

Universidade Federal do Rio de Janeiro
Instituto de Matemática
Núcleo de Computação Eletrônica

Francine Ferreira Vaz

CUTE - Um *chatbot* para o ensino de língua inglesa:
Um estudo sobre PLN e IAE

Rio de Janeiro

2004

Francine Ferreira Vaz

CUTE - Um *chatbot* para o ensino de língua inglesa:
Um estudo sobre PLN e IAE

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Informática, Instituto de Matemática / Núcleo de Computação Eletrônica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Informática.

Orientador:

Prof. Dr. Josefino Cabral Melo Lima
Docteur, Université Pierre et Marie Curie, 1992

Co-orientadora:

Profa. Dra. Sueli Bandeira Teixeira Mendes
Phd, Stanford University, 1973

Rio de Janeiro

2004

Vaz, Francine Ferreira.

Cute: CUTE - Um *chatbot* para o ensino de língua inglesa: Um estudo sobre PLN e IAE. / Francine Ferreira Vaz. Rio de Janeiro, 2004.

xx, 163 f. ; il.

Dissertação (Mestrado em Informática) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Matemática / Núcleo de Computação Eletrônica, 2004.

Orientador: Josefino Cabral Melo Lima.

Co-orientador: Sueli Bandeira Teixeira Mendes.

1. Informática Educativa. 2. Processamento de Linguagem Natural – Teses. I. Lima, Josefino Cabral Melo (Orient.). II. Mendes, Sueli Bandeira Teixeira (Co-orient.). III. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Instituto de Matemática. Núcleo de Computação

Francine Ferreira Vaz

CUTE - Um *chatbot* para o ensino de língua inglesa:
Um estudo sobre PLN e IAE

Rio de Janeiro, 26 de novembro de 2004

Prof. Dr. Josefino Cabral Melo Lima

Profa. Dra. Sueli Bandeira Teixeira Mendes

Profa. Dra. Fernanda Claudia Alves Campos

Prof. Dr. Roberto Lins de Carvalho

Dedico este trabalho a meus pais, meus maiores incentivadores, que me oferecem todo o suporte necessário para alcançar meus objetivos. Devo a eles a minha vida, o meu caráter e tudo aquilo que conquistei.

A meu irmão, um grande presente de Deus, que sempre está ao meu lado, disposto a me ajudar e me suportar nos momentos de maior dificuldade.

A meu grande amigo, José Honório Glanzmann. Sem você não teria nem começado, nem terminado essa caminhada. Obrigada pelo incentivo constante, pelas palavras amigas e pela ajuda inestimada.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus. Presença fundamental na minha vida, fonte de esperança nos momentos de maior dificuldade. Sem Ele, nada seria.

Em seguida, agradeço a minha família, meus pais, meu irmão e todos os meus parentes que com seu grande amor sempre me dão força e segurança.

Agradeço ao prof. Dr. Josefino Cabral Melo Lima, que me aceitou como aluna do curso de mestrado e me orientou tanto no período de obtenção dos créditos necessários quanto na elaboração desse trabalho.

Agradeço, também, a profa. Dra. Sueli Mendes, co-responsável pela minha orientação neste trabalho, cujo conhecimento e experiência foram de inestimável importância para o desenvolvimento desse projeto.

Agradeço a profa. Dra. Fernanda Campos e ao prof. Dr. Roberto Lins de Carvalho por terem cedido parte do seu tempo para participarem da banca examinadora desta dissertação.

O incentivo para buscar o curso de mestrado também foi de extrema importância nessa minha decisão de trilhar esse caminho e, por isso, não posso deixar de agradecer a profa. Dra. Fernanda Campos e ao prof. José Honório Glanzmann que me incentivaram e acreditaram em mim, fazendo as cartas de recomendação exigidas para o meu ingresso no curso de mestrado.

Agradeço também aos demais professores do programa de Informática na Educação, prof. Dr. Fábio Ferrentini Sampaio, prof. Dr. Marcos da Fonseca Elia e principalmente, profa. Dra. Cláudia Lage Rebello da Motta, pela contribuição e pelo apoio fundamental durante todo o período do mestrado.

Uma das maiores conquistas dessa pós-graduação foram os amigos que aqui encontrei. Eles que sempre me acolheram, me compreenderam e me ajudaram durante todo esse período. Assim, agradeço a César Bastos, Cíntia Borges Arisa Correa de Castro, Emília Barra Ferreira, George de Souza Alves, Giana Oliveira Roque, Henrique Gandra, José Adolfo S. de Campos, Jorge Juan Zavaleta Gavídia, Maria Teresa Gouvêa, Renata Pinheiro Cardoso, Vânia Marins e demais colegas do curso de pós-graduação em Informática do NCE. Em especial, Jorge Fernando Silva de Araújo e Raimundo José Macário Costa, pelo apoio constante, Leila Cristina Vasconcelos de Andrade, pelos conselhos e apoio incondicional, e Patrick Barbosa Moratori, pela sua ajuda inestimável.

Agradeço, também, o inestimável apoio recebido das secretarias da Área de Ensino e Pesquisa - AEP e da Informática, nas pessoas de Lina, Adriana, “tia” Deise, Zezé, Regina, bem como aos demais funcionários do IM / NCE, em principal o estagiário Rafael di Lego Gonçalves pelo apoio incondicional.

Um agradecimento especial aos diretores das escolas onde trabalho, que sempre me apoiaram e tantas vezes modificaram o horário do colégio para me ajudar: Ir. Maria Helena de Sousa, Leonor Tavares, Márcia Helena R. da Silva, Maria da Penha Isidoro, Valéria Bolpato, Wilson Peixoto, e em especial, Emilce Aguiar Gomes, sempre disposta a cooperar, garantiu minha permanência na escola e me deu o prazer de trabalhar ao seu lado. Agradeço, também, aos meus colegas de trabalho que sempre se dispuseram a me ajudar e me deram grande apoio: Alcides Sousa, Carlos Serpa, Carmen Lúcia Marotta, Eliane Sacramento, Edna Dalcol, Flávia Teixeira, Gelson Tavares, Iêda Paixão, Ilda Aparecida Lima, Lúcia Ank, Maria da Glória Ank, Paulo Rossini, Suzana Macedo, Stella Maris e aos demais colegas.

Agradeço, ainda, aos meus alunos, que muitas vezes não puderam contar com minha presença.

Aos meus amigos da graduação, onde tudo começou. Eles são muito importantes para mim, em especial Carina Darós, Carlos Magno, Samira Fávero, Geiza Silva, Luciana Campos.

Aos amigos do Centro de Ensino Superior de Juiz de Fora (CES-JF), José Honório Glanzmann, Gustavo Reis e Eugênia Giancoli Jabour, pela importante auxílio no desenvolvimento desse projeto.

Finalmente, aos meus amigos de sempre André Fernandes, Carine Toledo, Fabrício Lopes, Vera Lúcia Marques, Paula Machado, Soraya Fernandes, Simone Corrêa, que souberam me respeitar e me apoiar nos vários momentos nos quais não pude dar-lhes a atenção merecida.

RESUMO

VAZ, Francine Ferreira. **CUTE** - Um *chatbot* para o ensino de língua inglesa: Um estudo sobre PLN e IAE. Rio de Janeiro, 2004. Dissertação (Mestrado em Informática) – Instituto de Matemática/Núcleo de Computação Eletrônica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2004.

Nesta dissertação nós abordamos o Processamento de Linguagem Natural e a Informática Aplicada ao Ensino. Após estudarmos as diversas tecnologias e metodologias empregadas atualmente nestas duas áreas de aplicação, nós optamos por construir um sistema computacional para auxiliar nos processos de ensino/aprendizagem da Língua Inglesa. Esse sistema, o *chatbot* CUTE, faz uso de mapas conceituais para a representação do conhecimento e usa o robô Alice em sua interação com o usuário. Aplicamos o sistema num experimento livre com professores e alunos para ilustrar as potencialidades reais do sistema. Nossa análise sobre esses dados iniciais mostram que o objetivo central do nosso trabalho foi atingido.

ABSTRACT

VAZ, Francine Ferreira. **CUTE** - Um *chatbot* para o ensino de língua inglesa: Um estudo sobre PLN e IAE. Rio de Janeiro, 2004. Dissertação (Mestrado em Informática) – Instituto de Matemática/Núcleo de Computação Eletrônica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2004.

This research is about Natural Language Processing and Computer Science applied to teaching processes. After studying many technologies and methodologies used in these two areas of application, we develop a computational system to support the English learning/teaching process. This system, a *chatbot* named CUTE, uses conceptual maps to represent the knowledge and uses the robot Alice to interacts with the user. We applied this system in a free experiment with teachers and students to illustrate its real potentialities. Our analyses about this initial data show that the main objective of this research was reached.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 2.1: Influências recebidas pelo ser humano no processo de aprendizagem (PINKER, 2002, p.528).....	15
Figura 2.2: Diagrama em árvore (CHOMSKY, 1978, p.13).....	23
Figura 2.3: Diagrama em árvore (CHOMSKY, 1978, p.17).....	23
Figura 2.4: Diagrama em árvore (PINKER, 2002, p.116)	25
Figura 2.5: Diagrama em árvore (PINKER, 2002, p.126)	26
Figura 2.6: Diagrama em árvore (PINKER, 2002, p.127)	26
Figura 2.7: Diagrama em árvore (PINKER, 2002, p.129)	26
Figura 2.8: Compreensão de conceitos. (GROSCHLER <i>et al</i> , 2003, p.15, tradução nossa).....	40
Figura 2.9: Níveis de processamento de PLN (BARROS e ROBIN, 2001, p.2).....	49
Figura 2.10: Estrutura da frase incompleta.....	52
Figura 2.11: Estrutura da frase completa.....	52
Figura 3.1: Imagens tomográficas obtidas através de um isótopo emissor de pósitrons (PET). (LENT, 2002, p. 625).	64
Figura 3.2: Especialização dos hemisférios. (LENT, 2002, p. 645)	65
Figura 3.3: As redes semânticas (em cores diferentes) reúnem palavras que significam objetos ou conceitos semelhantes. (LENT, 2002, p. 629)	68
Figura 3.4: Experimento que acompanha a atividade neural do sujeito através de um tomógrafo de emissão de pósitrons (o cérebro da esquerda representa o hemisfério esquerdo e o da direita o hemisfério direito). (LENT, 2002, p. 633)	71
Figura 3.5: Bilingüismo: Hipóteses do Sistema Único e do Sistema Dual. (STENBERG, 2000, p. 286).....	86

Figura 4.1: Pré-compilação das regras (FIGUEIRA FILHO, 2000, p.28)	96
Figura 4.2: Etapas da pré-compilação do arquivo de regras (FIGUEIRA FILHO, 2000, p.61)	106
Figura 4.3: Arquitetura do JEOPS (FIGUEIRA FILHO, 2000, p.63).....	106
Figura 4.4. Etapas para a utilização do sistema	113
Figura 4.5: Tela inicial do sistema	114
Figura 4.6: Modo professor.....	114
Figura 4.7: Ferramenta para a criação do mapa conceitual	115
Figura 4.8: Tela de ajuda do sistema.....	115
Figura 4.9: Ferramenta para a atualização do <i>chatterbot</i>	116
Figura 4.10: Janela para salvamento do arquivo aiml	116
Figura 4.11: Ferramentas do Modo Aluno	117
Figura 4.12: Interface de comunicação aluno- <i>chatterbot</i>	117
Figura 4.13: Anotações dos alunos	117
Figura 4.14: Dificuldades encontradas pelos professores no uso da informática em sala	123
Figura 4.15: Grau de dificuldade e simplicidade do sistema.....	124
Figura 4.16: Dificuldade no aprendizado da língua inglesa	127
Figura 4.17: Aprendizado em relação à matéria.....	128
Figura 4.18: Identificação das dificuldades	128
Figura 4.19: Ajuda proporcionada pelos exercícios	129
Figura 4.20: Credibilidade do sistema	130
Figura 4.21: Eficácia do sistema	130
Figura 4.22: Facilidade de utilização do sistema	131
Figura 2.23: Dinâmica da aula	132

Figura 2.24: Comportamento da turma.....	132
Figura 2.25: Gráfico comparativo do aprendizado das turmas	133

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1: Categorias e seus significados (VERSPOOR, 2004, p. 8).....	34
Tabela 3.1: Característica dos tipos de afasia (BEAR <i>et al</i> , 2002, p.643).....	73
Tabela 3.2: Mudança no Desenvolvimento Associados à Aquisição da Linguagem (STENBERG, 2002, p. 258).....	81

LISTA DE ABREVIATURAS

AIML	Artificial Intelligence Markup Language
CI	Constituintes Imediatos
CUTE	Chatterbot Used for Teaching English
CLIPS	C Language Integrated Production System
COOL	Clips Object-Oriented Language
DAL	Dispositivo de Aquisição de Linguagem
DCG	Definite Clause Grammar
EOOPS	Embedded Object Oriented Production Systems
GU	Gramática Universal
IA	Inteligência Artificial
IAE	Informática Aplicada ao Ensino
IM	Instituto de Matemática
JESS	Java Expert System Shell
LAS	Linguagem Americana de Sinais
NCE	Núcleo de Computação Eletrônica
NP	Sintagma Nominal
NV	Sintagma Verbal
PET	Isótopo Emissor de Pósitrons
PLN	Processamento de Linguagem Natural
PROLOG	PROgramming in LOGic
SN	Sintagma Nominal
SV	Sintagma Verbal
UFRJ	Universidade Federal do Rio de Janeiro
XML	Extensible Markup Language

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
1 PROLEGÔMENOS	1
CAPÍTULO 2	6
2 TEORIAS DA LINGUAGEM	6
2.1 Teorias de aquisição da linguagem	8
2.1.1 Explicações teóricas sobre a aquisição da linguagem	8
2.1.1.1 Imitação	8
2.1.1.2 Condicionamento	9
2.1.1.3 Inatismo	10
2.1.2 Abordagens teóricas	11
2.1.2.1 Teoria de B. F. SKINNER	11
2.1.2.2 Teoria de Noam CHOMSKY	13
2.1.2.3 Teoria de Steven PINKER	15
2.1.2.4 Teoria de Jean PIAGET	18
2.1.2.5 Teoria de Lev Semyonovitch VYGOTSKY	20
2.2 Teorias lingüísticas	21
2.2.1 Teoria de Noam CHOMSKY	21
2.2.2 Teoria de Steven PINKER	24
2.2.3 Teoria de Charles FILLMORE	28
2.2.3.1 Características funcionais	29
2.2.3.2 Características sintáticas e semânticas	29
2.2.3.2.1 Características relacionais	30
2.2.3.2.2 Características intrínsecas	31
2.2.3.3 Características de valência	32

2.2.3.4 Características fonológicas	32
2.2.4 Teoria de Ray JACKENDOFF	32
2.2.4.1 Componentes da Semântica Conceitual	33
2.2.4.2 Classificação Semântica	34
2.3 Teorias de aprendizagem.....	36
2.3.1 Condições de Aprendizado	36
2.3.2 Teoria da Conversação.....	39
2.3.3 Teoria do Aprendizado Significativo.....	41
2.3.4 Aprendizado Experimental	43
2.3.5 Inteligências Múltiplas	45
2.4 Processamento de Linguagem Natural	47
2.4.1 Análise léxico-morfológica	49
2.4.2 Análise sintática	50
2.4.2.1 O método de parsing	51
2.4.3 Análise semântica	56
2.4.4 Análise pragmática	57
2.4.5 Análise do discurso.....	58
2.5 Conclusão	60
CAPÍTULO 3	61
3 NEUROCIÊNCIA DA LINGUAGEM	61
3.1 Linguagem falada	62
3.1.1 A especialização dos hemisférios	64
3.1.2 A área de Broca e área de Wernicke	65
3.1.3 A emissão da fala	67
3.1.4 A compreensão da fala	70

3.1.5 Distúrbios da fala e da compreensão.....	71
3.2 Aquisição da linguagem	73
3.2.1 Balbuciando	74
3.2.2 Primeiras palavras	75
3.2.3 O surgimento da sintaxe	78
3.2.4 Além do estágio de duas palavras	79
3.2.5 Próximas fases de desenvolvimento.....	80
3.2.6 O ponto crítico.....	82
3.3 Interação entre o pensamento e a linguagem.....	83
3.4 Bilingüismo	85
3.5 Conclusão	88
CAPÍTULO 4	89
4 SISTEMA CUTE.....	89
4.1 Métodos de implementação.....	91
4.1.1 Sistemas de produção	91
4.1.2 Linguagens orientadas a objetos	93
4.1.3 EOOPS	93
4.1.4 Linguagens lógicas	97
4.1.5 Linguagens integradas.....	98
4.1.5.1 CLIPS	99
4.1.5.2 JESS	102
4.1.5.3 NéOpus	104
4.1.5.4 JEOPS.....	105
4.1.6 Mapas Conceituais	108
4.1.7 Chatterbots	109

4.2 Utilização do sistema	111
4.3 Componentes do sistema	114
4.3.1 Modo Professor.....	114
4.3.2 Modo Aluno	116
4.4 Interação e ajuda	117
4.4.1 Regras para criação do Mapa Conceitual	118
4.5 Aplicação real do sistema.....	120
4.5.1 Ensino	121
4.5.1.1 Identificação das dificuldades.....	121
4.5.1.2 Recursos utilizados na prática pedagógica	122
4.5.1.3 Utilização do computador como recurso didático	122
4.5.1.4 Contribuições do CUTE para a melhoria do Ensino da Língua Inglesa.....	123
4.5.1.5 Facilidade de utilização do sistema	124
4.5.1.6 Pontos positivos e pontos negativos do sistema	124
4.5.1.7 Análise das informações obtidas	125
4.5.2 Aprendizagem.....	126
4.5.2.1 Dificuldade do assunto	127
4.5.2.2 Grau de aprendizado.....	127
4.5.2.3 Identificação das dificuldades.....	128
4.5.2.4 Exercícios	129
4.5.2.5 Credibilidade do sistema	129
4.5.2.6 Eficácia do sistema.....	130
4.5.2.7 Facilidade de utilização do sistema	131
4.5.2.8 Dinâmica da aula.....	131

4.5.2.9 Melhoria no aprendizado	132
4.5.2.10 Avaliação	133
4.6 Conclusão	133
CAPÍTULO 5	135
5. CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS	135
5.1 Conclusões	135
5.2 Trabalhos futuros	137
REFERÊNCIAS	139
ANEXOS	147
ANEXO 1: CÓDIGO DA ROTINA CONVERTE	147
ANEXO 2: ETAPAS DE USO	158
ANEXO 3: QUESTIONÁRIO APLICADO AOS PROFESSORES	160
ANEXO 4: QUESTIONÁRIO APLICADO AOS ALUNOS	162

1 PROLEGÔMENOS

Desde do momento em que soluções de tarefas mais complexas, tais como jogar xadrez ou provar teoremas, tornaram-se computacionalmente possíveis, passou-se a acreditar com mais veemência na possibilidade dos computadores também solucionarem tarefas humanas corriqueiras, tal como o Processamento de Linguagem Natural (PLN). No entanto, há de se ressaltar, a simplicidade de uma tarefa no contexto humano não possui, necessariamente, uma equivalência no contexto computacional: "... a principal lição dos 35 anos de pesquisas em IA é que os problemas difíceis são fáceis e os problemas fáceis, difíceis. [...] Compreender uma frase é um desses problemas fáceis difíceis" (PINKER, 2002). Assim, o computador ainda é incapaz de entender nossa linguagem, enquanto uma criança adquire, com relativa facilidade, (pelo menos) uma linguagem natural em seu processo de desenvolvimento.

