíveis> e, se X for derivável, será $P_j = \partial X / \partial Q_j$.
- Reparar que se pode escrever: $dX = \sum (P_j \cdot \partial X_j)$, em $j \in [1..g]$. Há muitos pares (Pj, Qj), e.g.: (Pressão, Volume) (Temperatura, Entropia), (Potência, Tempo), (Densidade, Volume), (Preço Unitário, Número de Unidades) (Rendimento por família, Número de famílias), etc.

9.4 - Sistemas Homogéneos

- Um conjunto de sistemas diz-se no estado <homogéneo> se qualquer propriedade intensiva tiver o mesmo valor em qualquer dos sistemas.
- Seja $S = \{Su: u \in [1..w]\}$ o conjunto de sistemas, Puj e Quj respectivamente a propriedade intensiva e extensiva do sistema Sk e $k \in [1..w]$, então será $P_{mj} = P_{nj}$ para $\forall m, n \in [1..w]$.

9.5 - Linguagens e Grandezas

Para aplicar os conceitos de grandezas a linguagens há que estabelecer as seguintes correspondências:

- $X \Leftrightarrow E$ quantidade de informação existente num repositório dum biota, frase, livro ou biblioteca, etc.;
- $P_j \Leftrightarrow I_j$ conteúdo informativo da espécie-Hj de frases-Hj;
- $Q_j \Leftrightarrow K_j$ número de elementos da referida espécie-Hj;
- $(P_j, Q_j) \Leftrightarrow (I_j, K_j)$, onde j é o índice da espécie-Hj de frases holónicas. Constituem um par de variáveis conjugadas (Intensiva, Extensiva).

9.6 - Teoria da Informação

- 9.6.1 - O ente <e> desenvolveu a sua linguagem até ao grau <d> e emitiu uma frase holónica Hjk da espécie de frases Hj que mereceu um grau de verdade <v> e entra no repositório como o número de <k>.
- 9.6.2 - O conteúdo informativo da frase será $I_{jk} = I_j^v \cdot v$, onde I_j^v é o conteúdo informativo assignado ao tipo de frase a que a frase Hjk pertence e é invariante nesta linguagem.
- 9.6.3 - O conteúdo informativo Ij da espécie-Hj, quando o grau de desenvolvimento da linguagem é <d>, é dado pelo majorante dos Ijk registados no repositório quando o desenvolvimento da linguagem é <v>. i.e., $I_j = \text{majorante}(I_{jk})$.
- 9.6.4 - A quantidade de informação da espécie-Hj é $E_j = F(I_j) \cdot Q_j$, onde F é uma função real positiva monotonicamente crescente com Ijk, e Qj o número de frases da espécie-Hj, no repositório, e.g.: $E_j = k \cdot F(I_j) \cdot Q_j$, onde k é uma constante real positiva,
- 9.6.5 - A quantidade de informação dum <repositório> é a soma das quantidades de informação das espécies-Hj existentes nesse repositório. $E = \sum (E_j)$, j, onde E_j é a quantidade de informação da espécie-Hj.
- 9.6.6 - As variações do número de frases-j no repositório vão repercutir-se nas quantidades de informação das espécies. $\text{var}(E_j) = k \cdot \text{var}(I_j \cdot Q_j) = k \cdot [\text{var}(I_j) \cdot Q_j + I_j \cdot \text{var}(Q_j)]$, var = variação.
- 9.6.7 - Para pequenas variações do número de frases-j e estando o repositório já suficientemente desenvolvido, poderá desprezar-se var(Ij), i.e., considerar Ij invariante, donde a hipótese usual: $\text{var}(E_j) = k \cdot I_j \cdot \text{var}(Q_j)$.
- 9.6.8 - A variação da quantidade de informação, var(E), configura uma função-medida e é uma grandeza extensiva. (função linear homogénea de grau 1). $\text{var}(E) = \sum k \cdot I_j \cdot \text{var}(Q_j)$, "j, estendida a todas as espécies.
- 9.6.9 - O conteúdo informativo, Ij é uma grandeza intensiva, com efeito, $I_j = (1/k) \cdot [\text{var}(E) / \text{var}(Q_j)]$, i.e., Ij é uma relação de duas funções-medida e portanto é intensiva (função linear homogénea de grau zero).

9.7 – Da Entropia, S

- a) A teoria exposta não impede nem rejeita a funcional entropia, S.
- b) A funcional S é uma figura de mérito que *reage* à homogeneidade dum agregado ou sistema, mas não deve esquecer-se que há muitas outras funcionais que também *reagem* à homogeneidade de agregados.
- c) A principal vantagem de S é poder configurar uma função-medida, quando o sistema está no estado estável.
- d) Em termodinâmica, pode escrever-se: $dQ = T.dS$, onde dQ e dS são extensivas (medidas) e T é a mensura intensiva associada.

9.8 – Da Homogeneidade

Um conjunto de sistemas diz-se no estado homogéneo se qualquer propriedade intensiva tiver o mesmo valor em qualquer dos sistemas.

9.9 – Dualidade

Os espaços das propriedades extensivas e intensivas são duais.

NOTA À BIBLIOGRAFIA

É muito elevado número de campos de conhecimento envolvidos na preposição de uma teoria da informação que ultrapasse a simples adopção de uma figura de mérito para mensurar a corrupção da informação contida numa mensagem.

