

Universidade de Taubaté

Hole-Hole Interaction in Diatomic Molecule

**Diodos P-I-N de Silício Amorfo Hidrogenado
Aplicados à Detecção de Radiação**

Étude du Fonctionnement de la Diode MIM

**Transformações de Lie Aplicadas a um Problema de
Movimento de um Satélite Artificial**

**Coupling of Finite-State Inflow to Elastic Restraint
Rigid Blade Equations for Helicopter**

**Modelagem e Controle de Posição de um
Manipulador Robótico Industrial**

**Vocal and Nasal Tract Models for
Articulatory Synthesizers**

Linguística Computacional e Conexionismo

**Vectorized Runge-Kutta Scheme for
the Diffusion Equation**

**Uma abordagem de Qualidade e Confiabilidade
para Software Crítico**

Revista Ciências Exatas - Universidade de Taubaté

Revista Semestral do Centro de Exatas da Universidade de Taubaté

Volume 2, Número 2, julho-dezembro de 1996

Editor Responsável: Pedro Paulo Leite do Prado

Comissão Editorial:

Antonio Marmo de Oliveira - Matemática e Física - UNITAU

Euvaldo Ferreira Cabral Jr. - USP

Geraldo Magela Pinheiro Gomes - IME

José Alberto Fernandes - Informática - UNITAU

Carlos de Moura Neto - Eng. Mecânica - UNITAU

Wilton Ney do Amaral Pereira - Eng. Elétrica - UNITAU

Comissão Técnica:

Editoração Eletrônica: Karina Pereira Reis

Capa: Expedito de Campos

Artes Gráficas: Gerluce Souto da Costa Schneider

Impressão: Gráfica UNITAU

Revisão de Português: Gilio Giacomozzi

Marlene Silva Sardinha Gurpilhares

Revisão de Inglês: Claudia Maria de O. Souza

UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ
Autarquia Municipal

Reitor

Prof. Nivaldo Zöllner

Vice-reitor

Prof. Celso Ferro

Pró-reitora de Graduação

Profª Maria José Milharezi Abud

Pró-reitora de Extensão

Profª Vanda Aparecida Várzea Cursino

Pró-reitora de Pesquisa e Pós-graduação

Profª Maria Júlia Ferreira Xavier Ribeiro

Pró-reitor de Economia e Finanças

Prof. Paulo Guaycurú San-Martin

Pró-reitor de Administração

Prof. Wanderley Antonio Angarano

Pró-reitor Estudantil

Prof. Antonio Marmo de Oliveira

ENDEREÇO PARA CORRESPONDÊNCIA

Universidade de Taubaté

Pró-reitoria de Pesquisa e Pós-graduação

Rua Visconde do Rio Branco, 210 - Centro

CEP 12020-040 - Taubaté-SP

Tel.: (012) 232 7555, ramal 217

Fax: (012) 232 2947

E-mail: editor@prppg.unitau.br

Revista Ciências Exatas - Universidade de Taubaté - Pró-reitoria de Pesquisa e Pós-graduação.v.2,n.2,II Semestre, Taubaté, SP: UNITAU, PRPPG, 1996.

Periodicidade: semestral

Tiragem oficial: 500 exemplares

1. Mecânica 2. Elétrica 3. Eletrônica 4. Informática 5. Computação 6. Matemática 7. Física 8. Telecomunicações

CDD
531
537.1
537.5
001.6
510
530
621.38

LINGÜÍSTICA COMPUTACIONAL E CONEXIONISMO: UMA APROXIMAÇÃO

Carlos Alberto de Oliveira

Departamento de Informática

UNITAU, caverna@prppg.unitau.br

Francisco de Assis Tavares Ferreira da Silva

Laboratório de Computação e Matemática Aplicada

INPE, tavares@nucleo.inpe.br

RESUMO

Apresentam-se a abordagem simbólica do conhecimento e também alguns sistemas computacionais assim modelados para o tratamento da língua natural. Levanta-se a possibilidade do uso de abordagens outras, levando-se em conta o aspecto multidisciplinar que permeia a explicação do fenômeno lingüístico, sugerindo-se por fim e por isso o uso de uma abordagem híbrida simbólico-conexionista.

PALAVRAS-CHAVE: Inteligência Artificial, Interfaces, Lingüística Computacional, Linguagem Natural, Redes Neurais, Conexionismo.

ABSTRACT

In this work the symbolic approach to knowledge representation and some computational systems modelled on that way for natural language processing are presented. The possibility of using other approaches is also surveyed. For that the multidisciplinary aspect of the linguistic phenomenon is taken into account. Due to all these issues a hybrid symbolic-connectionist approach is suggested.

KEY WORDS: Artificial Intelligence, Interfaces, Computational Linguistics, Natural Language, Neural Networks, Connectionism.

1. INTRODUÇÃO

A Lingüística Computacional (Grishman, 1994) tem como objetivos a tradução automática, a recuperação automatizada de informações; o interfaceamento homem-máquina. A Inteligência Artificial (Rich e Knight, 1993), área da Ciência da Computação, tenta solucionar, dentre outros problemas pertinentes, a representação de conhecimento e a "compreensão" de linguagem natural (LN).

É nesse vértice que se situa o presente trabalho, individualizado pela aplicação a problemas e particularidades da Língua Portuguesa do Brasil¹ (LPB) e de seus usuários, no que tange a interação computacional.

Apresentam-se, pois, a seguir e sucintamente, alguns comentários sobre a representação simbólica de conhecimento, sua aplicação, alguns resultados lingüístico-computacionais mais significativos e uma "nova ótica" de abordagem que direciona a pesquisa para a multidisciplinaridade, ou seja, para uma modelagem híbrida do fenômeno lingüístico.