O estudo sobre o processo de desenvolvimento de uma linguagem natural engloba, freqüentemente, diversos tipos de pesquisadores: os lingüistas analisam o conhecimento que as crianças adquirem, os psicólogos e pesquisadores da Inteligência Artificial analisam o processo para a representação desse conhecimento, os filósofos exploram as implicações epistemológicas das teorias de aprendizagem antagônicas, e os neurocientistas os mecanismos neurológicos e mentais. Por essas e outras razões, o estudo da aquisição da linguagem está na confluência das principais ciências cognitivas (STILLINGS, 1989).

Programar um computador para desenvolver o processamento de linguagem natural tornou-se um dos objetivos dos pesquisadores em IA. Os programas desenvolvidos para desempenhar tal tarefa têm sido, freqüentemente, denominados *chatbots* que, a princípio, tentavam fazer uma imitação perfeita da fala¹ humana, de maneira que não fosse possível para o interlocutor distinguir entre a fala humana e a fala do computador. Com esse objetivo, em 1965, Joseph Weizenbaum escreveu um programa denominado ELIZA, uma das tentativas mais bem sucedidas nessa área. Entretanto, apesar de ter chamado bastante atenção por ser capaz de se comunicar com o ser humano (assumindo o papel de um psiquiatra que conversava sobre os problemas do paciente), o que ele fazia *in veritas* era procurar algumas palavras-chave numa linha fornecida, encontrar uma resposta pré-fabricada em uma lista e inserir fragmentos da mensagem original em sua resposta. Ou seja, ele era capaz de reconhecer a linguagem natural e reagir a ela, mas, na verdade, não a compreendia.

Reconhecer, compreender e reagir a uma linguagem natural é um dos objetivos do Processamento de Linguagem Natural, ramo da Inteligência Artificial que além de se preocupar com a interpretação da língua, também tem por objetivo a geração de linguagem natural. Para tanto, congrega estudos de várias áreas como a Ciência da Computação, a Lingüística e as Ciências Cognitivas. Atualmente, pesquisadores como Steven Pinker, George Miller e James Allen estudam a linguagem com o auxílio do computador.

Segundo George Miller (1996), “se você sabe como programar um computador para compreender a linguagem natural, você realmente tem uma boa teoria do sistema da linguagem”.

¹ ‘Fala’ aqui se entende como a utilização da língua pelo falante a seu modo, segundo suas possibilidades.

James Allen (1987, p.2, tradução nossa) define dois motivos para construir uma teoria computacional:

O objetivo tecnológico é simplesmente construir computadores melhores e qualquer solução seria aceitável. O objetivo cognitivo é construir uma analogia computacional do mecanismo de processamento da linguagem humana; essa teoria seria aceita somente depois de ter sido verificada por experimento.

Pinker (2002, p.247-248) mostra como desenvolver esse tipo de procedimento:

A gramática em si é um mero código ou protocolo, uma base de dados estática que especifica que tipos de sons correspondem a que tipos de significado numa determinada língua. Não é uma receita ou programa para falar e compreender. Falar e compreender compartilham uma mesma base de dados gramaticais (a língua que falamos é a mesma que compreendemos), mas também precisam de procedimentos que especifiquem o que a mente tem de fazer, passo por passo, quando as palavras começam a entrar ou quando se está prestes a falar. O programa mental que analisa a estrutura durante a compreensão da linguagem chama-se *parser*.

O processamento de linguagem natural permite idealmente que as pessoas interajam com o computador usando a sua própria linguagem, sem precisar aprender uma linguagem artificial para efetivar tal comunicação. Além das facilidades diretas proporcionadas por essa tecnologia, podemos antever outras aplicações como, escrita e produção de um texto, leitura e busca, tradução, aprendizagem e ensino, sistemas de informação, sistemas interativos, indexação, entrada de dados, segurança e identificação, dentre outras (SANTOS, 2002).

Dentre as facilidades que a PLN pode trazer para o aprendizado em todas as áreas do conhecimento, facilitando o acesso às informações e a forma de manipulá-las, podemos destacar o desenvolvimento de aplicações voltadas para a aprendizagem e para o ensino, principalmente o de línguas.

Além de podermos aperfeiçoar nosso conhecimento e nossa pronúncia no aprendizado de qualquer língua através da “conversa” com os *chatterbots*, programas mais simples que reconhecessem voz e fizessem análises sintática e fonética, poderiam ser úteis na correção de estruturas gramaticais das frases

formuladas e na correção de pronúncia de palavras na nossa própria língua ou em qualquer língua estrangeira.

Existem *chatbots* desenvolvidos com inúmeras finalidades, dentre eles, o Eliza, o Alice (<http://www.alicebot.org>), um dos robôs mais populares atualmente, distribuído gratuitamente, usado na construção de diversos outros *chatbots*², o Cybelle (<http://cybelle.cjb.net>), o robô brasileiro mais famoso, criado para ser uma referência no mundo dos agentes, e o EleKtra (Leonhardt, 2003) um tutor virtual a distância para as áreas de rede de computadores e Internet. Existem também diversos softwares comerciais voltados para o ensino de língua inglesa, assim como diversas pesquisas voltadas para o processamento de linguagem natural, como a desenvolvida por James Allen (1987) e na Puc-RS (www.inf.pucrs.br/~linatural).

Nesta monografia, estamos interessados em desenvolver uma pesquisa focalizada nessas áreas de forma conjugada, pois acreditamos que um *chatbot* utilizado para ensinar língua inglesa utilizando princípio de processamento de linguagem natural poderá minimizar dificuldades e combater a resistência de alguns alunos no aprendizado de línguas, auxiliando na assimilação e na prática da língua e tornando o aprendizado mais interessante e prazeroso.

Neste trabalho, será mostrada uma pesquisa, que engloba o projeto e a implementação parcial de uma plataforma dedicada ao ensino – pontual ou remoto – da língua inglesa, com habilidades de autoria e de contextualizações pedagógicas. Dessa forma, procurou-se criar um sistema que não apenas busque palavras-chave numa linha fornecida e encontre respostas pré-fabricadas em uma lista, mas que tenha acesso a um mapa conceitual e gere um diálogo de modo mais elaborado.

O Capítulo 2 traz o embasamento teórico desse trabalho, destacando:

² Inclusive o desenvolvido nesse projeto.

- a) as teorias de aquisição de linguagem: teorias defendidas por Chomsky, Pinker e outros sobre como os humanos adquirem a linguagem;
- b) as teorias de aprendizagem: teorias que buscam meios de facilitar o aprendizado do aluno;
- c) as teorias lingüísticas: teorias que buscam a definição de um padrão universal para a linguagem;
- d) a teoria do processamento da linguagem natural, destacando as diferentes análises que fazem parte deste processo: análise léxica, sintática, semântica, pragmática e do discurso.

No Capítulo 3, faz-se um estudo das áreas do cérebro responsáveis pela linguagem, mostrando o pouco que já foi descoberto a respeito das atividades cerebrais. Com isso, procuramos conhecer um pouco do modo como o cérebro processa a linguagem e como funciona o aprendizado de uma nova língua.

No Capítulo 4, é feito um mapeamento das tecnologias existentes para implementar o processamento da linguagem natural em busca da melhor maneira de implementar o nosso sistema. Além disso, apresentamos nosso protótipo, descrevendo suas funcionalidades e aplicações. O último capítulo mostra as nossas conclusões sobre o tema e as perspectivas para trabalhos futuros.

2 TEORIAS DA LINGUAGEM

Muitas especulações já foram feitas a respeito do processo inicial de aquisição da linguagem por crianças, como por exemplo, se é uma manifestação imperfeita do ser humano ou uma manifestação divina. Registros, mais ou menos esparsos, porém constantes, foram feitos ao longo dos séculos. Esses relatos fazem referência às primeiras palavras emitidas pelas crianças, ou às condições as quais elas deveriam ser expostas para aprender a falar.

Heródoto, por exemplo, narra que no século VII a.C., o rei Psamético do Egito isolou dois bebês de qualquer contato verbal até completarem 2 anos, a fim de observar as manifestações “lingüísticas” produzidas. De acordo com a sua hipótese, se uma criança fosse criada sem exposição à fala humana, a primeira palavra que falasse pertenceria à língua mais antiga do mundo. Decorrido o período de isolamento, elas teriam falado "bekos", que foi interpretado como a palavra frígia para “pão”. Conclui-se, então, que a língua mais antiga era a do povo frígio e não a dos egípcios (SCARPA, 2001).

No entanto, estudos mais sistemáticos sobre a aquisição de linguagem apareceram recentemente. Registros da fala espontânea das crianças, com interesses paternos e profissionais, foram feitos por lingüistas do século XIX. No início do século XX, alguns lingüistas, denominados “diaristas”, fizeram registros bem abrangentes da fala de seus filhos. Os mais interessantes deles são uma pesquisa da língua francesa feito por Antonie Grégoire, um estudo sobre aquisição

bilíngüe alemão-inglês de Werner Leopold (apud SCARPA, 2001) e uma descrição de uma criança aprendendo inglês feito por Lewis (apud SCARPA, 2001). Apesar de esses trabalhos estarem inseridos nas teorias lingüísticas da época, não possuem nenhuma comprovação resultante desses experimentos, já que tinham finalidade puramente descritiva.

Apesar disso, esses lingüistas deram início ao que chamamos de estudos longitudinais, ou seja, o acompanhamento do desenvolvimento da linguagem de uma criança ao longo do tempo. Mais tarde, em 1985, seguindo codificações informatizadas, criou-se um banco de dados da fala de várias crianças do mundo.

Além dos estudos longitudinais, realizam-se também estudos transversais que acompanham um número relativamente grande de sujeitos, classificados por semelhanças, como a faixa etária. Essa pesquisa é, normalmente, experimental; a fim de observar e analisar a percepção, a compreensão e o processamento da linguagem pela criança, é feito o isolamento e o controle de fatores e variáveis intervenientes, realizando-se, depois, vários testes.

Atualmente, existem várias pesquisas importantes sobre a aquisição da linguagem, entre elas podemos destacar as de Skinner, Chomsky, Piaget, Vygotsky e Pinker. No que se segue, discorreremos, resumidamente, sobre as idéias defendidas por esses pesquisadores, além de mostrar pesquisas desenvolvidas por alguns lingüistas como o próprio Chomsky, Pinker, Fillmore, Jackendoff na tentativa de encontrar padrões lingüísticos que possam ser aplicados a qualquer língua natural.

Mostraremos, também, algumas teorias de aprendizagem que tentam definir meios para facilitar o aprendizado do aluno, no nosso caso o aprendizado da língua inglesa. O estudo dessas teorias torna-se necessário para dar suporte ao desenvolvimento do nosso sistema.

Finalizando esse capítulo, abordaremos a teoria do processamento de linguagem natural, e descreveremos, brevemente, as análises consideradas essenciais para que o computador possa se “comunicar” por meio de uma linguagem natural.

2.1 TEORIAS DE AQUISIÇÃO DA LINGUAGEM

Muitos debates têm ocorrido ao longo da história a respeito da maneira pela qual nós adquirimos a linguagem. Dentre as pesquisas mais importantes pode-se destacar as que defendem a imitação e o condicionamento, representados por Skinner, as que defendem o inatismo, cujo principal representante é Noam Chomsky, as que consideram tanto um quanto outro, como Steven Pinker e as que não consideram nenhum desses, partindo para outras explicações, como de Piaget e Vygotsky.

2.1.1 Explicações teóricas sobre a aquisição da linguagem

As teorias de aquisição de linguagem mais importantes baseiam-se em três idéias principais: imitação, condicionamento e inatismo. Discorreremos resumidamente sobre elas no que se segue.

2.1.1.1 Imitação

Quando observamos os padrões e o vocabulário das crianças, percebemos que eles são semelhantes aos das pessoas com as quais elas mantêm certo grau de convivência, apesar da maioria dos pais modificarem a sua linguagem durante a

comunicação com as crianças, falam mais alto, exageram na inflexão vocal e usam frases mais simples, com o objetivo de tornar a fala mais agradável a elas. A essa fala adulta dirigida às crianças, damos o nome de matêrnes (*motherese*).

Segundo Fernald (apud STENBERG, 2000), as crianças parecem preferir a fala dirigida a elas à fala normal dos adultos. O matêrnes, de acordo com a circunstância, pode servir para chamar a atenção da criança, adverti-la ou confortá-la. Os adultos, geralmente, se esforçam para manter um diálogo com a criança, tentando entender o que ela quer dizer com suas poucas palavras ou apenas sons. À medida que a criança cresce, o diálogo se torna mais fluente, e o adulto tende a diminuir as modificações feitas no seu modo de falar. Segundo Stenberg (2000), “é como se eles inicialmente fornecessem um andaime pelo qual a criança pode construir um edifício de linguagem e, à medida que a sua linguagem desenvolve-se, os genitores removem gradualmente aquele andaime”.

Parece ser uma explicação simples, mas ela não é completa. Primeiramente, se as crianças aprendem por imitação, já deveriam começar falando frases completas e essas frases não poderiam ser diferentes daquelas que elas já tivessem ouvido. Contudo, as crianças começam a falar usando elocuições de uma só palavra e são extremamente criativas nas suas produções. Outro argumento contra a imitação é a super-reguralização, isto é, as crianças aprendem algumas regras gerais de funcionamento da língua e as aplicam aos casos excepcionais.

2.1.1.2 Condicionamento

Esse mecanismo propõe uma explicação bem simples para o progresso da fala da criança. Elas ouviriam a fala das outras pessoas e a associariam a um objeto ou

a um evento. Mais tarde, quando reproduzisse essa fala, seriam recompensadas pelos adultos. Após aproximações sucessivas, conseguiriam alcançar o modo de falar dos adultos, evoluindo, dessa forma, do balbúcio às frases complexas.

Todavia, existem algumas controvérsias nessa explicação. Primeiro, os pais não se preocupam com erros gramaticais ou fonéticos cometidos por seus filhos, mas com o conteúdo das elocuções. Em relação ao fenômeno da super-regularização³ encontra-se explicação para o seu término, mas não para o seu início. Além disso, a produtividade lingüística continua sem explicação, uma vez que as crianças produzem frases pelas quais jamais receberam reforço prévio.

2.1.1.3 Inatismo

De acordo com o inatismo, proposto, inicialmente, por Chomsky, os humanos teriam um dispositivo de aquisição de linguagem (DAL), isto é, estariam biologicamente pré-configurados para adquiri-la.

Diversos fatores apóiam essa teoria (STENBERG, 2000):

- a) a diversidade das estruturas fisiológicas que os humanos possuem e que são usadas exclusivamente para a fala;
- b) a rápida especialização fonêmica;
- c) a rapidez com que as crianças adquirem uma linguagem extremamente complexa, em contato com uma quantidade mínima de estímulos;
- d) as características universais documentadas ao longo do vasto conjunto de línguas humanas (centenas de padrões universais têm sido documentados em todas as línguas ao redor do mundo).

³ Fenômeno descrito no tópico 2.2.1.1

e) o sincronismo com que as crianças parecem adquirir esses aspectos da linguagem (na mesma sucessão e aproximadamente no mesmo tempo);

Não obstante, parece que nem a natureza, nem a educação sozinhas determinam a aquisição da linguagem. O postulado da *testagem de hipótese* estabelece a união da natureza e da educação: “as crianças adquirem a linguagem formando mentalmente hipóteses experimentais quanto à mesma, baseadas em sua facilidade hereditária para a sua aquisição (natureza), e depois testando essas hipóteses no ambiente (educação)” (STENBERG, 2000).

Desse modo, na construção de hipóteses, as crianças pequenas prestariam atenção nos padrões de modificação das palavras, nas alterações morfológicas, que mudam o significado das palavras, e na seqüência dos morfemas, evitariam as exceções e aprenderiam os padrões característicos de sua língua. Para Elissa Newport (apud STENBERG, 2000), as crianças não prestam atenção em todos os aspectos lingüísticos, mas somente nos mais notáveis que acabam sendo os mais significativos.

Embora nem todos os lingüistas apóiem essa concepção, os fenômenos da super-regularização e da produtividade lingüística parecem sustentá-la.

2.1.2 Abordagens teóricas

2.1.2.1 Teoria de B. F. SKINNER

Skinner é o mais famoso psicólogo defensor da hipótese behaviorista. Um dos seus principais preceitos, e de seus seguidores, é que o aprendizado se dá através de um processo denominado **condicionamento operante**. As mudanças no

comportamento voluntário são resultantes de eventos que seguem esse comportamento. Por um lado, eventos estimulam a recorrência de um comportamento, **reforço**, por outro lado, eventos contrários, diminuem a probabilidade de recorrência, **punição**.

Um bom exemplo é dado por Sharon James (apud HINZ, 2002). Uma criança fala *mama*, sua mãe feliz com essa produção, pega-a no colo, dando muitos beijos e abraços. Essa atitude é agradável para criança e aumenta a probabilidade dela repetir a fala. Isso é o que chamamos de reforço. Por outro lado, se a criança diz *mama* quando sua mãe não está por perto, ela não obterá nenhuma resposta da mãe e compreenderá que *mama* refere-se àquela pessoa em específico. Desse modo, aprende a se comportar dessa forma na presença de um estímulo particular (a mãe), fazendo a associação do referente (mãe) com o padrão de sons (*mama*).