Os especialistas em linguagens têm dado muita atenção e esforço à <criação> de linguagens artificiais com a universalidade suficiente para ser possível verter e retroverter nelas as frases das 'línguas vivas'. O esforço já não tem sido grande no domínio da avaliação, nas operações de tradução, do 'conteúdo informativo' ou da 'quantidade de Informação' e se estes foram alterados.

Para os problemas da 'comunicação' foi adoptada, com sucesso, a <entropia> para mensurar o grau de corrupção dum mensagem. Aliás esta funcional já era usada em <termodinâmica irreversível> para avaliar o calor produzido numa transformação e assim determinar a respectiva irreversibilidade.

Num 'agregado', para que o 'conhecimento' (a 'informação') possa ser <comunicado> e ou <divulgada> será necessário que : a) exista pelo menos uma 'linguagem', b) todos os membros do 'agregado' estejam 'iniciados' nessa linguagem, c) os membros do agregado tenham conceitos, cognições e interpretações próximos.

Sendo as linguagens a forma de conservar e transportar <informação> passou a ser importante que seja criada uma <teoria da informação> que seja aplicável a qualquer 'lin-

guagem'. Porém há muito pouco trabalho feito neste domínio e com este propósito, daí que a bibliografia seja apresentada dum forma não tradicional.

A) Bibliografia do autor

A1) Modelação

Termostática e Programação Linear – Seminário de Física, IST, Nov.1963.

Axiomática da Termostática – Conf. Nac. Física, Fev.1978. Física 1978.

Entropia e Distribuições Conjugadas a/c Prof. Dr. B. Murteira – Estudos de Economia Vol:3 N.:2, Jan./Mar. 1982.

A2) Não Linearidade

Optimização de Funcionais não Lineares em Domínios não Convexos e Desconectados, c/c L.Mateus dos Reis – Cong. Nacional Investigação Operacional da APDIO, 22/24 Março 1982.

Programação não Linear, ISCEF, 1965/1966.

Mooring – NATO Advanced Study Institute, Analytical Treatment of Problems of Berthing and Mooring of Ships, July 1965.

Modelação Atómica de Agregados e seus Comportamentos – Trabalho 4, 11/12 1986, CEMAFRE.

The Non-linear Problem - Técnica 358,1966, ver *Mooring*.

A3) Proximidade (Conjuntos Vagos)

Introdução aos Conjuntos Vagos, Técnica 1976 e 1977.

Conceito de Proximidade em Mecânica, Sistemas Articulados, Termodinâmica – 1º Congresso Nacional de Mecânica Teórica e Aplicada, Dez. 1974.

Proximity – 1º Congresso H.B.D.S., Junho 1979.

An Axiomatic on Proximities – 3º Colóquio de Estatística e Investigação Operacional Lagos, 1984.

Reconhecimento e Aplicação de Conjuntos Vagos e Proximidades – “Encontros sobre métodos quantitativos e Aplicações a Variáveis Regionalizadas”. Publ. do INIC 1983.

A3) Outros Temas

Formas de Amostragem Reduzidas, sem grande perda de informação, c/c Walter Marques – Anais do ISEF 1966.

Sistemas Equivalentes – Tema 8/4, Congresso de Engenharia 1977.

Possibilidade versus Probabilidade – Actas do 2º Colóquio de Estatística e Investigação Operacional. Fundão 1981.

Taxonomias e Estruturas – Estudos Económicos V/3,5 e 6 1985.

Geometria Afim e Medida de Valor – 23/24 Nov.1988, CEMAFRE.

Funções Catastróficas – “FORMA”, Nov. 92.

A4) Linguagens

Ling_2, a System for Induction – Congresso de Inteligência Artificial, EPIA 89. Gulbenkian, 22/27 Set.1989, Invited Talk, tema de Abertura, Springer Ferlag, pg.: 333.

Fling – Revista da Univ. do Porto, 1991?

Indução – Fev. 93 “FORMA”.

Modelos – Centro de Ciências da Complexidade da Faculdade de Ciências, U. L. Abril 1996.

Sistemas Celulares – “FORMA” Mar. 93.

Agregados Societais – “FORMA” Mar. 93.

Medley, (Miscelânea) – “FORMA” Jan. 94.

Informação, Linguagens, Partições e Complexidade, 1997 – Conjunto de palestras no Centro de Ciências da Complexidade da Faculdade de Ciências, U.L..

Informação e Linguagem FLING, 1998 – 2 palestras na Faculdade de Letras de Lisboa.

(Nota – O “Grupo Forma” foi criado em 1992).

B) *Bibliografia geral* (são referidos apenas alguns básicos)

Tensor Analysis for Physicists – J.A.Schouten, 2^a edition, Oxford, Clarendon Press, 1954.

Thermodynamics – H.B.Callen, John Wiley & Sons Inc., 1960.

Non-Equilibrium Thermodynamics – S. R. De Groot, P. Mazur, Noth-Holland, Publishing Company 1962.

Mathematical Foundations of Quantum Mechanics, – John von Neumann, Translated from German edition by Robert T. Beyer, Princeton University Press, Princeton, New Jersey, 6^o edition, 1971 .

Introduction to Fractals and Chaos – Richard M. Crownover, Jones and Bartlett Publishers, Boston, 1995.

Artificial Neural Networks – Dan W. Patterson, Prentice Hall, 1996.