2. ALGUMAS PALAVRAS SOBRE REPRESENTAÇÃO DE CONHECIMENTO

Representar o conhecimento que se quer manipular é uma necessidade para a ciência como a conhecemos hoje. Em Oliveira (1990), aplicando-se a Lingüística, já se apresenta a necessidade de se discutir a engenharia de tais representações.

Assim, como na Fig. 1, o conhecimento em "*Bill disse a Mary que não iria ao cinema com ela*" pode e está representado, dentre várias outras maneiras de o ser:

- a) como em (), pela codificação da língua escrita;
- b) como em (), por uma codificação arbórea sintática chomskyana;
- c) como em (), por uma codificação psico-cognitiva (Schank e Abelson, 1977);
- d) com em (), pela codificação espectral da língua falada.

Em (), em () e em (), a representação se dá por meio de unidades discretas e estruturadas, refletindo ou não a estrutura frasal, ou seja, uma *representação simbólica*. Nesta, o conhecimento está concentrado em cada unidade

da representação e, na hipótese de alguma perda ou ausência, há um comprometimento da significação real do que se queria representar.

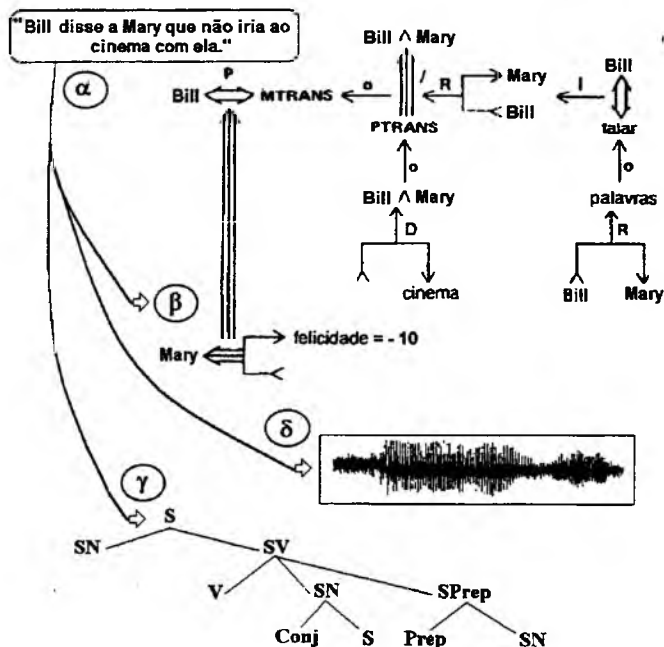


Fig 1 - Representações de Conhecimento

Em (δ), a representação espectral pode ser também submetida a um processo de transformação que a deixe reduzida a segmentos elementares, porém vamos considerá-la, neste momento, como a representação do todo. Logo, diferente das unidades discretas anteriormente comentadas.

Acrescente-se que tanto a Linguística Computacional quanto a Inteligência Artificial tratam os problemas relativos a LN maciçamente dentro de representações simbólicas de conhecimento.

3. O TRATAMENTO SIMBÓLICO DA LN

Sob a ótica da representação simbólica da LPB, a origem do sistema I.D.E.A.L. - Interface Dialógica Em língua natuRAL - fundamenta-se em que o fato semântico se constrói no momento da e na interação, pois "Já que cada enunciação pode ter uma multiplicidade de significações, visto que as intenções do falante, ao produzir um enunciado, podem ser as mais variadas, não teria sentido a pretensão de atribuir-lhes uma interpretação única e verdadeira" (Koch, 1984, p. 24).

Nesse contexto, a linguagem "(...) passa a ser encarada como um forma de ação, ação sobre o mundo dotada de intencionalidade, veiculadora de ideologia, caracterizando-se, portanto pela argumentatividade" (Koch, 1984, p.17); o texto passa a consistir "(...) em qualquer

passagem, falada ou escrita, que forma um todo significativo, independente de sua extensão" (Fávero e Koch, 1988, p. 25).

Levando também em conta os princípios comentados em Dijk e Kintsch(1983), reforçados mais tarde em Dijk(1992), projetou-se um sistema computacional que, fazendo com que o usuário "conversasse consigo mesmo", aprendesse com ele sua gramática particular da LPB, seus métodos inferenciais semânticos, seu Léxico, etc.

Logo, todo o conhecimento existente no momento da primeira interação seria um dicionário lexical vazio, alguns dicionários gramaticais, um conjunto mínimo sobre a sintaxe da LPB e algumas regras elementares de inferência pragmática. O resto seria preenchido pela dinâmica da e na interação.

Assim, "erros/lapsos" comuns e normais no diálogo cotidiano (concordância, regência, pronúncias, anacolutos, grafias, etc) poderiam ser considerados parte integrante do domínio de conhecimento vigente entre as partes.