Todavia, não são apenas os padrões de estímulo que despertam o interesse dos behavioristas. Segundo eles, a imitação também exerce uma função importante na aquisição de linguagem pela criança. O padrão de imitação segue um princípio fixo: o adulto fala uma palavra, a criança imita essa produção e o adulto recompensa a criança por essa repetição, mesmo que ela não seja fiel ao que foi dito inicialmente. Com o passar do tempo, a criança passa a falar mais parecido com o adulto, aprendendo como combinar as palavras da mesma maneira que aprendeu a reproduzi-las, através de imitação e posterior aproximação ao modelo adulto.

A crítica a essa visão é que os behavioristas tendem a enfatizar a influência do meio e ver a criança com um receptor passivo da linguagem, desprezando o seu papel no processo de aprendizagem. Não explicam o fato das crianças produzirem construções que nunca foram ouvidas por elas anteriormente, assim como o fato da aquisição dos padrões gramaticais, já que as construções agramaticais nem sempre

são corrigidas pelos pais, não podendo, assim, serem explicadas pelo reforço paterno.

2.1.2.2 Teoria de Noam CHOMSKY

Segundo Pinker (2002), “no século 20, a tese mais famosa de que a linguagem é como um instinto foi elaborado por Noam Chomsky, o primeiro lingüista a revelar a complexidade do sistema e talvez o maior responsável pela moderna revolução na ciência cognitiva e na ciência da linguagem”. Antes, as ciências sociais eram dominadas pelo behaviorismo, a escola de Watson e Skinner, que não estudavam os processos mentais e rejeitavam a existência de idéias inatas.

Chomsky ressaltou dois fatos fundamentais sobre a linguagem. Em primeiro lugar, cada frase dita ou ouvida é uma nova combinação de palavras que aparece pela primeira vez na história do universo. Por isso, uma língua não pode ser um repertório de respostas, o cérebro deve conter alguma receita ou programa que consiga construir um número infinito de frases a partir de uma lista finita de palavras. Esse programa é chamado de **Gramática Universal** (GU).

Segundo Chomsky (apud STENBERG, 2000), um cientista marciano observando crianças numa comunidade de linguagem única concluiria que a linguagem é quase completamente inata. Com isso, temos o segundo fato observado por Chomsky, o ritmo no qual as crianças adquirem palavras e gramática sem serem ensinadas é extraordinariamente rápido para ser explicado apenas pelos princípios da aprendizagem, o que ele chama de “pobreza de estímulo”. As crianças criam tipos diferentes de frases, que nunca ouviram antes, e por isso mesmo não podem estar imitando. Além disso, muitos dos erros cometidos por crianças

pequenas resultam do excesso de generalização (super-regularização) das regras gramaticais lógicas.

Para resolver esse problema, Chomsky (apud SCARPA, 2001) postula “a existência de uma série de regras gramaticais, mais um procedimento de avaliação e descoberta, presentes no **Dispositivo de Aquisição de Linguagem** (DAL); ao confrontá-la com o *input*, a criança escolhe as regras que supostamente fariam parte de sua língua”.

Num segundo momento, Chomsky introduziu a chamada *Teoria de Princípio e Parâmetros*, onde ele retoma o problema da “pobreza dos estímulos” com uma atitude platonista ante a linguagem. Chomsky transfere o problema de Platão (como é que o ser humano pode saber tanto diante de evidências tão passageiras, enganosas e fragmentárias?) para a linguagem. Desse modo, vincula a linguagem aos mecanismos inatos da espécie humana; surge a idéia dos universais lingüísticos. De acordo com essa teoria, o homem vem equipado, no estágio inicial, com uma Gramática Universal (GU), dotada de princípios universais pertencentes à faculdade da linguagem e de parâmetros não-marcados que adquirem seu valor no contato com a língua materna. Alguns dos parâmetros que têm sido estudados são: se a língua aceita sujeito nulo ou preenchido, se o objeto é nulo ou preenchido, o tipo de flexão ou estrutura do verbo etc (SCARPA, 2001).

Dessa forma, Chomsky (apud WOOD, 1996) nos conduz à concepção da capacidade de aquisição da linguagem quase como um “órgão mental”. “Os sons de fala que estimulam os nervos auditivos são ‘processados’ naturalmente de modo a revelar (a certa altura) as regras pelas quais aquela fala se estrutura” (WOOD, 1996). Assim, apesar das várias línguas serem aparentemente diferentes quanto à sintaxe e a fonética, Chomsky acredita que todas sigam certas propriedades

universais, para cuja produção e aquisição desenvolveu-se evolutivamente num sistema congênito (DAL).

Uma outra decorrência do inatismo lingüístico é a modularidade cognitiva da aquisição da linguagem. Dessa forma, a relação entre a língua e outros sistemas cognitivos como a percepção, a memória e a inteligência, é indireta, ou seja, a aquisição da linguagem não depende dele e nem de nenhuma interação social.

2.1.2.3 Teoria de Steven PINKER

Segundo Pinker (2002), a causa imediata de toda percepção, aprendizagem e comportamento é o cérebro humano. A aprendizagem não é uma alternativa ao inato; sem um mecanismo inato para aprender, ela simplesmente não ocorreria. Dessa forma, se o ambiente não fornece estímulo para desenvolver os mecanismos psicológicos inatos, a hereditariedade não pode ser responsável pelo desenvolvimento de habilidades, conhecimentos e valores (figura 2.1):

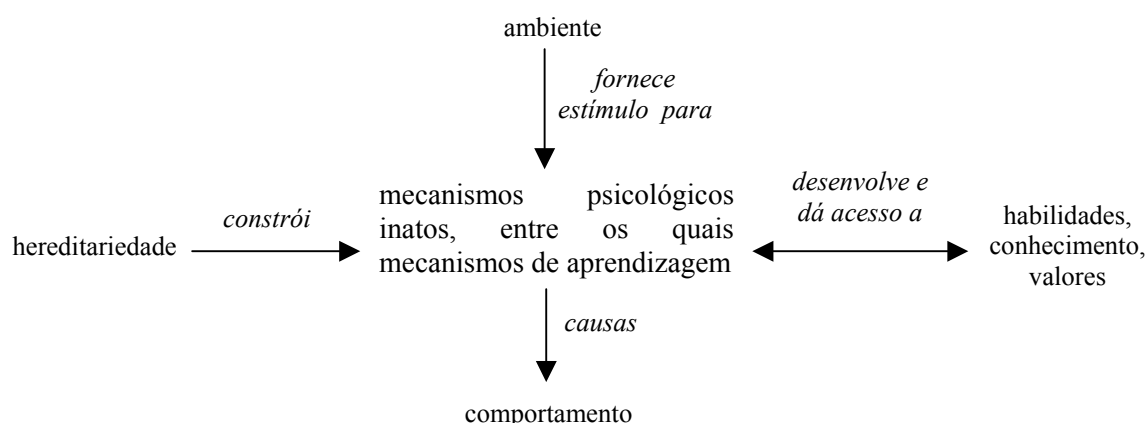


Figura 2.1: Influências recebidas pelo ser humano no processo de aprendizagem (PINKER, 2002, p.528)

Para Pinker, tanto a hereditariedade como o ambiente desempenham papéis importantes:

Uma criança criada no Japão acaba falando japonês; a mesma criança, criada nos Estados Unidos, acabaria falando inglês. Portanto, sabemos que o ambiente desempenha um

papel. Se uma criança cresce inseparável do seu *hamster*, a criança acaba falando uma língua, mas o *hamster*, exposto ao mesmo ambiente, não. Portanto, sabemos que a hereditariedade também tem o seu papel. (Pinker, 2002, p.528)

Contudo, não é apenas isto:

- a) a aprendizagem seria impossível se não existisse esse *design* por trás do aprendizado de uma língua em particular. As crianças, rapidamente, generalizam da fala de seus pais, as regras certas;
- b) apesar da linguagem surgir de uma maneira bem natural nos seres humanos, os mecanismos lingüísticos mentais têm de ter uma organização complexa, com a interação de muitas partes;
- c) as línguas não variam de modo arbitrário e sem limites, mas segundo um *design* comum denominado Gramática Universal;
- d) pessoas falam e entendem um conjunto infinito de frases novas, no entanto, não faz sentido estudar o comportamento lingüístico de cada uma delas, mas sim, a gramática mental e os mecanismos psicológicos que estão por trás desse comportamento;
- e) por fim, parece existir mecanismos exclusivos para a cultura e o comportamento simbólico em geral, já que crianças inocentes e povos primitivos dominam gramáticas complexas.

Pinker (2002) define um **mentalês universal**. Segundo ele, essa língua talvez seja um pouco semelhante ao português, ao chinês ou ao apache; é provável que tenha símbolos para conceitos e arranjos de símbolos. Deve ser mais rica em alguns sentidos, porque vários símbolos conceituais devem corresponder a uma determinada palavra do idioma falado. Deve haver uma parafernália extra para diferenciar tipos de conceitos logicamente distintos como *presas de Ralph* versus

presas em geral, e para ligar símbolos diferentes que se referem a uma mesma coisa, como *o homem loiro alto com um sapato preto* e *o homem*. Por outro lado, o mentalês deve ser mais simples que as línguas faladas; não existem palavras e construções (como *um* e *o*) dependentes do contexto, e informação sobre a pronúncia das palavras, e até mesmo sua ordem são desnecessárias. Talvez os falantes do português pensem num quase-português simplificado e comentado e os falantes do apache pensem num quase-apache. Porém para que essas línguas do pensamento sirvam ao raciocínio de modo adequado, elas teriam de ser muito mais parecidas umas com as outras do que seus equivalentes falados, e tudo leva a crer que elas não sejam diferentes uma das outras.

Para Pinker, a universalidade da língua é a primeira razão para suspeitar que a linguagem não é apenas uma invenção cultural, mas o produto de um instinto humano específico. As invenções culturais variam muito de uma sociedade para outra em termos de sofisticação, mas a linguagem existe em todas elas. “Existem sociedades da Idade da Pedra, mas não existe uma língua da Idade da Pedra” (PINKER, 2002). A idéia da linguagem como um instinto foi concebida pela primeira vez em 1871 por Charles Darwin em “*The Descent of Man*”:

Como... um dos fundadores da nobre ciência da filosofia observou, a linguagem é uma arte, como fermentar ou assar; mas a escrita teria sido uma comparação melhor. Ela decerto não é um verdadeiro instinto, pois toda língua tem de ser aprendida. Contudo difere muito de todas as artes comuns, pois o homem tem uma tendência instintiva a falar, como vemos no balbúcio de nossos filhos pequenos; nenhuma criança, no entanto, tem uma tendência instintiva a fermentar, assar ou escrever. Além disso, nenhum filósofo supõe atualmente que alguma língua tenha sido deliberadamente inventada; desenvolveu-se lenta e inconscientemente etapa por etapa. (PINKER, 2002, p. 11-12)

Apesar de ter sido influenciado por Chomsky, Pinker afirma que este confundiu muito dos seus leitores com seu ceticismo em relação à possibilidade da seleção natural darwiniana (em contraposição a outros processos evolutivos) poder explicar as origens do órgão da linguagem. Pinker considera a linguagem como uma adaptação evolutiva, como o olho. Além disso, para ele, as teses de Chomsky

baseiam-se em análises técnicas da estrutura das palavras e frases, muitas vezes expressas em “abstrusos formalismos” e suas discussões sobre falantes reais são superficiais e muito idealizadas. Pinker afirma que uma conclusão sobre a mente só é conveniente se dados oriundos de muitas fontes convergirem para ela.

2.1.2.4 Teoria de Jean PIAGET

Epistemólogo suíço, Jean Piaget foi responsável pela criação do **cognitivismo construtivista** ou **epigenético**. Segundo ele, a aquisição da linguagem depende do desenvolvimento da inteligência na criança e se dá na superação do estágio sensório-motor, por volta dos 18 meses.

Nesse estágio de desenvolvimento cognitivo, numa espécie de ‘revolução copernicana’, usando as palavras do próprio Piaget (1979), dá-se o desenvolvimento da função simbólica, por meio da qual um significante (ou um sinal) pode representar um objeto significado, além do desenvolvimento da representação, pela qual a experiência pode ser armazenada e recuperada (SCARPA, 2001, p.210).

Essas funções juntam-se a outros três processos na superação do que Piaget chama de “egocentrismo radical”, presente no período sensório-motor, no qual não existe uma diferenciação entre sujeito e objeto, a ponto do sujeito não se reconhecer nem mesmo como fonte de suas ações. Esses três processos são relacionados a seguir:

- a) o da coordenação gradual das ações, a fim de constituir uma conexão entre meios e fins;
- b) o da descentralização das ações em relação ao corpo próprio, isto é, entre sujeito e objeto; o sujeito passa a se identificar como agente de suas ações;
- c) o da permanência do objeto, mesmo quando ele está ausente do espaço perceptual da criança.

Por meio desses processos, torna-se possível o uso efetivo do símbolo e da representação de um sinal por outro, utilizando o princípio da arbitrariedade do símbolo. No campo da linguagem, o jogo simbólico, a imagem mental, as sucessivas coordenações entre as ações e entre estas e o sujeito, a possibilidade de internalizar e conceitualizar as ações passam a fazer parte de sua realidade.

Quando essas conquistas cognitivas se unem, o sujeito passa da inteligência sensória e motora à inteligência pré-operatória, e surge a possibilidade da adoção de símbolos públicos da comunidade ao invés dos seus significantes pessoais, ou seja, a linguagem torna-se possível, assim como outros processos da função simbólica geral, como desenhar. Através do desenvolvimento cognitivo gradativo a criança adquire cada vez mais a capacidade adulta em relação aos aspectos da linguagem.

Em oposição ao modelo inatista, a aquisição é vista como resultado da interação entre o ambiente e o organismo, através de assimilações e acomodações, responsáveis pelo desenvolvimento da inteligência em geral, e não como resultado do desencadear de um módulo – ou um órgão – específico para a linguagem. Por isso, pode-se dizer que a visão de Piaget sobre a linguagem é não-modularista. Assim também, a visão behaviorista é rejeitada, com a crença de que as crianças não esperam passivamente que o conhecimento de qualquer espécie seja transmitido, mas constroem seu próprio conhecimento (SCARPA, 2001).

As pesquisas de inspiração piagetiana foram desenvolvidas nas décadas de 1970 e 1980, época que também começaram a surgir às críticas ao seu trabalho. Elas se baseavam, principalmente, na ausência do aspecto social nas suas pesquisas.

2.1.2.5 Teoria de Lev Semyonovitch VYGOTSKY

Vygotsky, psicólogo russo que morreu prematuramente em 1934, teve a maior parte das suas obras traduzidas para o francês e o inglês a partir de 1960. No entanto, somente em 1970, essa obra passou a influenciar os estudos de aquisição de linguagem, representando uma alternativa ao construtivismo piagetiano e questionando o inativismo chomskiano.

De acordo com a sua teoria, o desenvolvimento da linguagem e do pensamento tem origens sociais externas (SCARPA, 2001). Para Vygotsky (apud SOUZA, 2001), o uso da linguagem é a condição mais importante para o desenvolvimento das estruturas psicológicas superiores (a consciência) da criança. A experiência histórica do homem reflete-se nas formas verbais de sua comunicação. Esse conteúdo histórico também foi interiorizado por meio da linguagem, logo, a natureza social das pessoas torna-se, igualmente, sua natureza psicológica.

Nesta visão, o mesmo aconteceria com a criança, o seu desenvolvimento cultural aconteceria, primeiro, em nível social e, mais tarde, em nível individual. Esse processo implicaria a utilização de símbolos e suporia uma evolução através de uma série de transformações qualitativas na consciência da criança. Assim, a consciência de cada criança retrataria a sua interação com a realidade.

O processo de internalização seria uma reconstrução interna de uma operação externa, mas diferente de Piaget, ressalta a importância da atividade do outro no processo, já que o sucesso deste depende da reação daquele. As transformações que ocorrem nesse processo são as seguintes:

- a) uma operação que a princípio representa uma atividade externa é reconstruída e passa a ocorrer internamente;

- b) as funções do desenvolvimento da criança passam do interpessoal (nível social) para o intrapessoal (nível individual). Assim, todas as funções superiores (memória lógica, formação de conceitos, entre outras) originam-se das relações reais entre as pessoas;
- c) o processo de internalização é resultado da história das relações reais entre as pessoas.

Vygotsky considera que o significado da palavra é a chave de compreensão da relação entre pensamento e linguagem e entre consciência e subjetividade. Desse modo, seria possível analisar as transformações semânticas da língua ao longo do desenvolvimento da criança.

Os trabalhos da linha vygotskiana entendem que a criança é o sujeito no processo de aquisição da linguagem, construindo seu conhecimento de mundo com a ajuda do outro. Os trabalhos nessa linha são conhecidos com “interacionismo social”.

2.2 TEORIAS LINGÜÍSTICAS

Por muito tempo os lingüistas tentaram encontrar padrões lingüísticos que pudessem ser aplicados a qualquer língua natural. Esses padrões nos permitiriam descrever uma língua e através de um conjunto simples de regras gerar as demais. Algumas das teorias mais significativas serão descritas abaixo.

2.2.1 Teoria de Noam CHOMSKY

Chomsky descreve uma gramática generativa-transformacional, na qual a sintaxe ocupa a posição central na descrição sincrônica da língua.

Uma gramática generativa tem como objeto descrever a *competência* do falante, isto é, o conhecimento que o falante-ouvinte possui da sua língua, e não a sua *performance*, isto é, o uso efetivo da língua em situações concretas. Segundo Chomsky (1978), “uma gramática generativa deve consistir num sistema de regras que, num modo iterativo, podem gerar um número indefinidamente grande de estruturas”. Podemos analisar esse sistema de regras através dos seus componentes principais: o sintático, o semântico e o fonológico. Ainda segundo Chomsky (1978, p.97):

A componente sintática especifica um conjunto infinito de objetos formais abstratos, cada um dos quais incorpora toda a informação relevante para uma interpretação única duma frase particular. (...) A componente fonológica duma gramática determina a forma fonética duma frase gerada pelas regras sintáticas. (...) A componente semântica determina a interpretação semântica duma frase.