3.1. O PROTÓTIPO DO SISTEMA

O protótipo (Oliveira, 1993a), cuja arquitetura pode-se ver na Fig. 2, é peça básica na consecução dos outros protótipos também descritos no corpo deste trabalho. O mesmo compõe-se de:

- um Quadro-Negro (QN) onde dados/informações são depositadas na representação de conhecimento de origem;
- Fontes de Conhecimento (FCs) específicas que retiram do QN apenas os dados/informações que reconhecem e sabem tratar, devolvendo-as transformadas ao mesmo depósito;
- dois módulos - compostos de FCs - que tratam da tradução

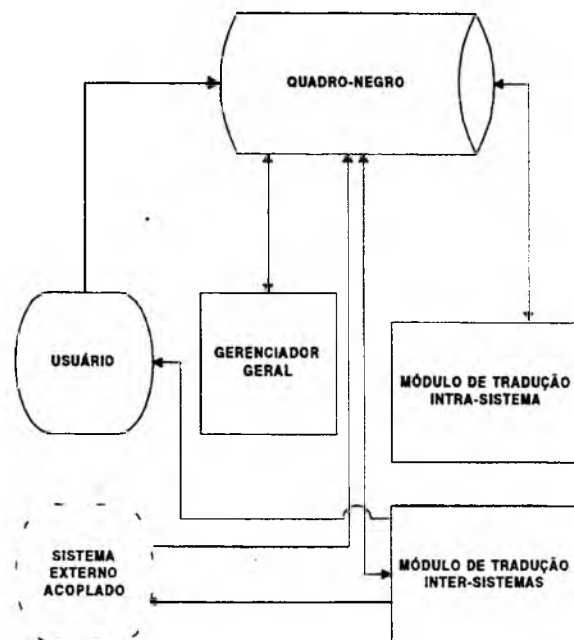


Fig. 2 - Arquitetura do sistema I.D.E.A.L.

dentro do sistema e da tradução entre o I.D.E.A.L. e os outros dois sistemas componentes do diálogo (o usuário é necessariamente um deles);

d) um Gerenciador Geral (GG) que cuida de uma agenda de tarefas que, conforme o desenvolvimento do processo de solução do problema no QN, é atualizada e/ou modificada. Na realidade, o GG é uma FC especial e particular.

A idéia básica do QN, conforme Fig. 2, é a de simular a cooperação entre "agentes cognitivos" - as FCs - para a solução de um problema comum. No caso presente, dada um frase em LN, cada FC intervém no QN, procurando dados/informações que reconheça como de seu domínio de ação².

Assim, cooperativamente, no QN vai se configurando a interpretação do fenômeno de entrada e sendo fornecidos novos dados para as próximas FCs a atuarem ou para os sistemas externos envolvidos, até a solução final do problema. Na Fig. 2, o usuário é um desses sistemas e, na Fig. 3, ele é um nível de dado. Isto porque ele fornece e recebe dados numa representação de conhecimento própria (língua materna) e essa representação só pode ser depositada e entendida nesse nível de dados QN.

O outro sistema acoplado tem sua própria linguagem e só reconhece ou transmite dados/informações nela: o *Módulo de Tradução Inter-Sistemas* se incumbe desse intercâmbio entre representações de conhecimento. Internamente, o *Módulo de Tradução Intra-Sistema* - composto pelas FCs - cuida para que cada uma delas transmita à outra dados/informações compreensíveis pelas mesmas.

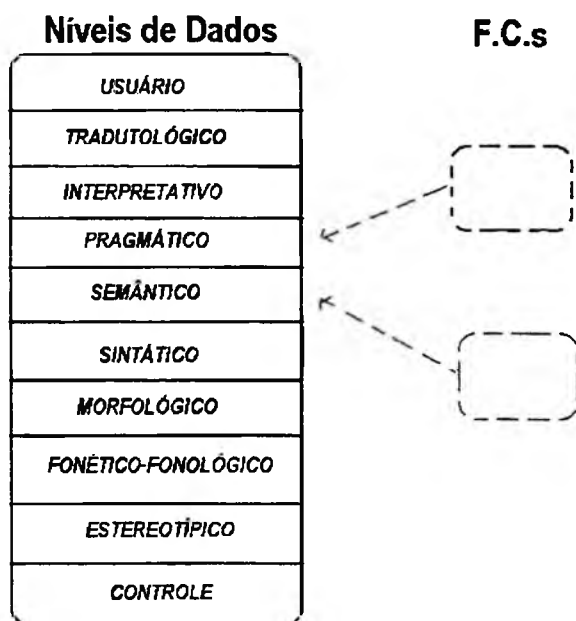


Fig. 3 - O QN e as FCs

Nota-se claramente que a solução QN, embora

também aponte para a área da computação paralela/distribuída, já é uma tentativa de modelagem cognitiva para a solução de problemas.

4. OUTROS RESULTADOS LINGÜÍSTICO-COMPUTACIONAIS

Baseado na abordagem I.D.E.A.L. da língua natural, outros sistemas foram sendo criados e testados para se conseguir uma massa crítica de conhecimento que permitisse otimizações em vários níveis de abstração.

4.1 UM SEGMENTADOR SILÁBICO PARA INTEGRAÇÃO INTERNÍVEIS DE ANÁLISE

O protótipo (Oliveira, 1993b), situado na área de tratamento de textos escritos, além do processo de segmentação em si mesmo, fornece informações específicas para os diversos níveis de análise lingüística, seguindo a mesma "filosofia" cooperativa do modelo QN.

Dessa forma, as palavras da Fig. 4, depois de segmentadas, podem, *grosso modo*:

- subsidiar a detecção de afixos, como em *amoralidade*;
- fornecer, como heurística, indícios de uma possível classificação morfossintática, a partir da posição do acento (dentro do lexema ou no gramema), como em *amoralidade* (nome), *secretária* (nome) e *secretaria* (verbo).

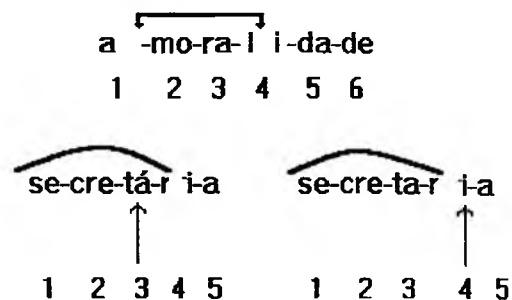


Fig. 4 - Troca de Informações interníveis

4.2 TRADUTORES DE REPRESENTAÇÃO DE CONHECIMENTO

Na área de elaboração de interfaces três protótipos se apresentam para tentar maximizar a interação homem-máquina. Cada uma delas traduz a representação frasal em LN para representações de conhecimento inteligíveis por outros sistemas, sem que o usuário perca tempo em se preocupar com isso, cuidando, este, apenas da transmissão de informações que sabe e que são necessárias ao

processamento desejado.

As duas primeiras interfaces, ainda sob o domínio da representação simbólica de conhecimento, traduzem de uma para outra do mesmo tipo. A terceira interface, na realidade abre caminho para se especular sobre outras maneiras de se abordar o fenômeno lingüístico, sem que seja, necessariamente, sob a ótica simbólica.

4.2.1. INTERFACE LN-COMANDOS COMPUTACIONAIS

Nesta interface para manipulação de imagens (Silva et al., 1992, 1993; Oliveira et al., 1993), usando-se frases de língua natural como única entrada, tenta-se abolir as dificuldades que comandos computacionais acrescentam ao processo, especialmente, na área de manipulação de imagens.

Um aspecto que foi considerado é o de que a maioria das interfaces existentes consideram o usuário um *expert* na área de conhecimento pertinente e nas idiossincrasias da própria interface, o que é não é necessariamente verdadeiro. Um outro motivo é que ao se dar como entrada uma seqüência longa de parâmetros refinados e bem específicos, o sistema ignora todo o esforço feito se qualquer um dos elementos estiver “errado”: não se considera o que estava “certo”, ou seja, a maioria da seqüência.

No caso específico da manipulação de imagens, a diferença brutal entre a capacidade visual do usuário e a da máquina faz com que o processamento seja quase “manual”, pois deve-se primeiro perceber um detalhe visual para depois solucioná-lo. Ou se, por exemplo, um objeto estiver “escondido” sob um outro e se a máquina puder detectá-lo, o usuário só saberá disso se, por um acaso, fizer o deslocamento do objeto “maior”.

Baseado nessa razões, a interface, vista na Fig. 5, compõe-se de:

a) o *módulo de tratamento lingüístico* que interage como o usuário até que seu desejo de obter informações ou de inserilas seja completamente traduzido para um comando que a máquina possa entender e executar. Neste sentido, o processo dialógico porta-se também como um “mestre da linguagem” vigente naquele domínio de aplicação pela força do uso da função metalingüística;

b) o *módulo de tradução* que verifica se o desejo do usuário pode ser realizado, independentemente de poder ser executado. Considere-se, por exemplo, que o comando “*mova o triângulo que está acima do quadrado maior*” seja executável num dado domínio. No entanto, deve-se, por exemplo, retornar um questionamento/explicação nos casos em que: a posição para onde quer se mover não tenha sido explicitada; o tamanho do objeto não permitir tal movimentação; só existirem “quadrados” iguais.

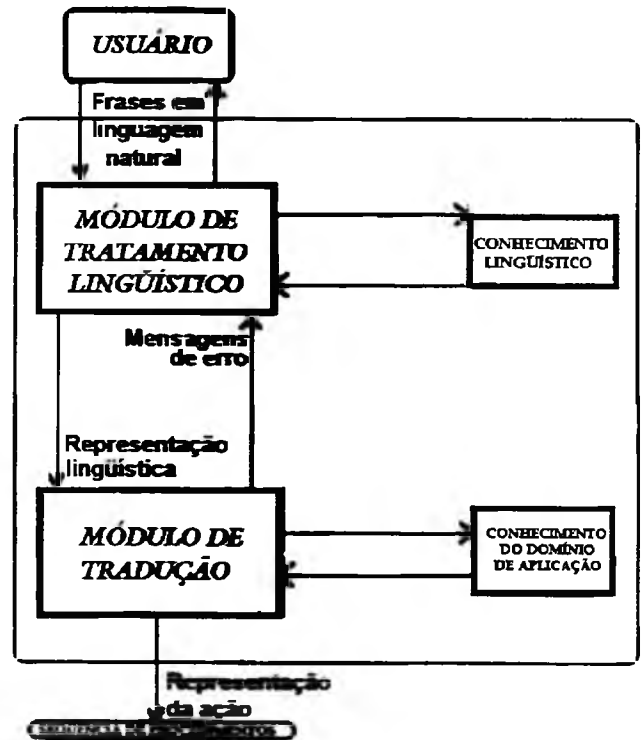


Fig. 5 - Interface LN-comandos computacionais

4.2.2 INTERFACE LN-REGRAS

Esta interface (Oliveira, 1995) auxilia o usuário especialista *neófito em computação* ou em dados formalismos a traduzir seu conhecimento escrito em LN para a forma desejada e/ou aceita pela máquina ou sistema computacional determinado.