Assim, a componente sintática de uma frase especifica uma estrutura profunda que determina a sua interpretação semântica e uma estrutura de superfície que determina a sua interpretação fonética.

Apesar de algumas teorias sintáticas considerarem que essas estruturas são efetivamente as mesmas, a idéia central da gramática transformacional é que essas estruturas são geralmente distintas, já que a estrutura de superfície é determinada pela aplicação repetida das transformações gramaticais sobre os objetos de natureza mais elementar.

Por exemplo, existem frases que apesar de aparentemente serem diferentes, apresentam interpretações semelhantes:

É difícil ler este livro.

Este livro é difícil de ler.

O João comeu o bolo.

O bolo foi comido pelo João.

Esse problema é resolvido analisando a estrutura profunda da frase. Assim, Chomsky propõe uma análise da frase em constituintes imediatos (CI), ou seja, numa primeira etapa, mostra como os elementos se agrupam para constituírem unidades que, por sua vez, se associam a outras unidades para formarem outros constituintes mais elevados, até alcançar o constituinte máximo que é a frase. Essa estrutura hierárquica pode ser representada naturalmente através de vários dispositivos, como o diagrama em árvore que nos permite visualizar os níveis de organização da árvore e as relações existentes entre eles.

Ex: O João comprou todos os livros.

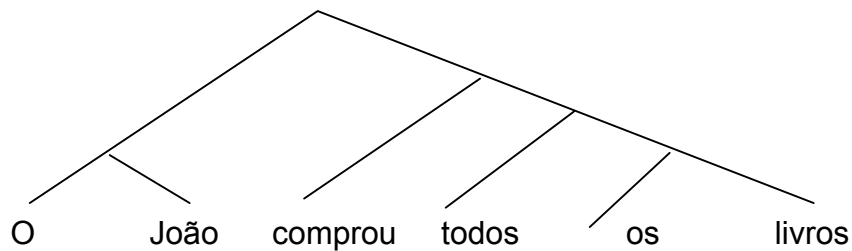


Figura 2.2: Diagrama em árvore (CHOMSKY, 1978, p.13)

Numa segunda etapa, a análise em CI nos permite representar a classe de constituintes ou de categoria (figura 2.3).

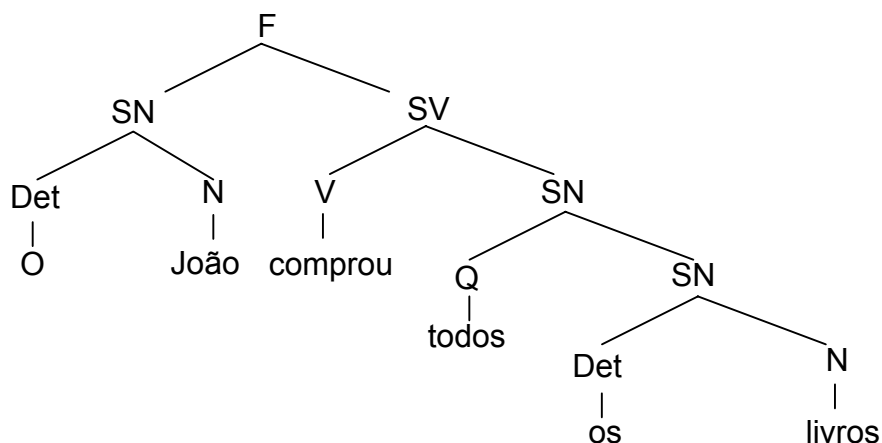


Figura 2.3: Diagrama em árvore (CHOMSKY, 1978, p.17)

Onde a frase (F) é formada por um Sintagma Nominal (SN) e por um Sintagma Verbal (SV). O Sintagma Nominal é formado por um Determinante (Det) e um Nome (N). O Sintagma Verbal é formado por um Verbo (V) e por outro SN, que por sua vez é constituído de um quantificador (Q) e de outro SN, que finalmente é composto por um Determinante (D) e Nome (N).

A essa representação da estrutura da frase através de uma árvore etiquetada com símbolos damos o nome de Indicador Sintagmático.

2.2.2 Teoria de Steven PINKER

Segundo Pinker (2002), “numa gramática humana, palavras se agrupam em sintagmas, como brotos num galho. O sintagma recebe um nome – um símbolo mental – e pequenos sintagmas podem ser reunidos em sintagmas maiores”.

Assim, podemos definir os sintagmas nominais (NP) e verbais (VP):

$S \rightarrow NP VP$, ou seja, uma frase é formada por um sintagma nominal mais um sintagma verbal.

$VP \rightarrow V NP$, ou seja, um sintagma verbal é formado por um verbo mais um sintagma nominal.

$NP \rightarrow (det) N A^*$, ou seja, um sintagma nominal é formado por um determinante opcional, um substantivo e qualquer número de adjetivos.

Precisamos definir também um dicionário que especifique a classe gramatical de cada palavras, por exemplo:

$N \rightarrow$ menino, menina, cachorro, gato, sorvete

$V \rightarrow$ come, gosta, morde

$A \rightarrow$ feliz, sortudo, alto

det → um, uma, o, a

Utilizando as regras e o dicionário acima podemos montar uma árvore (figura 2.4).

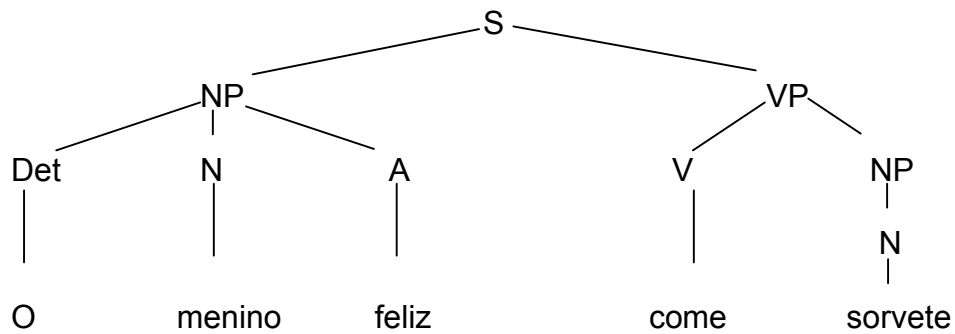


Figura 2.4: Diagrama em árvore (PINKER, 2002, p.116)

Segundo Pinker (2002), existem quatro princípios para a construção do significado de um sintagma a partir do significado das palavras que o compõem:

a) o sintagma inteiro se refere àquilo a que se refere à palavra núcleo.

Ex.: NP: O *gato* de chapéu ⇒ refere-se a um tipo de gato e não a um tipo de chapéu.

VP: *Voar* para o Rio antes que a polícia o apanhe ⇒ é um exemplo de voar, não um exemplo de apanhar.

b) os sintagmas se referem a conjuntos de argumentos (termo empregado em lógica e matemática para um participante de uma relação) que desempenham um papel específico.

Ex.: João entregou os documentos à secretária.

Arg1: João (entregador)

Arg2: documentos (a coisa entregue)

Arg3: secretária (o recebedor)

Os sintagmas nominais também podem atribuir papéis a um ou mais argumentos, como em 'retrato de Marcus', 'governador da Califórnia' e 'sexo com Guilherme', cada qual definindo um papel.

O núcleo e seus argumentos reúnem-se num subsintagma, menor que um NP ou VP, denominado $\bar{N}$ e $\bar{V}$ (figura 2.5).

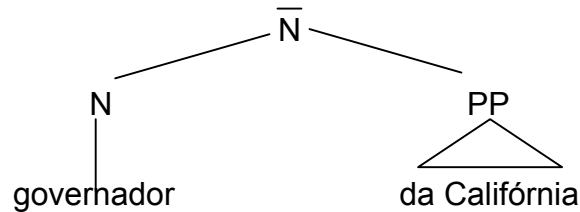


Figura 2.5: Diagrama em árvore (PINKER, 2002, p.126)

c) um sintagma pode ser formado por um ou mais modificadores (geralmente chamados de adjuntos). Os argumentos e os modificadores (dão informações extras) ocupam lugares diferentes na árvore da estrutura sintática (figura 2.6).

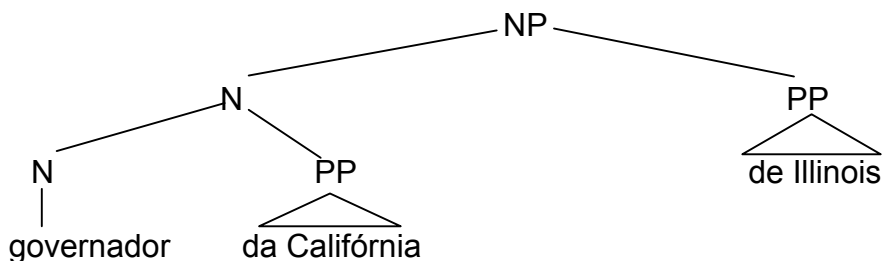


Figura 2.6: Diagrama em árvore (PINKER, 2002, p.127)

d) o quarto componente do sintagma seria um especificador (SPEC), posição especial reservada a sujeitos. O sujeito é um protagonista especial, geralmente o agente causal, quando existe um (figura 2.7).

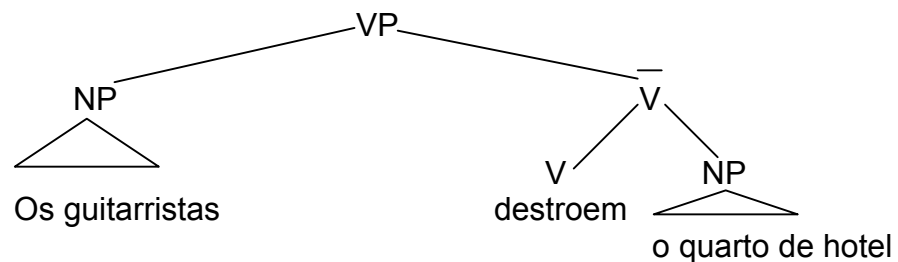


Figura 2.7: Diagrama em árvore (PINKER, 2002, p.129)

Segundo Pinker (2002, p. 129-130):

Com esse *design* comum, não é necessário arrolar uma longa lista de regras para apreender o que está dentro da cabeça de um falante. É preciso haver um pequeno número de super-vagas para toda a língua, em que as distinções entre substantivos, verbos, preposições e adjetivos desaparecem e as quatro categorias são especificada com uma variável como 'X'.

Logo,

$XP \rightarrow (\text{SPEC}) \bar{X} YP^*$, ou seja, um sintagma é formado por um sujeito opcional, um x barra e um número indefinido de modificadores (*).

$\bar{X} \rightarrow X ZP^*$, ou seja, um X-barra é formado por uma palavra núcleo e um número qualquer de protagonistas.

Assim, se trocarmos o X, o Y e o Z por substantivo, verbo, adjetivo ou preposição, teremos as regras da estrutura sintagmática para formação de sintagmas.

Logo, se removermos a regra da esquerda para a direita de cada super regra, ou seja, se tornarmos as árvores móveis, podemos criar super-regras que dão conta dos sintagmas de todas as línguas.

Ex.: $\bar{X} \rightarrow \{ZP^*, X\}$, ou seja, um X-barra é formado por um núcleo X e qualquer número de argumentos, em qualquer ordem.

Assim, para obter a língua inglesa, basta acrescentar que a ordem dentro do X-barra é “núcleo principal”. Para obter a língua japonesa, essa informação é que a ordem é “núcleo final”.

Dessa forma, Pinker (2002, p.131) afirma que:

A super-regra está começando a parecer menos um esquema exato de um sintagma em particular e mais um guia ou princípio geral de como os sintagmas devem ser. O princípio só é utilizável depois de combinado com os parâmetros de ordem específicos do idioma. Essa concepção geral de gramática, proposta pela primeira vez por Chomsky, chama-se teoria dos 'princípios e parâmetros'.

2.2.3 Teoria de Charles FILLMORE

Segundo Fillmore (1997), os constituintes de uma frase são as palavras, que são organizadas em frases e algumas dessas frases são agrupadas em frases maiores, que constituem uma sentença. A essa segmentação da sentença damos o nome de estrutura da frase.

Ex.: [[Na minha [turma]], [existem [alunos muito [inteligentes]]]].

Assim, pode-se dizer que a gramática do Inglês é um conjunto de construtores gramaticais, de tal forma que cada palavra ou frase bem formada do inglês é reconhecida por um desses construtores. Quando uma sentença ou outra expressão lingüística é mal-formada não existe uma combinação de construtores gramaticais capazes de reconhecer uma frase constituída por essa seqüência de palavras.

Dois aspectos podem ser explorados quando falamos de estruturas lingüísticas. Um deles relacionado com a estrutura dos constituintes e outro com as propriedades dos constituintes (descrevem o que eles são e o que eles significam). A **estrutura de características** é uma maneira de representar as informações sobre as estruturas lingüísticas. O conjunto mais simples de características é constituído de duas partes, um atributo e um valor do atributo. Uma estrutura de características possível seria composta por um atributo *tempo* e por seu valor *presente*.

Uma parte da caracterização de um atributo é uma lista de valores potenciais. Por exemplo, para o atributo *tempo* poderíamos ter os valores potenciais *passado* e *presente*, para *número*, teríamos *singular* e *plural*.

Ex: Meus pais **moram** no Rio de Janeiro.

Tempo: Presente Número: Plural

Num nível superior reconhecemos, para descrições gramaticais dos constituintes sintáticos, as seguintes classes de características (FILLMORE, 1997):

- a) características funcionais (especialmente, regras frasais);
- b) características sintáticas e semânticas;
- c) características de valência;
- d) características fonológicas.

2.2.3.1 Características funcionais

Características funcionais são características atribuídas aos “filhos” das construções sintagmáticas que mostram como os elementos estão relacionados com a sentença. Podem assumir valores tais como complemento, modificador, especificador e *filler* (indivíduo ou relação associado à estrutura conceitual da idéia expressa no atributo).

Ex.: O menino ruivo, rapidamente, abriu o seu presente..

especificador modificador complemento

Qual é a idade do John?

filler

2.2.3.2 Características sintáticas e semânticas

Referem-se às relações existentes entre o sintático e o semântico numa frase. São divididas em dois tipos, intrínsecas e relacionais. Resumidamente, as primeiras identificam as propriedades dos constituintes da frase, dizendo o que eles são,

enquanto as outras identificam a função de cada um deles num determinado contexto.

2.2.3.2.1 Características relacionais

As características relacionais identificam as funções dos constituintes relacionadas com as necessidades combinatórias de cada parte da sentença, são divididas em funções gramaticais, como sujeito (sujeito+verbo), objeto (segue o sujeito) e oblíquo (tudo que não faz parte do sujeito ou do objeto) e regras *theta*.

Ex.: O menino foi atropelado pelo caminhão ontem à noite.

Sujeito: O menino foi atropelado

Objeto: pelo caminhão

Oblíquo: ontem à noite.

As regras *theta* são as regras semânticas seguidas pelas expressões lingüísticas em esquemas particulares como ação, movimento, cognição etc. Essas noções aparecem nas fronteiras das estruturas semânticas e sintáticas, funcionando como elos. Exemplos de regras *theta* são (FILLMORE, 1997):

- a) agentes e pacientes: mudanças causadas pelas diferenças entre os participantes que sofrem e que realizam a ação;

Ex.: A pedra quebrou. / João quebrou a pedra.

- b) tema, origem, objetivo e caminho em eventos de movimentação;

Ex.: Eles dirigiram da fazenda até o lago pela BR040.

- c) experimentador, conteúdo e estímulo num evento psicológico (emoções, percepções etc).

Ex.: O João viu o unicórnio.

É interessante deixar claro que não existe uma relação de um para um entre relações semânticas e funções gramaticais, ou seja, elas não são definidas em termos de interpretações semânticas de funções gramaticais específicas. Isso contradiz algumas definições de sujeito e objeto onde sujeito é definido como o nome da pessoa que faz alguma coisa e objeto como o nome do objeto que sofre alguma ação.

Ex.: John quebrou a janela.

O martelo quebrou a janela.

A janela quebrou.

2.2.3.2.2 Características intrínsecas

As características intrínsecas se dividem em sintáticas e semânticas. As características sintáticas, por sua vez, se dividem em núcleo e nível. As primeiras são aquelas que estão presentes na identificação da frase da qual o constituinte faz parte, as mais importantes informam a categoria do constituinte, são elas: n (nome), v (verbo), p (preposição) e a (adjetivo).

Ex.: O menino bonito saiu da sala.

n a v p n

As outras indicam se o constituinte pertence ao nível lexical referindo-se a uma palavra, ou ao maximal, referindo-se a um argumento do predicado ou um constituinte maior da sentença. Essas duas noções, no entanto, são independentes.

Já as características semânticas incluem aquelas que identificam características: sexo (masculino/feminino), inanimado/animado, determinado/indeterminado, etc. e estão geralmente relacionadas com *frames*, isto

é, uma estrutura conceitual que é recuperada ou codificada numa construção, principalmente em estruturas léxicas. É formada por um conjunto de atributos e valores associados que descrevem uma entidade do mundo real. Por exemplo, um *frame* bastante conhecido é o *frame* comercial que pode ser acionado pelos verbos comprar e vender. Os participantes e as propriedades serão classificados em compradores, vendedores, mercadorias e dinheiro.

2.2.3.3 Características de valência

Esse atributo é um conjunto de estruturas de características. Cada uma fornece características semânticas ou sintáticas com determinado valor para os núcleos lexicais.

Ex.: A temperatura **permanece** em zero. (valor em)

A temperatura **baixou** para zero. (valor para)

2.2.3.4 Características fonológicas

Corresponde as características fonológicas de uma palavra ou frase, aparecendo, geralmente, entre aspas. Não serão descritas em mais detalhes por fugirem do escopo desse trabalho (FILLMORE, 1997).

2.2.4 Teoria de Ray JACKENDOFF

Segundo Verspoor (2004), Ray Jackendoff desenvolveu uma representação para a estrutura conceitual que tenta refletir o conhecimento de mundo humano. A

sua metodologia para identificar os constituintes dessas estruturas inclui a análise dos diferentes contextos lingüísticos nos quais determinadas palavras podem ser usadas, generalizando as relações entre usos e itens lexicais. Assim, os componentes das representações lexicais recebem um significado consistente e podem ser combinados de maneira restrita.