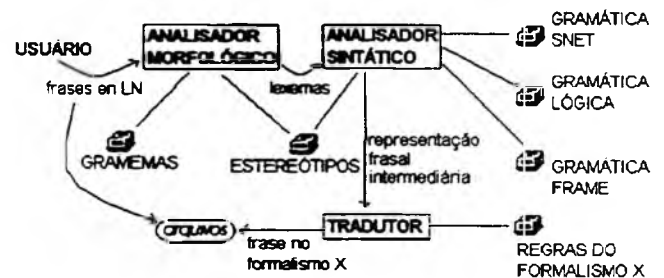


Fig. 6 - Interface LN-regras

Note-se, por exemplo, que não é trivial para um usuário comum conseguir converter diretamente o conhecimento do texto escrito em (a) para uma representação hipotética como aquela em (b):

a) “na regra 1, se no frame X, cujo pai é W, a temperatura for igual a 27 e se o mês for setembro e se o preço do Z for maior que o de Y, então deve-se iniciar o plantio de Z, com 75% de certeza”

b) (r1 0,75 (frame X W ((temperatura 27) (mês 9) (maior

(diferença (preço Z) (preço Y) 0))) (acao (plantar Z)))

Assim, conforme Fig. 6, esta interface compõe-se de:

- analísadores lingüísticos que, a partir de gramáticas internas dos tipos de representação de conhecimento possíveis, produzem uma representação intermediária. Caso sejam necessárias, várias interações com o usuário serão feitas até se chegar a tal fase do processo;
- um módulo tradutor que, municiado com a gramática do formalismo exigido, traduz a representação intermediária para aquela desejada como produto final, guardando-a junto com o texto escrito de origem em arquivos pertinentes.

4.2.3 TRANSCODIFICADOR FONEMA-GRAFEMA

Neste protótipo, na realidade um sistema especialista (Silva et al., 1994), considera-se como existente e operacional um reconhecedor acústico³. Conforme Fig. 7, o módulo reconhecedor, recebendo um entrada falada, a transforma numa seqüência fonética⁴.

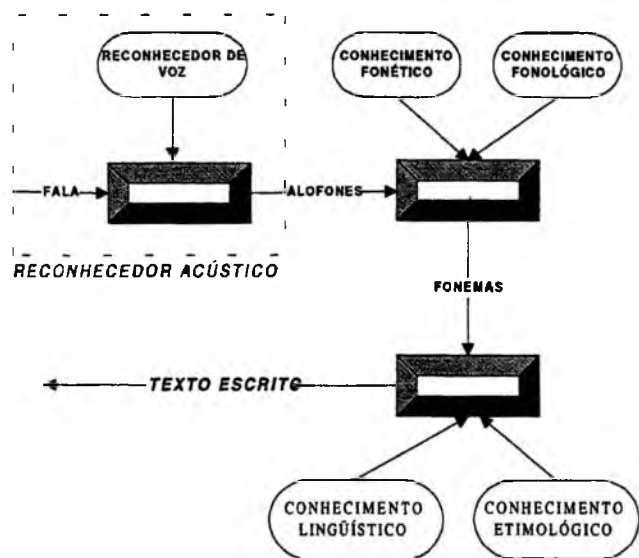


Fig. 7 - Arquitetura de um transcodificador fonológico-grafêmico

A partir daí, o restante do modelo inclui:

- um módulo onde se acoplam um banco de conhecimento fonético-fonológico da LPB e que, recebendo a frase foneticamente tratada do módulo anterior, a segmenta em "palavras fonológicas" possíveis da LPB;
- um banco de conhecimento lingüístico-etimológico da LPB que, tomada a seqüência fonológica sob análise, a transforma em "palavras escritas".

Um fragmento de alguns desses bancos de conhecimento podem ser vistos nas Figs. 8 e 9.

SPCJ1=[ñ, m]	SBCJ2=[ã, õ]
SBCJ3=[e, i, u]	SBPC4=[p, b]

Fig. 8 - Alguns subconjuntos fonéticos

CR = / a /, a	CR = / ê /, (é, e)	CR = / e /, e
CR = / i /, i	CR = / É /, (ó, o)	CR = / o /, o
CRO = / ã /, (am, ã)	CRO = / ã /, um	CRO = / õ /, (om, õ)
CRO = / ê /, em	CRO = / ã /, um	CR1 = / ã /, um
CR1 = / õ /, on	CR1 = / ã /, an	CR1 = / ê /, en
CR1 = / i /, in	CR2 = / õ /, om	CR2 = / ã /, am
CR3 = / ê /, e	CR3 = / õ /, o	CR3 = / ã /, i

Fig. 9 - Algumas correlações fonema-grafema(s)

O motor de inferências do transcodificador gera um série de realizações lexicais por ordem decrescente de possibilidade de ocorrência, como pode ser visto na Fig. 10.

ENTRADAS	SAÍDAS
[ɔ m e ʝ]	omem, homem, ómem, hómem
[õ m e ʝ]	omem, homem, ômem, hómem
[k õ s i d e r a ' s ã w]	consideração, concideração, conscideração, considerassão, considerasção, ...
[a ' s e s u]	acéssu, acesso, acéçu, aceço, acésçu, assesso, assesso, ..., hacéssu, hacésçu, haccesso, hacéçu, haceço, hacésçu, hasséssu, hassesso, ...
[k a ' s a r]	cassar, caças, casçar
[m a w]	mau, mal
[p a j a]	paia, palha
[i f e ʝ]	ífen, ifem, hífen, hífem seção, sessão, sesção, ceção, cessão,
[s e ' s ã w]	cesção
[u w c i m a]	última, húltima

Fig. 10 - Alguns resultados da transcodificação

Algumas regras de inferência que fazem parte do processo de geração das possibilidades da Fig. 10 podem ser vistos na Fig. 11.

Se vogal Então regra 1	Se consoante Então regra 100
Se semiconsoante Então regra_1000	Se regra_1 e se 1° na cadeia Então acrescentar "h" como 1ª letra de uma possível cadeia já existente na lista
Se regra_1 e se último na cadeia e se nasal Então regra_10	Se regra_1 e se 1° na cadeia e se nasal Então regra_20
Se regra_1 e se 1° da cadeia e se oral Então regra_21	Se regra_20 e se não há fonema à direita Então ponha CRO no final de todas as cadeias da lista
Se regra_10 e se pertence à SBCJ2 Então ponha CR no final de todas as cadeias da lista e então ponha "m" em todas as cadeias resultantes	Se regra_20 e se fonema à direita pertence à SBCJ1 Então ponha CR2 no final de todas as cadeias da lista
Se regra_20 e se fonema à direita ≠ vogal não pertence à SBPCJ4 Então ponha CR1 no final de todas as cadeias da lista	Se regra_21 e se fonema à direita pertence à SBCJ1 Então ponha CR3 no final de todas as cadeias da lista

Fig. 11 - Algumas Regras de Inferência

Um exemplo bem sucinto desse processamento pode ser visto na análise da palavra fonológica /'õ t ẽ /:

a) o primeiro fonema pode, pela ordem real de possibilidades de grafia de palavras em LPB, ser gerada como "on", "hon", "om", "hom", "õ", "hõ";

b) o fonema seguinte elimina as quatro últimas possibilidades, restando-se então as cadeias escritas "ont" e "hont";

c) o último fonema pode ser "em", "ém", "en" e "ẽ".

No caso, as cadeias já geradas eliminam as três últimas hipóteses, porque tal fonema não está numa sílaba tônica final. Então, ter-se-iam as cadeias, pela ordem de possibilidade de ocorrência, "ontem, hontem".

Se, por acaso, a palavra fosse / k õ 't ẽ /, a possibilidade seria apenas uma: "contém". A possibilidade "contém" que espelharia a categoria do plural só pode ser resolvida em níveis outros de análise. E aí se insere o sistema I.D.E.A.L. para a resolução de tais impasses⁵.

Algumas questões, no entanto, foram levantadas quando da escolha de como as "palavras" deveriam entrar no sistema: uma a uma, pausadamente? em segmentos mais complexos? por que da primeira forma ou por que da segunda? o fluxo sonoro poderia/deveria ser tratado como um todo, isto é, como uma imagem (do som), como em Palakal (1991)?

Dessas e de outras especulações pertinentes gerou-se a proposta apresentada a seguir.

5. PROPOSTA

5.1. UMA PRIMEIRA CONSTATAÇÃO

Em Oliveira (1983), na descrição de aspectos do vocalismo de um subcódigo da LPB no município de Buritis-MG, notou-se, dentre outros fenômenos, que ali as vogais finais átonas eram suprimidas sistematicamente. Nesses casos, a discriminação entre "palavras" era feita:

a) ora pelo recurso de *alongamento*⁶ de sons consonantais - *sonoros*, como em [vok ũ pad] ("vou com o padre") e [vokk ũ pad] ("vou com o compadre");

b) ora por recursos de articulação do tipo +*sonoro/sonoro*, como em [ugat] e [ugad] ("o gato" e "o gado", respectivamente);

c) ora pelo uso de *alongamento/pausa*⁷, como em [ugattahala] ("o gato estava lá") e [ugad#tahala] ("o gado estava lá").

Se, para os falantes/ouvintes dos demais subcódigos da LPB, ouvir e entender os falantes de Buritis não apresenta a menor dificuldade (e vice-versa), crê-se que a inteligibilidade de um fluxo sonoro não está necessariamente na discriminação de todos os segmentos desse fluxo. Outros

fatores como duração - no caso de Buritis, por exemplo - podem ser determinantes.

5.2. UMA REFLEXÃO

Pelo exposto, evidencia-se que um tratamento exclusivamente fonético-fonológico de uma entrada sonora ou é insuficiente ou desnecessário para a compreensão da mesma. Baseado também no fato de que os sensores auditivos recebem ondas sonoras, é estranho que para o processamento desse fluxo sonoro se deva segmentá-lo em unidades (alo)fonéticas para, em seguida, reuni-las outra vez para ser vista como um fluxo.

Considera-se assim que somente para a geração de frases ou para a solução de alguma ambigüidade específica, a discriminação de alguma parte do fluxo sonoro seja necessária. Se não, vejamos:

a) *suicidar-se*, expressão “pleonástica” comum no cotidiano lingüístico, crê-se, pelo simples fato de que se percebe o fluxo sonoro como um todo e ao todo se dá a significação correspondente (não se cuida de se discriminar o elemento *sui*);

b) *eu vou se vestir*, expressão comum entre crianças, crê-se, pela mesma razão acima comentada.

Nos casos acima, o processo ensino-aprendizagem formal pode fomentar “correções” ou, ainda, como no caso de *suicidar-se*, pode-se continuar raciocinando sob o fluxo sonoro completo sem discriminar suas partes.

Dessa forma, crê-se, a apreensão da língua começa por uma fase estímulo-resposta, até que um número determinado de exemplos crie uma massa crítica que dispare inferências cognitivas refinadoras.

5.3. A HIPÓTESE

O tratamento da LN ainda é eminentemente simbólico, seja pelo imenso campo experimental e teórico que se avolumou durante os anos, seja pela *visão de mundo* orientada pelo simbolismo lógico. Diz-se simbólico ser o conhecimento representado por elementos discretos últimos (unidades de análise) que se organizam em estruturas. No caso da LN, a visão estruturalista simbólica privilegia alofones, fonemas, morfemas, semas, etc.

Assim um fluxo sonoro/uma frase escrita, por exemplo, que são percebidos de um só vez, globalmente, muito embora espacialmente situados, são segmentados em suas partes elementares para, depois, serem novamente recompostos. Dessa forma, parece ser o ouvinte/leitor um decomponenciador quando recebe uma “estrada” e um componenciador quando emite uma “saída”. Parece ainda que os dois processos (receber/emitar) são na realidade

um só, apenas como uma “inversão de mãos”.