Dessa forma, fica claro que suas pesquisas focam primeiramente o significado lexical, sintaticamente relevante, sendo as estruturas entidades que capturam conceitos e pensamentos. Suas análises, então, estão voltadas para a identificação de regularidades do léxico que tem uma influência direta nas estruturas sintáticas.

2.2.4.1 Componentes da Semântica Conceitual

Nesse ponto da investigação sobre significado semântico é aceitável que algumas formas de decomposição lexical sejam necessárias para capturar as generalizações sobre as relações entre as formas sintáticas e os sentidos pretendidos. Para Jackendoff, o significado da palavra tem que possuir uma estrutura interna, devido à criatividade no uso da linguagem e as regularidades que acompanham esse uso, que especifica as condições necessárias para a aplicação dessa palavra. A decomposição do significado da palavra em elementos semânticos menores permite especificar um sistema que contém a maneira como esses elementos podem se relacionar e podem formar frases (evitando sentenças semanticamente erradas). Essas distinções semânticas interagem diretamente com as formas sintáticas e podem ser consideradas uma parte do conhecimento lexical e do conhecimento de mundo a respeito das formas verbais.

Ex.: Bill carregou os livros no caminhão.

Bill carregou o caminhão com livros.

2.2.4.2 Classificação Semântica

Uma classificação léxica se torna necessária para identificar as generalizações referentes às formas sintáticas e os seus significados. Baseia-se na estrutura interna, atribuída ao uso criativo da linguagem, e nas regularidades que acompanham esse uso, a fim de reconhecer o significado das palavras. A decomposição desse significado em unidades semânticas menores permite a especificação de um sistema que restringe a maneira que esses elementos podem se relacionar e a maneira que as frases serão construídas.

Jackendoff (VERSPOOR, 2004) explica que a estrutura conceitual é feita de um conjunto de entidades que se combinam para desempenhar um número de funções significativas. Essa listagem não pretende ser completa, tendendo a manter o menor número de categorias possível. Essas categorias estão na tabela 2.1:

Conceito primitivo	Categoria Sintática	Significado tradicional
Coisa	Sintagma nominal	Agente, paciente, assunto, etc.
Lugar	Sintagma preposicional	Localização
Caminho	Sintagma Preposicional	Origem, destino
Evento	Verbo (ação), por exemplo, “ir”	Predicados com “ir”
Estado	Verbo (estado), por exemplo, “ser”	Predicados com “ser”

Tabela 2.1: Categorias e seus significados (VERSPOOR, 2004, p. 8)

Logo, segue uma formalização para as estruturas conceituais a partir das categorias acima:

[COISA]: [Coisa X]

[LUGAR]: [Lugar X] → [Lugar FUNÇÃO DO LUGAR [Coisa Y]]

[CAMINHO]: [Caminho X] → [Caminho FUNÇÃO DO CAMINHO [Coisa Y]]

[Caminho FUNÇÃO DO CAMINHO [Lugar Y]]

[EVENTO]: [Evento X] → [Evento IR [Coisa Y], [Caminho Z]]

[Evento FICAR [Coisa Y], [Lugar Z]]

[Evento CAUSAR [Coisa Y], [Evento Z]]

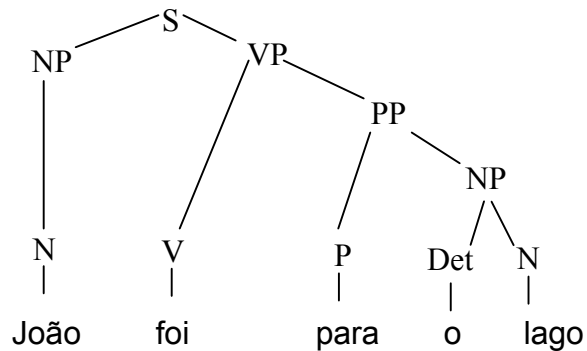
[ESTADO]: [Estado X] → [Estado SER [Coisa Y], [Lugar Z]]

[Estado ORIENTAR [Coisa Y], [Lugar Z]]

[Estado EXTENDER [Coisa Y], [Lugar Z]]

Exemplo: João foi para o lago.

Estrutura sintática:



Estrutura semântica:

[Evento IR [Coisa JOÃO], [Caminho PARA [Coisa LAGO]]]

A existência dessas ontologias oferece um ponto para a identificação das generalizações sobre como as palavras podem se combinar para formar constituintes frasais e como esses constituintes podem se combinar para formar constituintes maiores. Devido à criatividade da linguagem, fica claro que nós não aprendemos apenas as maneiras léxicas específicas para juntar as palavras. A ontologia suporta a identificação desses padrões de combinação permitindo o mapeamento dessas palavras e sintagmas em classes gerais.

2.3 TEORIAS DE APRENDIZAGEM

É essencial definir as teorias da aprendizagem que fundamentam o desenvolvimento de um software educacional, já que a utilização desses se justifica exatamente por sua capacidade de facilitar o aprendizado do aluno e, no que tange ao escopo desse trabalho, especialmente, o aprendizado da língua inglesa.

2.3.1 Condições de Aprendizado

A teoria de Robert Gagné é baseada numa visão behaviorista e contém as seguintes idéias (PARREIRA, 2003):

- a) a aprendizagem causa uma mudança observável no aluno;
- b) as habilidades devem ser aprendidas uma de cada vez;
- c) cada nova habilidade aprendida deverá ser construída com base nas habilidades adquiridas anteriormente;
- d) a aprendizagem e conhecimento são ambos hierárquicos por natureza.

Os conceitos de aprendizagem de Gagné baseiam-se na aquisição e desenvolvimento de habilidades intelectuais de forma hierárquica, melhorando suas capacidades intelectuais, afetivas e motoras. Condições internas e externas diferentes são necessárias para cada tipo de aprendizado, já que os sucessos externos estimulam os processos internos de aprendizagem.

As tarefas de ensino devem estar associadas a diferentes tipos de aprendizagem que fazem parte de um processo seqüencial. A importância da classificação desses tipos é que cada um requer diferentes tipos de instrução. Gagné identifica cinco categorias principais de aprendizado (PLANETA EDUCAÇÃO):

- a) informação verbal;

- b) habilidades intelectuais;
- c) estratégias cognitivas;
- d) habilidades motoras;
- e) atitudes.

Deve-se desenvolver cada capacidade de forma diferenciada, partindo do mais simples para o mais complexo, dando sempre oportunidade para que os resultados estimulem novas aprendizagens. Gagné sugere uma hierarquia, de acordo com a complexidade (GAGNÉ, 1974):

- a) a **aprendizagem de sinais** está relacionada com o condicionamento clássico. Trata-se da descrição de um conjunto de condições apropriadas para estabelecer uma resposta condicionada. As condições para o estabelecimento dessa forma de aprendizagem são o estímulo que produz a resposta geral e o estímulo que se transforma em sinal. Assim, a voz de comando militar “Atenção!” é usada para assinalar uma situação de alerta. Dessa forma, as respostas para este tipo de aprendizagem são “gerais, difusas e emocionais”, não podendo ser controladas voluntariamente;
- b) a **aprendizagem de estímulo e resposta** é realizada por meio de condicionamento operante. É um tipo de aprendizagem constituída pela execução de movimentos musculares muito precisos em resposta a estímulos ou a um conjunto de estímulos muito específicos. O processo de discriminação faz parte desse aprendizado na medida que certo grau de precisão é estabelecido na resposta, que pode ser facilmente diferenciada de outras, semelhantes mas “erradas”. Esse processo parece estar presente na aquisição de novos hábitos de vocalização em

crianças pequenas e no aprendizado de palavras estrangeiras em adultos;

- c) o **encadeamento** de dois ou mais atos sucessivos, ou seja, trata-se de ligar em uma seqüência dois (ou mais) pares estímulo-resposta apreendidos anteriormente, devendo haver contigüidade entre cada elo e o seguinte;
- d) a **associação verbal** é o encadeamento de tipo verbal. Poderiam ser classificadas como um subtipo da aprendizagem tipo cadeia, mas devido à versatilidade dos processos humanos, as associações verbais apresentam características especiais. Por exemplo, pode-se aprender a traduzir uma palavra da língua portuguesa para uma estrangeira através da aquisição de uma cadeia. Se as palavras boneca e *doll* forem repetidas um número de vezes suficientes a uma criança, ela provavelmente encontrará um código que a auxiliará a aprender a cadeia;
- e) a **discriminação múltipla** está associada à emissão de respostas diferentes a estímulos próximos. Para se adquirir as discriminações múltiplas deve-se, inicialmente, fixar um conjunto de pares estímulo-resposta que diferenciem os estímulos e realcem as cadeias que levam as respostas. No entanto, as novas cadeias interferem na conservação de outras aprendidas anteriormente e vice-versa. O fenômeno de interferência (basicamente o esquecimento) é uma característica importante desse tipo de aprendizado. Logo, deve-se reduzir ou prevenir esse fenômeno, estabelecendo a maior distinção possível entre os estímulos;

- f) a **aprendizagem de conceitos** está associada ao entendimento de propriedades abstratas, ou seja, aprender um conceito significa aprender a responder a estímulos tais como cor, forma, posição, número, como opostas a propriedades físicas concretas, como comprimento de onda ou intensidades específicas;
- g) a **aprendizagem de princípios** relaciona dois ou mais conceitos, logo, quando um princípio está sendo aprendido, o indivíduo já deve dominar os conceitos que estão sendo encadeados;
- h) a **solução de problemas** é a elaboração de um novo conceito baseado nos já aprendidos. Um indivíduo soluciona problemas estimulando a si mesmo ou reagindo às várias formas de estimulação provenientes de seu ambiente. Por meio dos processos de combinação de princípios antigos e novos, torna-se apto a resolver problemas novos para ele, adquirindo dessa forma, maior reserva de habilidades.

Estes eventos devem fornecer condições necessárias para o aprendizado, servindo como base para a instrução e para a escolha de meios apropriados.

2.3.2 Teoria da Conversação

Segundo G. Pask (PLANETA EDUCAÇÃO), o aprendizado se dá através da conversação sobre a matéria da disciplina o que torna o conhecimento explícito. Essa conversação pode ocorrer através de linguagem natural (discussão geral), linguagem objeto (discutindo o assunto da disciplina) ou metalinguagem (falando sobre aprendizado/linguagem).

Nesse sistema, as respostas dependem da opinião da pessoa sobre o comportamento da outra e da discussão para encontrar o significado comum. As

discussões entre os indivíduos são conduzidas por vários níveis lógicos: eles usam uma linguagem objeto para entender conceitos e demonstrá-los, usam uma linguagem conversacional com perguntas, respostas e comandos para falar sobre os conceitos e explica-los. Dessa forma, chega-se a um conceito intermediário, combinando as explicações. A compreensão é estabelecida quando o indivíduo consegue explicar o seu conceito e o do seu interlocutor (figura 2.8).

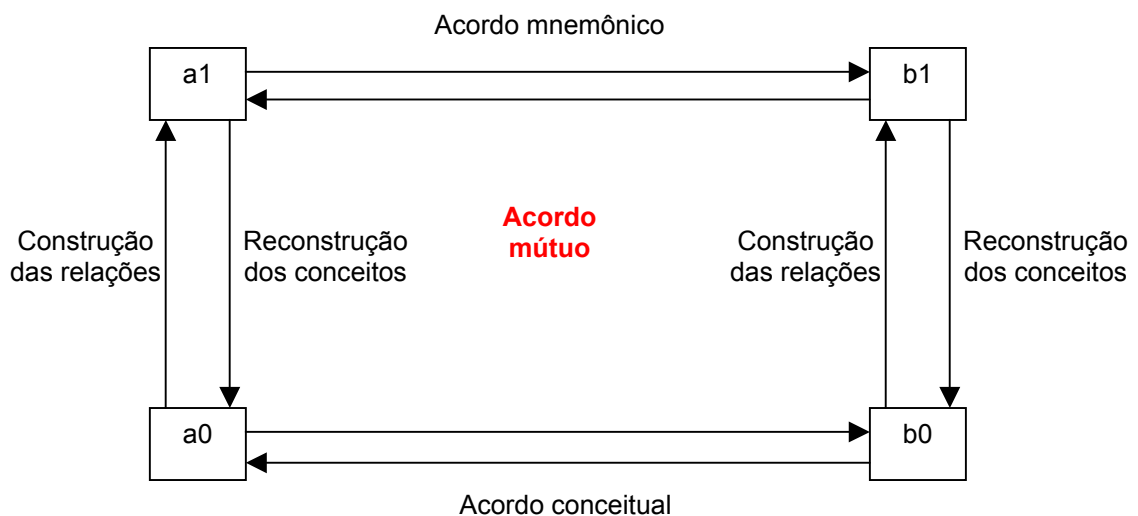


Figura 2.8: Compreensão de conceitos. (GROSCHLER *et al*, 2003, p.15, tradução nossa)

De acordo com esse método, existem dois tipos de aprendizes: os holísticos e os seriais. Os holísticos possuem vários objetivos menores intrínsecos ao seu objetivo maior, assim assimila informações de vários tópicos a fim de dominar o tópico principal. Já os seriais, possuem um único objeto de estudo que só é substituído quando o aprendiz estiver certo da completude dos primeiros.

Para criar um sistema coerente de conhecimento, é importante que o aprendizado seja ativo e que o aprendiz possa criar seus próprios modelos interligados com seus conhecimentos anteriores.

Como forma de facilitar o aprendizado, os conceitos podem ser expostos através de analogias, conceitos super/subordinados, entre outros. Assim, o indivíduo poderia formar um conceito maior através da compreensão de conceitos menores.

Esse método de aprendizado utilizado é chamado de *teachback*, no qual existem trocas de aprendizado entre os interlocutores.

2.3.3 Teoria do Aprendizado Significativo

Ausubel é representante do cognitivismo, logo, fala em aprendizagem segundo o *construto cognitivista*, ou seja, para ele a aprendizagem é um “processo de armazenamento de informação, condensação em classes mais genéricas de conhecimentos, que são incorporadas a uma estrutura no cérebro do indivíduo, de modo que esta possa ser manipulada e utilizada no futuro” (MOREIRA, 1982).

O conceito mais importante na teoria de Ausubel é o de *aprendizagem significativa*. Para Ausubel (MOREIRA, 1982), “aprendizagem significativa é um processo pelo qual uma nova informação se relaciona com um aspecto relevante da estrutura de conhecimento do indivíduo”. A nova informação interage com os conceitos *subsunçores* (estrutura de conhecimento específica, já existentes na estrutura cognitiva do indivíduo), ancorando-se em conceitos relevantes preexistentes nessa estrutura, formando uma hierarquia conceitual na qual elementos mais específicos são ligados a conceitos mais gerais.

A aprendizagem significativa pode ocorrer por recepção ou por descoberta. Na primeira, o conhecimento é apresentado ao aprendiz na sua forma final, na segunda, ele deve ser descoberto pelo aprendiz e depois disso o novo conceito deverá se ligar a conceitos subsunçores relevantes.

Essa aprendizagem contrasta-se com a que Ausubel define como aprendizagem mecânica, na qual a nova informação é armazenada de maneira arbitrária, não havendo interação entre a nova informação e a informação anteriormente armazenada. Segundo Ausubel (MOREIRA, 1982), “o conhecimento

assim adquirido fica arbitrariamente distribuído na estrutura cognitiva sem ligar-se a conceitos subsunçores específicos”.

Existem duas teorias para a origem dos subsunçores. Na primeira a aprendizagem mecânica seria necessária para o indivíduo adquirir informação numa área de conhecimento completamente nova para ele, até que existam elementos na estrutura cognitiva que possam servir com subsunçores. À medida que a aprendizagem torna-se significativa, esses subsunçores tornam-se mais elaborados e capazes de ancorar novas informações. Na segunda, os conhecimentos seriam adquiridos pelas crianças num processo denominado formação de conceitos que envolveriam generalizações de instâncias específicas. Como a maioria das crianças ao atingir a idade escolar já possui um conjunto adequado de conceitos, a aprendizagem significativa ocorria por recepção. A partir daí, apesar de ocorrer, ocasionalmente, a formação de conceitos, a maioria dos novos conceitos seria adquirida por assimilação, diferenciação progressiva e reconciliação integrativa.

Na assimilação de conceitos, os conceitos são adquiridos pela recepção de seus atributos criteriosais e pelo relacionamento desses atributos com idéias relevantes já estabelecidas na estrutura cognitiva. Na diferenciação progressiva ocorre a elaboração hierárquica de proposições e conceitos na estrutura cognitiva, de modo que as idéias mais inclusivas a serem aprendidas sejam assimiladas primeiro e somente depois diferenciadas em termos de detalhes e especificidades. Já na reconciliação integrativa ocorre um delineamento explícito de similaridade e diferenças entre idéias correlatas.

Segundo Ausubel, a aprendizagem significativa pressupõe que o material a ser aprendido seja potencialmente significativo para o aprendiz e que este manifeste uma disposição de relacionar o novo material de maneira substantiva e não arbitrária

a sua estrutura cognitiva. Dessa forma, numa abordagem ausebeliana, em termos de significado, a análise do currículo e o ensino implicam (MOREIRA, 1982):

- a) identificar a estrutura de significados aceita no contexto da matéria de ensino;
- b) identificar os subsunçores (significados) necessários para a aprendizagem significativa da matéria de ensino;
- c) identificar os significados preexistentes na estrutura cognitiva do aprendiz;
- d) organizar seqüencialmente o conteúdo e selecionar materiais curriculares, usando as idéias de diferenciação progressiva e reconciliação integrativa como princípios programáticos;
- e) ensinar usando organizadores prévios, para fazer pontes entre os significados que o aluno já tem e os que ele precisaria ter para aprender significativamente a matéria de ensino, bem como para o estabelecimento de relações explícitas entre o novo conhecimento e aquele já existente e adequado para dar significados aos novos materiais de aprendizagem (Moreira, 2004, p.6).

2.3.4 Aprendizado Experimental

Segundo Rogers (apud JUSTOS, 1975) “não se pode ensinar diretamente a uma outra pessoa, pode-se, tão somente, facilitar-lhe a aprendizagem”. Ele definiu duas categorias de aprendizado: uma sem significado, ou seja, o aprendizado cognitivo (corresponde ao conhecimento acadêmico, como o aprendizado de vocabulário ou de tabelas de multiplicação); e uma com significado, ou seja, o aprendizado experimental (o conhecimento aplicado de acordo com as necessidades e as vontades dos alunos).

Para Justos (1975), “o decálogo de princípios que embasam a teoria rogeriana” são:

- a) todos os seres humanos são capazes de aprender;
- b) o aluno só terá um aprendizado significativo se tiver consciência da importância da matéria para seus objetivos;
- c) quando a aprendizagem implica uma mudança da organização do indivíduo tende a provocar resistência e ser ameaçadora;

- d) as aprendizagens ameaçadoras são mais facilmente assimiladas quando as ameaças externas são reduzidas ao grau mínimo;
- e) as ameaças à integridade do organismo possibilitam a ocorrência de aprendizagem (distinção das plantas venenosas das outras), mas as ameaças a moral do indivíduo (humilhações, desrespeitos etc) interferem negativamente nesse processo;
- f) grande parte da aprendizagem significativa é adquirida pela prática;
- g) a participação responsável no processo de aprendizagem facilita a aprendizagem do aluno;
- h) a aprendizagem voluntária é a mais duradoura e percuciente;
- i) independência, criatividade, auto-confiança são facilitadas se a auto-crítica e a auto-avaliação forem estimuladas;
- j) no mundo moderno, é imperativa a necessidade de aprendizado do processo de aprendizagem.

Dessa maneira, o aprendizado seria cíclico, começando com a experiência, passando pela reflexão até chegar à ação, que se torna uma experiência concreta para reflexão.

Assim, segundo Rogers (apud JUSTOS, 1975) “o escopo de uma educação verdadeiramente democrática consiste em propiciar aos alunos as condições para se tornarem indivíduos”:

- a) capazes de tomar decisões pessoais com responsabilidade;
- b) capazes de fazer escolhas inteligentes e se auto-orientar;
- c) com espírito crítico;
- d) capazes de aplicar seus conhecimentos à solução de problemas;

- e) capazes de se adaptar a novas situações problemáticas, utilizando, de forma livre e criadora, suas experiências anteriores;
- f) capazes de cooperar com os outros em diferentes atividades;
- g) capazes de trabalhar para alcançar seus próprios objetivos.

Dessa forma, o professor tem o dever de promover uma atmosfera positiva para o aprendizado, esclarecendo os objetivos, organizando e fornecendo material, equilibrando os componentes intelectuais e emocionais, dividindo sentimentos e pensamentos com os aprendizes, sem dominar.

2.3.5 Inteligências Múltiplas

Howard Gardner (1995) define a inteligência como “a capacidade de solucionar problemas ou elaborar produtos que sejam valorizados em um ou mais ambientes culturais ou comunitários”. Ele sugere que a noção tradicional de inteligência, baseada no teste de Q.I. é muito limitada, que, ao invés disso, deveriam ser observadas “fontes de informação mais naturalistas a respeito de como as pessoas, no mundo todo, desenvolvem capacidades importantes para o seu modo de vida” (GARDNER, 1995). Assim, teríamos uma “visão pluralista da mente, reconhecendo muitas facetas diferentes e separadas da cognição, reconhecendo que as pessoas têm formas cognitivas diferenciadas e estilos cognitivos contrastantes” (GARDNER, 1995).

Baseando-se numa origem biológica e cultural, propõe diferentes tipos de inteligência para abranger todo o potencial humano nas crianças e nos adultos. Pesquisas neurobiológicas indicam que o aprendizado é uma resposta as modificações das conexões sinápticas entre as células. Assim, os diferentes tipos de conhecimento resultam de conexões sinápticas em diferentes áreas do cérebro.

Gardner (1995) identifica sete inteligências. As duas primeiras são aquelas que geralmente são valorizadas pela escola, as outras três são usualmente associadas com artes, e as duas finais é o que ele chama de inteligências pessoais. A oitava foi acrescentada recentemente, já que a compreensão do cérebro e do comportamento humano está em constante mudança. Logo, as oito inteligências são (SMITH, 2002):

- a) lógica-matemática: consiste na capacidade de analisar problemas logicamente, resolver operações matemáticas e investigar questões cientificamente. Está associada com o pensamento matemático e científico;
- b) lingüística: envolve a sensibilidade para a linguagem falada e escrita, a habilidade para aprender uma língua, e a capacidade para usar a linguagem para atingir seus objetivos. Inclui a capacidade de se expressar retórica ou poeticamente, como os escritores, poetas e advogados;
- c) musical: envolve a capacidade de execução, composição e apreciação dos padrões musicais;
- d) espacial: capacidade de criar um modelo mental de um mundo espacial e de e operar esse modelo;
- e) corporal-cinestésica: capacidade de resolver problemas e elaborar produtos com a utilização de todas as partes do corpo;
- f) intrapessoal (insight, metacognição): capacidade de formar um modelo “acurado e verídico” de si mesmo e utilizar esse modelo na sua vida;
- g) interpessoal (habilidades sociais): capacidade de compreender as motivações, intenções e desejos das outras pessoas;

h) naturalista: permite que o homem reconheça, categorize e descreva características ambientais.

No entanto, as inteligências raramente operam independentes. Segundo ele (BRUALDI, 1996), nós temos todos os tipos de inteligência, mas nunca as usamos ao mesmo tempo. Além disso, elas tendem a complementar umas as outras quando as pessoas desenvolvem suas habilidades e solucionam problemas. Logo, nunca duas pessoas serão iguais nesse ponto.

De acordo com Gardner (*apud* BRUALDI, 1996), a implicação da teoria é que o aprendizado/ensino deve ser focalizado sobre as inteligências particulares de cada pessoa, porém grande parte das escolas e culturas dão mais atenção a inteligência lingüística e lógico-matemática. A teoria das inteligências múltiplas propõe uma transformação na maneira que a escola trabalha, baseada nas ciências cognitivas e nas neurociências. Gardner (1995) introduz “o conceito de uma escola centrada no indivíduo, que considera seriamente esta visão multifacetada da inteligência”. Sugere que os professores apresentem suas lições de maneira variada usando música, aprendizado cooperativo, atividades de arte, multimídia, reflexões, dentre outros. Eles não precisam usar todas as formas, mas pensar nas possibilidades existentes e decidir qual caminho mais interessante e que teria maior efeito no aprendizado.

2.4 PROCESSAMENTO DE LINGUAGEM NATURAL

O Processamento de Linguagem Natural é um ramo da Inteligência Artificial (IA) que “têm por objetivo interpretar e gerar textos em uma língua natural” (BARROS e ROBIN, 2001).

O caráter interdisciplinar do PLN ilustra o nível de complexidade normalmente requerido aos estudos desenvolvidos, congregando Ciência da Computação, Lingüística e Ciências Cognitivas.

Segundo Barros e Robin (2001), as pesquisas nessa área dividem-se em duas sub-áreas de trabalho:

- a) interpretação da linguagem natural: baseia-se em mecanismos que tentam compreender frases produzidas em alguma Linguagem Natural e traduzi-las para uma representação que possa ser compreendida e utilizada pelo computador;
- b) geração de linguagem natural: segue o processo inverso, o computador traduz uma representação interna de um conteúdo semântico pré-definido para se expressar em alguma língua.

A tradução é uma aplicação que reúne essas duas técnicas, usando a interpretação para gerar uma representação intermediária e a geração para traduzi-la para outra linguagem natural.

Uma arquitetura genérica de PLN que realiza essas tarefas trabalha com cinco módulos, responsáveis pela análise léxico-morfológica, sintática, semântica, do discurso e pragmática (figura 2.9). Em cada um deles, diferentes níveis de processamento são executados. Um texto deve ser analisado em cada um desses módulos, gerando representações intermediárias. A ordem de entrada e saída define se o processo é de interpretação ou geração de linguagem natural. No primeiro, temos um texto como entrada e uma representação formal como saída. No segundo, o processo se inverte. (BARROS e ROBIN, 2001)

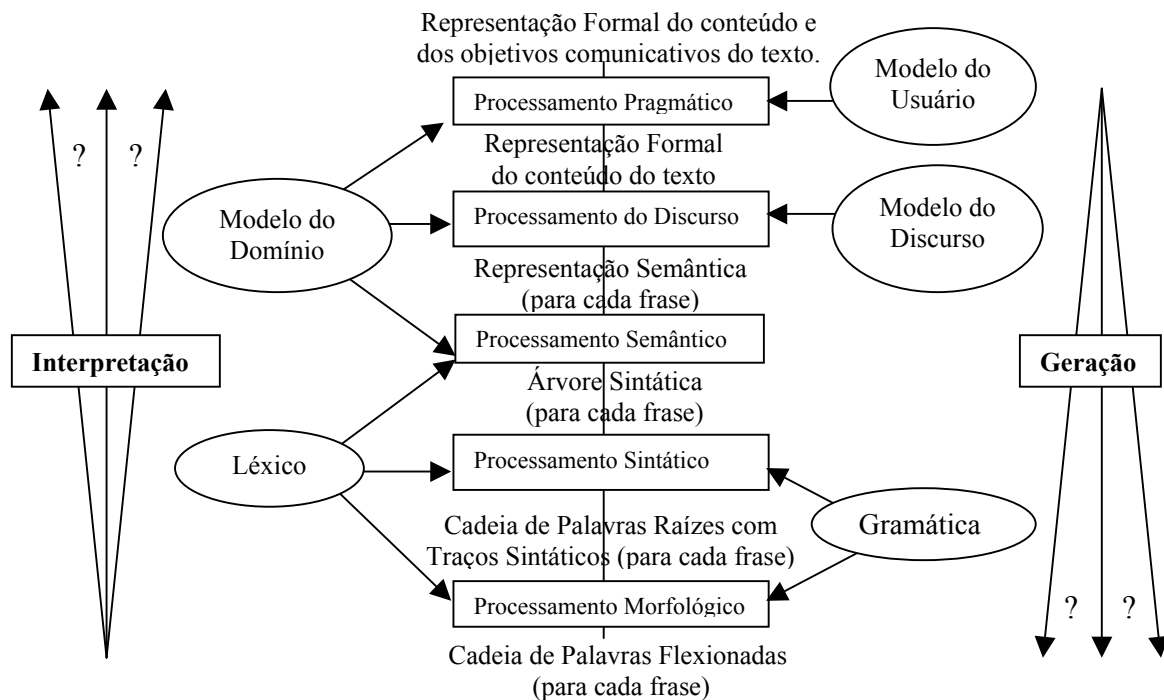


Figura 2.9: Níveis de processamento de PLN (BARROS e ROBIN, 2001, p.2)

2.4.1 Análise léxico-morfológica

Essa análise faz a avaliação léxica e morfológica. O léxico

é a estrutura de dados que acompanha o processamento de análise e geração de linguagem natural, armazena as palavras e associa a elas informações relevantes. Sucintamente, pode ser definido como uma lista de palavras com suas categorias gramaticais, classes sintáticas, informações semânticas [...]. A morfologia estuda o tratamento da estrutura das palavras (formas, flexões, classificação) em relação a cada tipo de palavra (ANNES, 1999, p.17).

O analisador morfológico irá identificar as palavras isoladas na sentença através dos delimitadores (pontuação e espaços) e classificá-las de acordo com sua categoria gramatical.

Uma das dificuldades da análise léxico-morfológica é a ambigüidade léxica (uma palavra pode ter mais de um significado ou classe gramatical), como na frase “João espera no banco”. Não sabemos se a palavra “banco” se refere ao estabelecimento financeiro ou ao objeto usado para assentar-se.

2.4.2 Análise sintática

Para conhecermos os detalhes de uma estrutura e termos certeza de que todos os detalhes do significado de uma frase são conhecidos é necessário fazermos uma análise sintática ou *parsing*. Para isso, é necessário utilizar uma gramática que descreva a estrutura de uma língua em particular. De acordo com essa gramática, o analisador será capaz de definir uma estrutura para cada sentença gramatical que ele encontrar, a árvore sintática.

Segundo Rich e Knight (1993), o processo de análise sintática é responsável por:

- a) determinar quais frases serão aceitas como sintaticamente bem formadas;
- b) designar uma estrutura para as frases sintaticamente bem formadas.

Logo, ao escrever uma gramática para língua é importante que ela leve em consideração todas as frases desejáveis e também indique estruturas úteis a essas frases. Além disso, é importante que a gramática possibilite uma análise sintática eficiente (RICH e KNIGHT, 1993).

As abordagens de linguagem formais são utilizadas com muito sucesso no estudo da análise sintática. Dentre elas (OLIVEIRA, 2002):

Gramáticas regulares: para o processamento sintático da linguagem natural, estas gramáticas são bastante simples e facilmente reconhecidas, porém apresentam um poder de expressão limitado. [...]

Gramáticas livres de contexto: são muito úteis no que tange à descrição de gramática em linguagem natural. Em geral, são mais poderosas que as regulares, permitindo a representação de linguagens com um certo grau de complexidade. No entanto, a dificuldade em expressar dependências simples (exemplo: concordância entre verbo e sintagma nominal) constitui um dos maiores problemas para sua utilização no tratamento de linguagem natural. Abordagens puramente livres de contexto não são suficientemente poderosas para captar a descrição deste gênero de linguagem. Ainda assim, é utilizada uma notação denominada como *Define Clause Grammar* (DCG), disponível em Prolog, para definir gramáticas livres de contexto e analisar sentenças (realizar o *parsing*).

Gramáticas sensíveis ao contexto: os problemas de dependência expressos anteriormente são resolvidos nesta classe de gramática. Ainda assim, as gramáticas sensíveis ao contexto não abordam satisfatoriamente o tratamento de restrições. O impedimento para

sua utilização, contudo, reside na questão do reconhecimento. O problema de decidir se uma sentença pertence a uma gramática sensível ao contexto é uma função exponencial sobre o tamanho da sentença, o que torna a implementação do procedimento de verificação uma questão complexa, do ponto de vista computacional.

2.4.2.1 O método de parsing

Segundo Pinker (2002), “a gramática em si é um mero código ou protocolo, uma base de dados estática que especifica que tipos de sons correspondem a que tipos de significado numa determinada língua”. Tanto a fala quanto à compreensão, compartilham uma mesma base de dados gramaticais, no entanto, precisamos de um “programa mental” que especifique, passo a passo, o que a mente faria, que analise a estrutura da frase durante a compreensão da linguagem. A esse programa damos o nome de *parser*.

A melhor maneira de entendermos como a compreensão funciona é acompanharmos o *parsing* de uma simples sentença, gerada por uma minigramática (Pinker, 2002, p. 248):

$S \rightarrow NP VP$

‘Uma frase pode ser formada de um sintagma nominal e um sintagma verbal.’

$NP \rightarrow (det) N (PP)$

‘Um sintagma nominal pode ser formado de um determinante opcional, um substantivo e um sintagma preposicional opcional.’

$VP \rightarrow V NP (PP)$

‘Um sintagma verbal pode ser formado de um verbo, um sintagma nominal e um sintagma preposicional opcional.’

$PP \rightarrow P NP$

‘Um sintagma preposicional pode ser formado de uma preposição e um sintagma nominal.’

$N \rightarrow \text{menino, menina, cão, gato, sorvete, doce, sanduíche}$

‘Os substantivos do dicionário mental incluem *menino, menina...*’

$V \rightarrow \text{come, adora, morde}$

‘Os verbos do dicionário mental incluem *come, adora, morde.*’

$P \rightarrow \text{com, em, ante}$

‘As preposições incluem *com, em, ante.*’

$det \rightarrow \text{um, o certo}$

‘Os determinantes incluem *um, o, certo.*’

O *parser* monta uma árvore de cima para baixo na tentativa de identificar os elementos da frase. Supondo a frase *O menino come doce*, a primeira palavra que

chega ao *parser* é *o*, ele acessa o dicionário mental e descobre que esta palavra é um determinante. Depois, encontra uma regra que indica que os determinantes devem se posicionar no primeiro ramo da árvore. Como todas as palavras fazem parte de um sintagma maior, ele identifica o NP, observando o que está à direita do *o*. Como NPs não ficam soltos, sem frase, é preciso buscar os outros componentes da sentença, usando a regra para sentenças (figura 2.10).

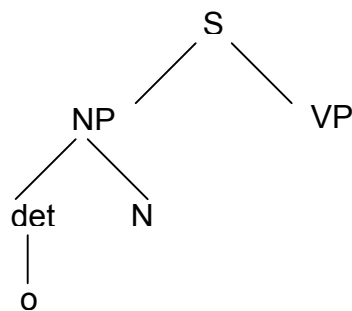


Figura 2.10: Estrutura da frase incompleta.

O ramo solto N equivale a um substantivo, quando o *parser* encontra a palavra *menino*, confirma a sua expectativa. Com o NP completo, resta completar o S. Quando encontra o verbo *come*, o *parser* confirma a presença do VP. O *parser* sabe agora que precisa completar o VP com um sintagma nominal. A próxima palavra é *doce*, que se encaixa no ramo vazio do NP, completando a frase (figura 2.11).

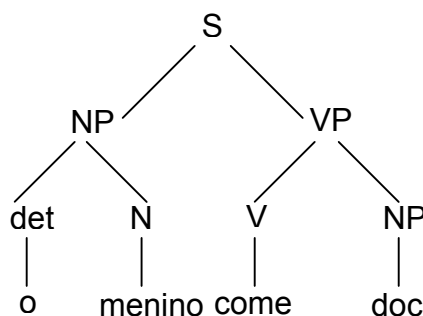


Figura 2.11: Estrutura da frase completa

À medida que completa os sintagmas, o *parser* apaga as partes da memória e mantém o todo. Com a união dos galhos, ele constrói o significado da sentença,

utilizando as definições do dicionário mental e os princípios que regem sua combinação. Unindo a semântica do sujeito com a semântica do VP, é possível compreender a frase.

Segundo Pinker (2002), no percurso do *parser*, encontram-se duas idéias do campo da computação: a memória (temos que manter em mente os sintagmas até completá-los) e a tomada de decisão (quando uma palavra ou sintagma se encontra do lado direito de duas regras diferentes, temos que decidir qual usar para construir o próximo ramo da árvore). Conforme a primeira lei da Inteligência Artificial (“os problemas difíceis são fáceis e os problemas fáceis, difíceis”), verifica-se que a parte da memória é difícil para as pessoas e fácil para o computador, e a tomada de decisão é fácil para as pessoas e difícil para o computador.

Um *parser* exige vários tipos de memória, mas a mais perceptível é a necessária para completar sintagmas. Os computadores, geralmente, usam a estrutura de pilha para fazer esse tipo de armazenamento. Também as pessoas têm que utilizar um pouco de sua memória de curto prazo para sintagmas soltos, mas essa memória é limitada a média geral de sete mais ou menos dois elementos.