Nas saídas (geração da fala/escrita) existem algumas evidências (ruídos, por exemplo) que permitem até pensar numa componencialidade: a troca de elementos lingüísticos nos vários níveis de análise, como em “*cardeneta*” por “*caderneta*” ou “*transmimento*” de *pensação*” por “*transmissão de pensamento*”, por exemplo. Porém, nas entradas (percepção auditiva/visual), tais ruídos podem ser vistos como um fator de estabelecimento de sentido (um conteúdo diferente do que a realidade fonético-fonológico faz ouvir). Faz-se crer exista um processo tolerante a falhas e de aproximação de padrões concomitante para orientar a “real” interpretação do que foi percebido. Um processo único de “decomposição” certamente deixaria escapar as nuances discursivas a que estamos acostumados no processo comunicativo.

Logo, hipotetiza-se, os processos de interpretação de “entradas” e de geração de “saídas” em LN não são os mesmos. Ou, se forem, em algum ponto do processo se dicotomizam. Daí para se imaginar um sistema que possa se valer de processos simbólicos (conhecimento explícito) e conexionista (conhecimento implícito) é um passo, visando a explorar as características de robustez de cada um e a suprir as deficiências que ambos possam vir a ter.

5.4. O CONEXIONISMO

A modelagem conexionista (Feldman and Ballard, 1982), na versão das Redes Neurais (RN)⁸ artificiais (Rich and Knight, 1993), pode ser uma das soluções para o processamento de um fluxo sonoro completo e para a detecção de singularidades e particularidades, às vezes, extremamente necessárias para uma interpretação coerente. Já há estudos sobre o assunto, mas ainda focalizados na discriminação de (alo)fonos (Morgan and Scofield, 1991).

As Redes Neurais são modelos matemáticos, que baseados em estruturas cerebrais são capazes de processar informação. Os modelos de RNs, criados com a inspiração na neurofisiologia e na teoria do comportamento (estímulo-resposta), são conhecidos também como modelos conexionistas, sistemas adaptativos, ou ainda sistemas neuromórficos.

As RNs exploram características de processamento paralelo distribuído, ou seja, coloca os modelos conexionistas como naturalmente adequados a utilização de sistemas paralelos, interconectados e distribuídos, em larga escala. O conhecimento, por isso, não é tomado como um bloco monolítico e armazenado num só ponto: ele é distribuído pela rede.

As RNs, dentre seus diversos tipos, têm a capacidade de aprendizagem por treinamento: dado um número razoável

de exemplos e determinando uma *margem de erro* para a interpretação desejada, a RN, pelo seu caráter distributivo, se configura para aceitar ruídos, falhas e/ou alterações no fluxo de entrada. O fenômeno alofônico, no mínimo, já seria resolvido assim.

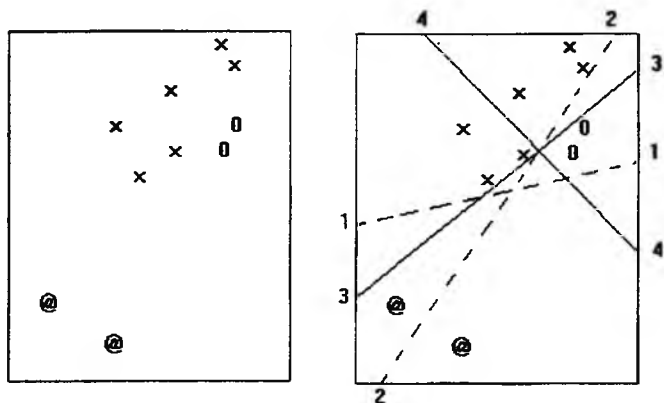


Fig. 12 - Exemplo de classificação usando RN

As RNs também têm a capacidade de classificar e organizar entradas conforme as invariantes que encontrar. Na Fig. 12, pode-se ver um exemplo de discriminação:

- a) a linha pontilhada 1 cria um conjunto de "x"s e de "o"s e outro de "@s";
- b) a linha pontilhada 2 cria um conjunto de 6 "x"s e 1 "@" e outro de 2 "o"s e 1 "a";
- c) a linha cheia 3 cria um conjunto de "x"s e um outro de "o"s e "@s";
- d) a linha cheia 4 cria um conjunto de 3 "x"s e de 2 "o"s e outro de 3 "x"s e de 2 "@s".

Para assim classificá-los, a RN em questão deve ter encontrado, em cada situação específica, certas características comuns nos elementos sob análise.

5.5. UMA MODELAGEM HÍBRIDA

Baseado, então, no que foi anteriormente colocado sobre a LN, na capacidade do modelo neural e na possibilidade computacional (Lopes et al., 1993) de se usarem arquiteturas híbridas simbólico-conexionistas, sugere-se uma modelagem (Oliveira, 1996), conforme Fig. 13: o fluxo sonoro (Fig. 13a) é transformado nos dados numéricos da Fig. 13b. Esses dados são os nós de entrada de uma RN (Fig. 13c).

Uma entrada, por exemplo, que represente o fluxo sonoro [ixep ẽ ɿ ẽ i] ("derrepente") é processada procurando se aproximar de uma representação já aprendida, como para [imajs] ("demais") ou é submetida a um processo de classificação de seus segmentos sonoros (sílabas, por exemplo).

Regras de um sistema declarativo simbólico auxiliariam com informações específicas, como, por exemplo: "com x% de certeza, o segmento sonoro que represente [i] ('de') é uma preposição".