Quanto mais rápido a frase puder ser agrupada em sintagmas completos, mais compreensível ela será. Como exemplo, temos as árvores ramificadas à direita ou à esquerda (dependendo da geometria das árvores de estruturas sintagmáticas). Nessas árvores, fazendo o percurso da esquerda para a direita, somente um dos galhos fica incompleto por vez.

Existe ainda um outro tipo de geometria, chamada de cebolas ou bonecas russas, que torna a compreensão das frases mais difícil. Nesse caso, frases são encaixadas dentro de outras frases como no exemplo (PINKER, 2002): “[A rapidez que o movimento [que a asa [que o beija-flor tem] tem] tem é notável]”.

Por que é mais difícil interpretar frases que são como cebolas ou bonecas russas? Segundo Pinker (2002), o que atrapalha o *parser* humano não é a quantidade de memória mas o tipo de memória. Quando um tipo de sintagma tem de ser lembrado mais de uma vez – de maneira que tanto ele quanto o tipo de sintagma idêntico a ele, onde ele está inserido, tenham que ser completados em ordem – não existe lugar suficiente na lista de controle e eles podem ser completados inadequadamente.

Diferente da memória, a tomada de decisão é mais fácil para as pessoas do que para o computador. Existem muitas ambigüidades na língua, como substantivos que, dependendo da frase, podem aparecer como verbos e sintagmas, que podem assumir posições diferentes na frase. Essas ambigüidades criam para o *parser* um grande número de bifurcações em cada passo da formação da árvore. O computador consegue testar todas essas possibilidades e retornar uma única árvore com seus significados associados.

Todavia, segundo Pinker (2002), existe um problema nessa tomada de decisão. Os *parsers* de computador são meticulosos demais e acabam encontrando ambigüidades que os seres humanos não encontrariam. Como os *parsing* humanos eliminam essas ambigüidades improváveis? Uma das respostas é que o nosso cérebro seria como o computador e testaria todas as possibilidades, eliminando, de alguma forma, as alternativas improváveis. A outra é que o *parser* humano apostaria em uma alternativa mais provável de ser a verdadeira e avançaria com uma interpretação única até onde fosse possível. Na computação damos o nome, respectivamente, de “busca pela largura primeiro” e “busca pela profundidade primeiro” para esses procedimentos.

Ainda segundo Pinker (2002), no *parser* humano, a “busca pela profundidade primeiro” seria a mais provável de acontecer, já que existem ambigüidades muito sutis que nunca são reconhecidas. Quando uma única árvore é escolhida, economiza-se espaço de memória, contudo, caso tenha sido feita uma escolha errônea, todo o processo tem que ser reiniciado. No entanto, ainda não foram descobertos os critérios usados na escolha dessa árvore. Uma das possibilidades é que se empregue toda a inteligência humana na resolução desse problema, fazendo o *parsing* da frase de cima para baixo. Dessa maneira, se as pessoas conseguissem deduzir o significado da frase de imediato, prevendo as intenções do falante, não seria necessário construir as ramificações da árvore. Entretanto, focalizar toda a inteligência nesse processo o tornaria muito lento, dessa forma, pesquisas ainda tentam descobrir o quanto de inteligência é utilizado.

Apesar da descrição da linguagem em árvores, uma frase não é apenas uma árvore. Segundo Chomsky, a estrutura de superfície é a manifestação física do enunciado. No entanto, deve existir uma relação complexa entre a estrutura de superfície e o significado, já que um mesmo significado pode ser veiculado através de padrões muito diferentes de sons e letras. A estrutura profunda deve estar relacionada à estrutura de superfície por regras que especifiquem como o significado se projeta na fala e que expliquem, entre outras coisas, a paráfrase e a ambigüidade.

Até o início dos anos 60 quando Chomsky propôs as transformações de estruturas profundas em estruturas de superfície, os psicólogos tentavam descobrir algum tipo de vestígio dessa transformação utilizando técnicas de laboratório. Entretanto, como não se conseguiu nenhuma comprovação científica, os estudos foram abandonados por muitos anos. No entanto, com a sofisticação das técnicas de

laboratório, descobriu-se processos semelhantes a uma operação transformacional na mente e no cérebro humanos, uma das mais recentes e interessantes descobertas da psicologia da linguagem.

Dessa forma, podemos afirmar que a fala é algo bem diferente de *O menino vê televisão*, e que para compreender uma frase é preciso bem mais do que um simples *parsing*. A informação semântica obtida de uma árvore é apenas uma das premissas utilizadas pela compreensão, dentro de uma complexa cadeia de inferências sobre as intenções do falante. (PINKER, 2002)

2.4.3 Análise semântica

A produção da árvore sintática de uma frase é apenas o primeiro passo para compreensão. O analisador semântico é responsável pelo sentido da estrutura de palavras reagrupadas pelo analisador sintático, uma vez que o analisador morfológico já identificou as palavras individualmente. Contudo, o ponto onde a interpretação semântica será produzida é um problema a ser resolvido. Uma possibilidade é gerar uma interpretação sintática completa e depois passar esta estrutura para um interpretador semântico. Todavia, como definir qual estrutura gramatical é a correta sem nenhuma informação semântica? Segundo Rich e Knight (1993), pode-se dividir a variedade de abordagens desenvolvidas para solucionar este problema em quatro classes:

- a) gramáticas semânticas, que combinam todos os tipos de conhecimento, tanto sintático como semântico, dentro de um único conjunto de regras na forma de uma gramática.
- b) gramáticas de caso, onde a estrutura que for construída pelo analisador sintático contém uma informação semântica.
- c) filtragem semântica das análises geradas sintaticamente. Há duas maneiras que isto pode ser feito:
 - filtrar análises sintáticas parciais à medida que foram encontradas; [...]
 - aguardar até que análises sintáticas completas tenham sido encontradas e avaliá-las quanto à aceitabilidade semântica;

- d) desenfatar a análise sintática e acionar o processo de compreensão por conhecimento semântico e não sintático.

Uma outra abordagem amplamente utilizada na representação semântica é a Lógica dos predicados. Nessa análise, as palavras do léxico são consideradas como *constantes* que podem ser chamadas de *termos*, quando descrevem objetos (concretos ou abstratos – como eventos ou situações), ou de *predicados*, quando descrevem relações e propriedades. Uma *proposição* é formada por um *predicado* seguido de um número de termos, seus *argumentos*. Veja um exemplo abaixo (BARROS e ROBIN, 2001):

- Frase: Pernalonga é um coelho.
Fórmula lógica: coelho (pernalonga).
- Frase: Joana dormiu.
Fórmula lógica: dormiu (Joana)
- Frase: Ela pagou a prestação no banco.
Fórmula lógica: pagou (ela, prestação, banco)

Entretanto, segundo Oliveira (2002), a questão da representação semântica ainda apresenta diversas dificuldades, como a “questão dos significados associados aos morfemas componentes de uma palavra (mercado, hipermercado), a questão da ambigüidade (tomar, em “tomar de alguém”, “tomar um banho” ou “tomar um suco”), ou a diferenciação entre significado e sentido (“casa”, “minha casa”).

2.4.4 Análise pragmática

A análise semântica trata o significado das sentenças a partir do significado de suas partes. Já a análise pragmática se preocupa com a interpretação do todo, que nem sempre se resume a união das partes. Enquanto uma estrutura pode não acrescentar nada à interpretação da sentença, uma outra, como um comentário irônico, pode ter significado diferente do literal.

A pragmática estuda a língua utilizada na interação social, a motivação psicológica dos falantes, as restrições que eles encontraram durante a conversação, o efeito que o uso da língua tem sobre os outros participantes etc. Fatores como crença e contextos intencionais também interferem na compreensão do significado. Assim sendo, pode ser vista como mais um nível de representação estrutural da língua, como a representação sintática e semântica.

Além dos problemas que provêm da análise computacional desse aspecto da linguagem, a dificuldade no tratamento da ambigüidade de estruturas complexas, como anáforas (qualquer referência a um termo já mencionado) e elipses (ocorre quando há omissão, espontânea ou voluntária de um termo que se pode subentender pelo contexto), também é um ponto que merece destaque. Estes fenômenos são tratados através do cálculo dos significados implícitos, do cálculo das relações interfrásicas, dentre outros.

2.4.5 Análise do discurso

A análise do discurso estuda a relação das frases produzidas durante o discurso escrito ou falado, o que implica o estudo dos fatores de coesão (regem a estruturação da seqüência superficial do texto) e coerência (conexão conceitual e estruturação do sentido do texto).

Esta área de estudo é responsável pela identificação da influência de uma ou mais frases na interpretação das frases subseqüentes, incluindo a análise do uso de pronomes e dêiticos (hoje, aqui, agora etc).

O processamento automático do discurso baseia-se em teorias que investigam maneiras de particionar o discurso em segmentos, de modo que estes reflitam as mudanças de foco ocorridas nele.

Segundo Barros e Robin (2001), podemos identificar duas correntes de discurso que na verdade são complementares:

- a) processamento global do discurso: investiga a estrutura do discurso com um todo, tendo como preocupação central à delimitação dos seus segmentos;
- b) processamento local do discurso: investiga os fenômenos lingüísticos dentro de cada segmento.

Dentro do processamento global do discurso é válido ressaltar a Teoria da Estrutura do Discurso, que segundo Barros e Robin (2001, p.33):

É talvez o modelo mais completo para processamento de discurso. Aqui, a estrutura do discurso é vista como formada por três constituintes interativos, cada um lidando com um aspecto diferente do enunciado no discurso: a estrutura lingüística, a estrutura intencional, e o estado de atenção.

A estrutura lingüística consiste nos segmentos do discurso e nas relações existentes entre eles. A estrutura intencional contém os propósitos (intenções) expressados por cada segmento e o estado de atenção reflete o foco de atenção de cada segmento do discurso.

A maior dificuldade nessa análise é a identificação das fronteiras de cada segmento, uma vez que cada constituinte depende da informação dos outros constituintes para processar o discurso.

2.5 CONCLUSÃO

Nesse capítulo, discorreremos, resumidamente, sobre teorias essenciais para o desenvolvimento de sistemas computacionais para o ensino de aptidões e competências, como o software que estamos propondo nesse trabalho. O estudo das teorias de aquisição de linguagem tornou-se necessário, para o nosso projeto que tem como objetivo central facilitar o processo de aquisição da língua inglesa.

Além disso, um dos objetivos do nosso sistema é que o *chatterbot* seja capaz de manter um diálogo com o aprendiz, por isso tornou-se fundamental pesquisar sobre as teorias lingüísticas, em busca de idéias para trabalhar com a estrutura da língua.

Da mesma forma, torne-se necessário estudar as teorias de aprendizagem, para que pudéssemos desenvolver um programa adequado a um ambiente educacional, que atendesse às necessidades do aluno, e contribuísse, realmente, para facilitar o aprendizado.

Por último, tornou-se necessário conhecer o cerne da teoria de processamento de linguagem natural para descobrirmos formas de facilitar o tratamento da linguagem pelo nosso protótipo.

No próximo capítulo, a fim de aprofundarmos os nossos conhecimentos sobre a aquisição da linguagem, faremos uma síntese sobre as descobertas relacionadas aos processos cerebrais responsáveis pela linguagem.

3 NEUROCIÊNCIA DA LINGUAGEM

A linguagem é um privilégio humano? Para determinar se o homem é o único a utilizar a linguagem, devemos primeiro esclarecer o que entendemos por linguagem. Se definirmos a linguagem como a capacidade de comunicação, podemos dizer então que existem vários animais que se comunicam. No entanto, a linguagem humana é extremamente flexível e criativa, apoiada em regras gramáticas. Será que esse sistema também existe em outros animais?

Há mais de 2000 anos, o filósofo grego Aristóteles percebeu que quando uma abelha solitária descobre uma fonte de néctar, é logo seguida por outras abelhas. Em 1950, Karl von Frisch (MYRES, 1999) revelou que a abelha exploradora comunica-se com as outras por meio de uma intrincada dança. Frisch descobriu que a direção e a duração da dança informam às outras a direção e a distância da fonte de alimento. No entanto, apesar das abelhas se comunicarem com o canto e a dança, elas não se utilizam dos elementos da linguagem humana.

Na década de 40, vários psicólogos tentaram criar chimpanzés-bebês como uma criança humana, inclusive ensinando-os a falar. Apesar do treinamento, os chimpanzés nunca aprenderam a dizer mais que algumas poucas palavras. No entanto, esse fato é explicável, já que a posição da laringe dos macacos os impossibilita de produzir sons como os da fala humana. Estudos mais recentes incentivam os macacos a usarem a Linguagem Americana de Sinais (LAS) ou objetos para se comunicarem. Podemos citar o chimpanzé Washoe, treinado por Allen e Beatrice Gardner, e o gorila Koko, treinado por Francine Patterson, que

conseguiram aprender o significado dos sinais, embora isso só prove que eles possuem uma boa memória (BEAR *et al*, 2002).

Entretanto existe controvérsia sobre a criatividade da linguagem dos macacos. Os céticos afirmam que eles apenas unem símbolos de maneira aleatória, e em alguns casos conseguem unir palavras que tenham sentido.

O fato é que animais como abelhas, macacos e chimpanzés, golfinhos e outros, utilizam-se da linguagem para se comunicar, mas essa linguagem está longe da complexidade da linguagem humana.

Para descobrir mais sobre os complexos processos mentais responsáveis pela linguagem humana os cientistas tem desenvolvido muitas pesquisas, algumas delas usando o computador para simular o cérebro, mas muito pouco se conseguiu descobrir até hoje. Nesse capítulo, discorreremos, resumidamente, a respeito dessas pesquisas e dos aspectos neurológico e biológico envolvidos na aquisição, na compreensão e na geração de linguagem.

3.1 LINGUAGEM FALADA

Os homens utilizam praticamente todos os sistemas sensoriais para se comunicar. Logo, se a expressão for oral ou vocal, a compreensão se dá, principalmente, pelo sistema auditivo; se a expressão é gestual, a compreensão é realizada pelo sistema visual. O mesmo acontece quando a expressão é escrita, mas quando a expressão é Braille, utilizamos o sistema somestésico.

Podemos estudar a linguagem de várias maneiras, no entanto, consideraremos as abordagens cognitiva (ou psicolingüística) e neurobiológica (ou neurolingüística).

Segundo Lent (2002), os psicolingüistas estudam o desempenho lingüístico de indivíduos normais analisando a lógica interna da linguagem e os mecanismos psicológicos subjacentes com o objetivo de compreender a estrutura de cada idioma, as suas similaridades, as estratégias cognitivas empregadas para expressão e compreensão, o modo como a linguagem se desenvolve nas crianças, e assim por diante. Os pesquisadores com orientação mais antropológica estudam e comparam a estrutura de diversas línguas. Os pesquisadores de orientação mais experimental, geralmente, idealizam testes com indivíduos normais de diferentes idades, culturas e idiomas, de modo a identificar os processos psicológicos envolvidos com a emissão ou a recepção das várias formas de linguagem.

Os neurolingüistas empregam ferramentas da neurologia clínica e da neurofisiologia, como técnicas de obtenção de imagens funcionais do sistema nervoso e técnicas de estimulação e registro elétrico ou magnético do tecido cerebral. A figura 3.1 mostra imagens tomográficas obtidas através de um isótopo emissor de pósitrons (PET). As áreas em evidência indicam o aumento da atividade neural devido à execução de tarefas associadas às funções descritas acima de cada representação cerebral. Esses níveis são codificados de acordo com a escala de cores a direita da figura.

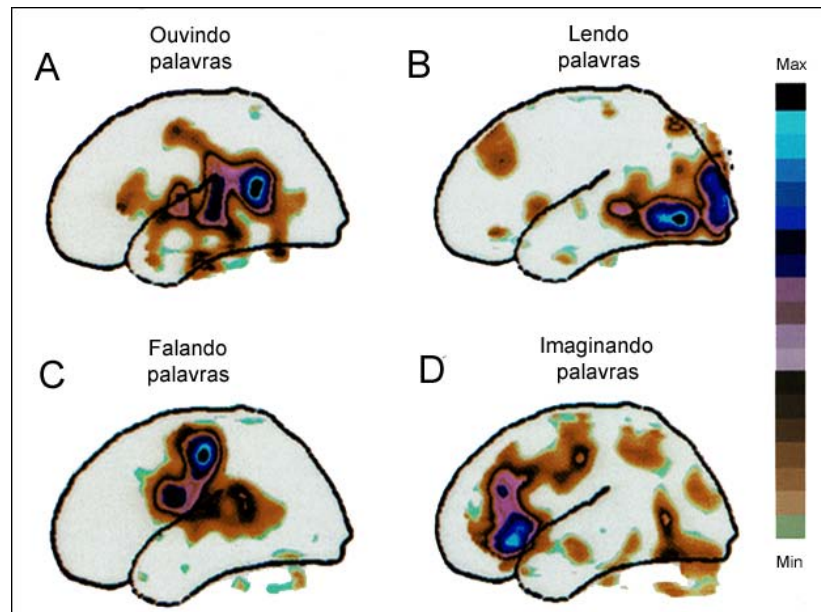


Figura 3.1: Imagens tomográficas obtidas através de um isótopo emissor de pósitrons (PET). (LENT, 2002, p. 625).

Essas pesquisas são feitas tanto com indivíduos normais como com portadores de deficiência o que contribui para a identificação das regiões e sub-regiões cerebrais responsáveis pela linguagem e para o desenvolvimento de tratamento para os distúrbios da fala. Essas duas abordagens se complementam e as suas pesquisas têm proporcionado grandes avanços nessa área.

3.1.1 A especialização dos hemisférios

Apesar do nosso cérebro ser dividido em dois hemisférios não existe relação de dominância entre eles, pelo contrário, eles trabalham em conjunto, utilizando os milhões de fibras nervosas, que constituem as comissuras cerebrais e se encarregam de pô-los em constante interação. O conceito de especialização hemisférica se confunde com o de lateralidade (algumas funções são representadas em apenas um dos lados, outras no dois) e de assimetria (um hemisfério não é igual ao outro).

O hemisfério esquerdo controla a fala em mais de 95% dos seres humanos, mais isso não quer dizer que o direito não trabalhe, pelo contrário, é a prosódia do hemisfério direito que confere à fala nuances afetivas essenciais para a comunicação interpessoal. O hemisfério esquerdo é também responsável pela realização mental de cálculos matemáticos, pelo comando da escrita e pela compreensão dela através da leitura, além de outras funções como mostra a figura 3.2.