Fig. 13 - Processamento de entrada falada por um sistema híbrido

Projetar tal abordagem para os demais "níveis de análise" é uma decorrência natural, possibilitando-se que sistemas computacionais comandados por voz humana sejam construídos, sem que somente o *pattern matching* seja aplicado nesses casos.

6. À GUIA DE CONCLUSÃO

Foi proposta uma modelagem híbrida simbólico-conexionista para entradas em língua falada, tendo como objetivo a LPB. Para tanto, discutiu-se a representação de conhecimento baseada na discriminação de alofones/fonemas (processamento simbólico), e outra, baseada no fluxo sonoro de entrada (processamento connexionista). Em ambos os casos, o sistema computacional I.D.E.A.L. é parte integrante do processo.

O modelo apresentado e os respectivos sistemas computacionais decorrentes são fruto de pesquisa sobre aspectos computacionais da LPB e de particularidades de

seus usuários. Atualmente há protótipos demonstrativos de tais abordagens em funcionamento para micros PC-like.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. DIJK, T. A. van; KINTSCH, W. *Strategies of discourse comprehension*. New York: Academic, 1983
2. DIJK, T. A. van. *Cognição, discurso e interação*. São Paulo: Contexto, 1992
3. FÁVERO, L. L.; KOCH, I. G. V. *Linguística textual: introdução*. São Paulo: Cortez, 1988
4. FELDMAN, J.; BALLARD, D. H. "Connectionist models and their properties". *Cognitive Science*, 6(1): 205-254, 1982
5. GRISHMAN, R. *Computational linguistics: an introduction*. Cambridge: Cambridge University Press, 1994
6. KOCH, I. G. V. *Argumentação e linguagem*. São Paulo: Cortez, 1984
7. LOPES, H. S.; NASSAR, S. M.; LIMA, W. C. "Arquiteturas híbridas integrando paradigmas conexionistas e simbolistas". I Simpósio Brasileiro de Automação Inteligente. Rio Claro, UNESP-SBA, 1993, p. 10-18
8. MORGAN, D. P.; SCOFIELD, C. L. *Neural networks and speech processing*. London: Kluwer Academic Publishers, 1991
9. PALAKAL, M. J.; ZORAN, M. J. "Speaker-Invariant Phoneme Recognition Using Multiple Neural Network Models". International Joint Conference on Neural Networks, V. 2, Seattle, 1991, p. 839-844
10. SILVA, F. J. F. da; SAOTOME, O.; OLIVEIRA, C. A. de. *Phonologic-graphemic transcodifier for Portuguese Language spoken in Brazil (PLB)*. São José dos Campos: INPE, 1994 (INPE-5575-PRE/1803)
11. SILVA, J. D. S. da; OLIVEIRA, C. A. de; CARVALHO, J. M. de. "Intelligent environment for interpretation tasks of remotely sensed images". XVII ISPRS Congress, Vol. XXIX, Tomo B3, Washington-DC, August 92, p. 379-383
12. SILVA, J. D. S. da; OLIVEIRA, C. A. de; CARVALHO, J. M. de. "Utilização de um ambiente inteligente para interfacear um sistema de processamento de imagens". VII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Curitiba-PR, 1993, p.458-466
13. OLIVEIRA, C. A. de; SILVA, J. D. S. da; CARVALHO, J. M. de. "Uma interface interativa: tradução de frases em língua natural para uma linguagem de transformações geométricas". *Intercâmbio*, 3(1): 207-220, 1993
14. OLIVEIRA, C. A. de; SILVA, F. de A. T. da; OLIVEIRA, T. N. de. *Processamento de língua natural: abordagem simbólica ou conexionista?* São José dos Campos, INPE,

1996. (INPE-5971-PRP/194)

15. OLIVEIRA, C. A. de. *Aspectos do vocalismo do subcódigo urucuiano do município de Buritis. Implicações no processo de ensino-aprendizagem*. Dissertação de mestrado. Brasília: UnB, 1983
16. _____. "Linguística textual e modelos de representação de conhecimento: um enfoque" XVII Anais de Seminários do GEL, Bauru-SP, 1990, p. 519-526
17. _____. "I.D.E.A.L. - uma interface em linguagem natural para sistemas especialistas". VII Simpósio Brasileiro de Inteligência Artificial, Campina Grande: UFPB-Campus II, 1993a, p. 39-49
18. _____. "A segmentação silábica e a morfologia: um enfoque computacional integrado". *Intercâmbio*, 3(1): 185-196, 1993b
19. OLIVEIRA, C. A. de. *Tradutor de frases de língua escrita para o formalismo FASE*. São José dos Campos, INPE, 1995. (INPE-5626-PRP/191)
20. RICH, E.; KNIGHT, K. *Inteligência Artificial*. São Paulo: Makron Books, 1993
21. SCHANK, R.; ABELSON, R. *Scripts, plans, goals and understanding - an inquiry into human knowledge structures*. Hillsdale: Lawrence Erlbaum, 1977

8. REFERÊNCIAS BIOGRÁFICAS



Carlos Alberto de Oliveira é licenciado em Letras pela UERJ, mestre em Linguística pela UnB e Doutor em Computação Aplicada pelo INPE, onde foi Pesquisador Titular do Laboratório de Computação e Matemática Aplicada e membro do corpo docente do Curso de Computação Aplicada. Atualmente é Professor Colaborador Titular junto ao Departamento de Informática da UNITAU.

Francisco de Assis Tavares Ferreira da Silva diplomado em Engenharia Elétrica e Eletrônica pela UFPB; mestre em Ciência "Computação Aplicada" pelo ITA e doutorando no Curso de Computação Aplicada do INPE. Atualmente, é Pesquisador Titular do Laboratório de Computação e Matemática Aplicada do INPE.