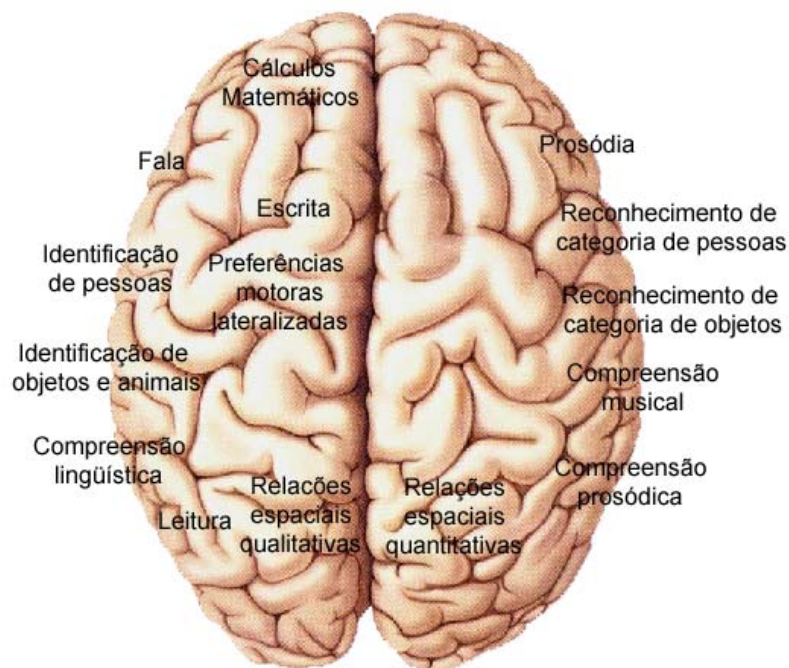


Figura 3.2: Especialização dos hemisférios. (LENT, 2002, p. 645)

3.1.2 A área de Broca e área de Wernicke

Em 1861, o neurologista francês Paul Broca identificou um paciente que era quase totalmente incapaz de falar e tinha uma lesão nos lobos frontais, o que gerou questionamentos sobre a existência de um centro da linguagem no cérebro. Mais tarde, descobriu-se casos nos quais a linguagem havia se comprometido devido a lesões no lobo frontal do hemisfério esquerdo. A recorrência dos casos levou Broca

a propor, em 1864, que a expressão da linguagem é controlada por apenas um hemisfério, quase sempre o esquerdo. Os resultados do procedimento de Wada, no qual um hemisfério cerebral é anestesiado, também reitera essa visão. Na maioria dos casos, a anestesia do hemisfério esquerdo, mas não a do direito, bloqueia a fala. Por isso, a área do lobo frontal esquerdo dominante, que Broca identificou como sendo crítico para a articulação da fala, veio a ser conhecida como **área de Broca** (BEAR, 2002).

Em 1874, o neurologista Karl Wernicke identificou que lesões na superfície superior do lobo temporal, entre o córtex auditivo e o giro angular, também interrompiam a fala normal. Essa região é atualmente denominada **área de Wernicke**. Tendo estabelecido que há duas áreas de linguagem no hemisfério esquerdo, Wernicke e outros começaram a mapear as áreas de processamento da linguagem no cérebro e levantaram hipóteses acerca de interconexões entre córtex auditivo, a área de Wernicke, a área de Broca e os músculos requeridos para a fala.

O modelo neurolingüístico de Wernicke [...] considerava que a área de Broca continha os programas motores de fala, ou seja, as memórias dos movimentos necessários para expressar os fonemas, compô-los em palavras e estas em frases. A área de Wernicke, por outro lado, continha as memórias dos sons que compõem as palavras, possibilitando a compreensão (LENT, 2002, p.637).

Assim, se essas duas áreas fossem conectadas, o indivíduo poderia associar a compreensão das palavras ouvidas com a sua própria fala.

Atualmente, o modelo de Wernicke teve que ser corrigido quando se observou que pacientes com lesões bem restritas à porção posterior do giro temporal superior (a área de Wernicke) apresentavam, na verdade, uma surdez lingüística e não uma verdadeira afasia de compreensão. A área de Wernicke seria, então, responsável pela identificação das palavras e não da compreensão do seu significado.

3.1.3 A emissão da fala

Como ocorre o processamento da fala? Segundo Lent (2002, p.625):

Você fala para expressar um pensamento. Logo, a primeira tarefa lingüística do seu cérebro se confunde com os mecanismos do pensamento, quando você busca os significados que quer expressar. Se seu objetivo é simples, por exemplo nomear um animal que você está vendo, a busca de significado sobrepõe a própria percepção do objeto. Se o objetivo é mais complexo, como a descrição de um acidente trágico que você presenciou recentemente, você primeiro consulta a memória para organizar os fatos e sentimentos em sua mente. Em ambos os casos, os mecanismos cerebrais necessários à fala atravessam uma fase conceitual de planejamento, e logo a seguir uma fase de formulação. É necessário então buscar as palavras adequadas (substantivo? verbo? adjetivo?) e encontrar os fonemas para pronunciá-las. Se se tratar de uma frase, é preciso ordenar as palavras de acordo com as regras sintáticas da língua, e só depois é possível articulá-las (qual a pronúncia?). Nessa seqüência, o processo sempre passa por uma busca mental dos diversos elementos da fala. Como? Onde?

Segundo os psicolingüistas, nós possuímos um dicionário interno, chamado *léxicon* mental. Quando falamos, consultamos esse dicionário em busca de informações semânticas, sintáticas e fonológicas necessárias à expressão oral dos pensamentos. Existem diferentes propostas para a forma de organização dos *léxicons*. Uns acreditam que ele é único e outros que ele é subdividido de acordo com a informação que possui, semânticas, fonológicas ou sintáticas.

Acredita-se que o *léxicon* seja organizado segundo redes semânticas que reuniriam categorias específicas como animais, instrumentos, pessoas, cores, plantas etc. A figura 3.3 mostra o desenho de várias redes semânticas representadas por cores diferentes. Quando buscamos uma palavra na memória, como por exemplo, fogo, lembramos mais facilmente de calor, que está associada semanticamente a ela, do que de ônibus, que não tem nenhuma relação semântica com aquela.

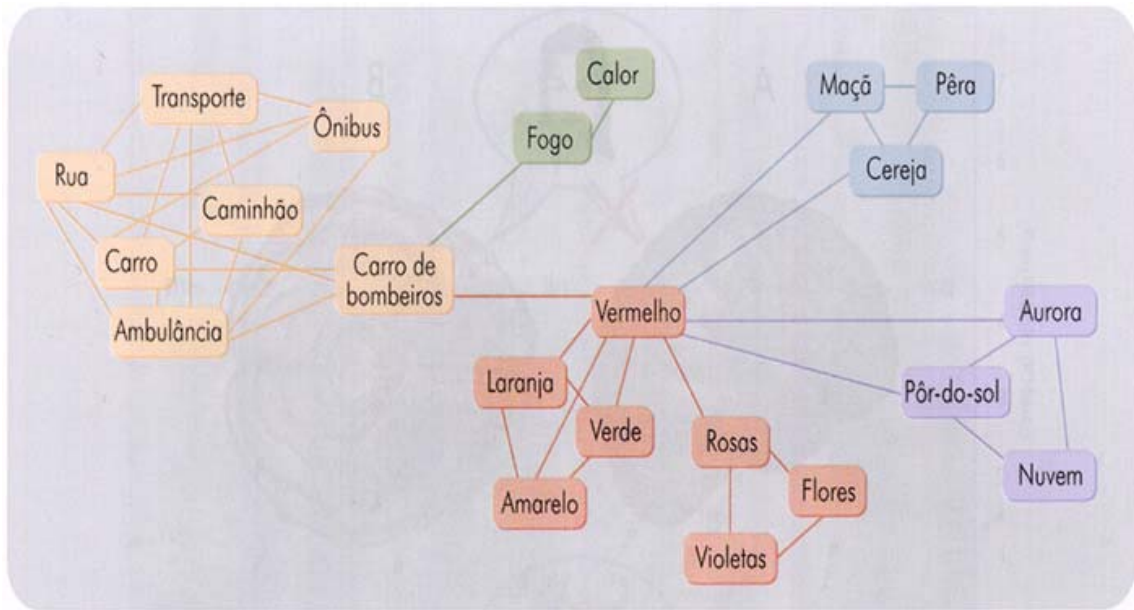


Figura 3.3: As redes semânticas (em cores diferentes) reúnem palavras que significam objetos ou conceitos semelhantes. (LENT, 2002, p. 629)

Estudos comprovam que existem áreas distintas para o armazenamento dessas informações, por exemplo, informações referentes a pessoas estariam armazenadas no lobo temporal esquerdo, a animais no córtex ífero-temporal, a objetos e instrumentos no lobo temporal.

Entretanto, para falar nós não utilizamos apenas o *léxicon* semântico, pois precisamos encontrar os fonemas necessários para a construção das palavras, logo acessamos o nosso *léxicon* fonético. Os fonemas podem ser sonoros ou surdos, de acordo com a vibração ou não das cordas vocais. As vogais são sempre sonoras, enquanto as consoantes podem ser surdas ou sonoras. Existem semelhanças em relação ao uso dos fonemas nas diversas línguas, o que pode ser uma comprovação dos universais lingüísticos de Chomsky.

Experimentos simples onde um voluntário ouve e compreende frases com e sem sentido enquanto o seu cérebro é fotografado apontam várias áreas em torno do sulco lateral de Sylvius com responsáveis pelo *léxicon* fonético. Entretanto, o

acesso a esse *léxicon* é feito de maneiras diferentes por homens e mulheres, neles o processo é laterizado à esquerda, nelas é bilateral.

Entretanto, para unirmos fonemas em palavras e palavras em frases, precisamos dominar regras sintáticas. Essas regras, que ficam armazenadas na memória de procedimentos, se confundem com o *léxicon* sintático, cuja existência é suposta, mas ainda não demonstrada.

Segundo alguns psicolingüistas, as frases são formadas por um processo que é dividido em duas fases: a de conceitualização e a de formulação. Na fase de conceitualização, realizamos o planejamento do conteúdo da frase ou macroplanejamento da fala, através do acesso ao *léxicon* semântico. As regiões cerebrais responsáveis por esta tarefa ainda não foram identificadas. Na fase da formulação, realizamos a associação dos fonemas em palavras e das palavras em frases ou microplanejamento. A área de Broca parece ser responsável por essa tarefa.

A última etapa para a emissão da fala é a articulação. A musculatura facial, a língua, as cordas vocais na laringe, a faringe e também os músculos respiratórios recebem os comandos dos núcleos motores do tronco encefálico. A articulação é uma tarefa essencialmente motora, que envolve as regiões pré-motoras do córtex frontal esquerdo e os setores de representação da face no giro pré-central de ambos hemisférios.

Entretanto, nós não temos uma fala mecânica, mas sim com entonações, nuances e sentimentos, o que chamamos de prosódia. A localização cerebral da prosódia ainda não está bem determinada, mas acredita-se que se localizem no hemisfério direito, nas mesmas regiões responsáveis pelo processamento dos aspectos cognitivos da linguagem.

3.1.4 A compreensão da fala

Em certo momento do processo auditivo, o cérebro percebe que os sons recebidos são lingüísticos e envia a sua representação neural (na forma de potenciais de ação, potenciais sinápticos etc) para as regiões responsáveis pela compreensão da fala, fazendo o caminho inverso da emissão da fala: identificação fonológica → identificação léxica → compreensão sintática → compreensão semântica.

A consulta ao *léxicon* fonológico permite reconhecer os sons característicos de cada idioma, identificando os fonemas que compõem a frase. Provavelmente, o *léxicon* guarda os fonemas como são pronunciados nas expressões de cada língua ou dialeto regional, o que nos leva a concluir que esses fonemas são diferentes daqueles das versões escritas. Alguns psicolingüistas defendem que a identificação das palavras ocorre passo a passo, ou seja, a cada sílaba falada ele reduz as possibilidades até chegar numa única palavra ao final do processo. No entanto, uma mesma palavra pode ter vários significados, para chegar a uma conclusão ainda é preciso consultar o *léxicon* sintático e semântico. Entretanto, muitas vezes, a palavra isolada não permite uma conclusão e até mesmo as palavras vizinhas não contribuem. A decisão final irá depender de um contexto mais amplo que só ficará claro quando relacionado com frases anteriores e posteriores e com o assunto da conversa (LENT, 2002).

Os neurolingüistas têm uma idéia da localização das áreas responsáveis por esses processos, mas estão longe de entendê-lo por completo. No experimento da figura 3.4, o sujeito ouve diferentes sons verbais enquanto sua atividade neural é registrada pelo tomógrafo de emissão de pósitrons. A cada tipo de estímulo

lingüístico (A a E), diferentes áreas são ativadas, indicando a localização dos léxicons. Experimentos como esse mostram que o *léxicon* fonológico poderia estar situado na área de Broca do hemisfério esquerdo e no giro temporal superior, já o *léxicon* semântico estaria situado no pólo anterior do giro temporal superior, bilateralmente. No entanto, a compreensão total de uma história ativaria outras regiões do hemisfério esquerdo, além das que já tinham sido ativadas bilateralmente, a área de Broca e os giros temporais médios e superior incluindo a área de Wernicke.

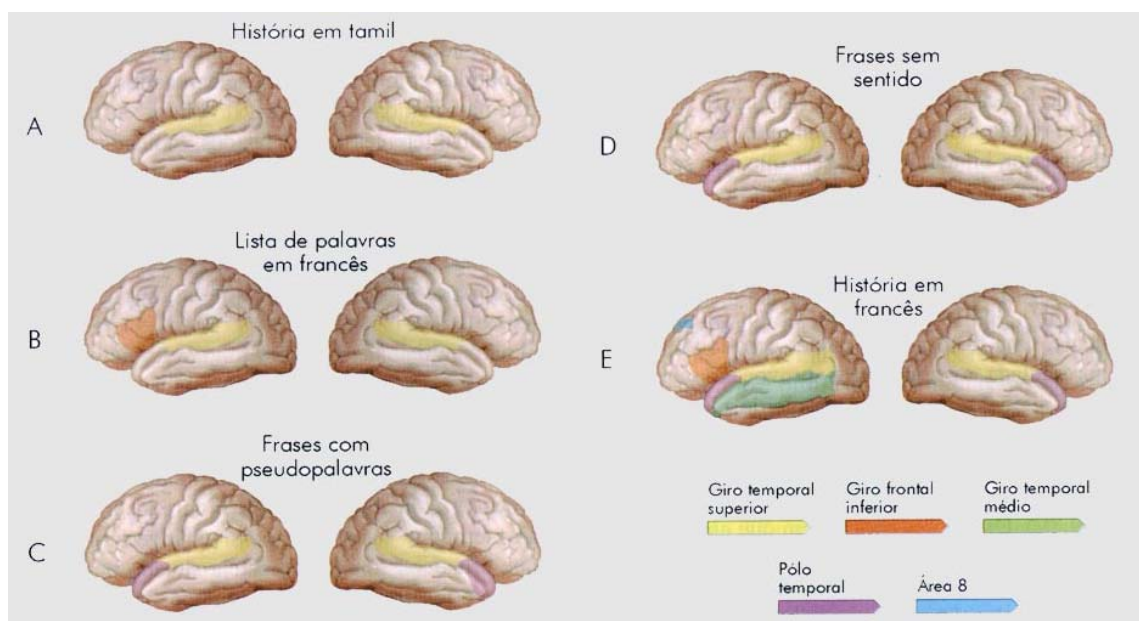


Figura 3.4: Experimento que acompanha a atividade neural do sujeito através de um tomógrafo de emissão de pósitrons (o cérebro da esquerda representa o hemisfério esquerdo e o da direita o hemisfério direito). (LENT, 2002, p. 633)

3.1.5 Distúrbios da fala e da compreensão

Damos o nome de afasia a alguns dos distúrbios da linguagem falada causados por acidentes vasculares cerebrais na sua fase aguda. Entretanto, nem todos os distúrbios da linguagem podem receber esse nome. São chamados de afasia apenas aqueles que atingem regiões realmente responsáveis pelo processamento

da linguagem e não distúrbios do sistema motor, do sistema atencional, e outros que seriam apenas coadjuvantes do processo. Ao contrário de um doente que não consegue falar devido à paralisia de um nervo facial, os portadores de afasia podem apresentar problemas de linguagem sem ter qualquer problema no funcionamento muscular facial.

Segundo Lent (2002), as afasias são classificadas em afasia de expressão, de compreensão e de condução, de acordo com os sintomas do paciente e com a região cerebral atingida.

A afasia de expressão ou afasia de Broca é provocada por lesões sobre a região lateral inferior do lobo frontal esquerdo. Pode ser também denominada afasia motora ou não-fluente, já que os pacientes têm dificuldade em falar mesmo que possam entender a linguagem ouvida ou lida. Pessoas com esse tipo de afasia têm dificuldade em dizer qualquer coisa, fazendo pausas para procurar a palavra certa (anomia). A marca típica da afasia de Broca é um estilo telegráfico de fala, no qual se empregam, principalmente, palavras de conteúdo (substantivos, verbos, adjetivos), além da incapacidade de construir frases gramaticalmente corretas (agramatismo).

A afasia de compreensão ou afasia de Wernicke atinge uma região cortical posterior em torno da ponta do sulco lateral de Sylvius do lado esquerdo. Os pacientes não conseguem compreender o que lhes é dito. Emitem respostas verbais sem sentidos e também não conseguem demonstrar compreensão através de gestos. Apesar de possuir uma fala fluente, ela também não tem sentido pois não compreendem o que eles mesmos dizem. Enquanto na afasia de Broca, a fala é perturbada, mas a compreensão está intacta, na afasia de Wernicke, a fala é fluente, mas a compreensão é pobre.

A afasia de condução é provocada por lesão do feixe arqueado, feixes que conectam a área de Broca com a área de Wernicke. Os pacientes seriam capazes de falar espontaneamente, embora cometessem erros de repetição e de resposta a comandos verbais. Características de outras síndromes estão listadas na tabela 3.1.

Tipos de Afasia	Local da lesão encefálica	Compreensão	Fala	Repetição Impedida	Erros Parafásicos
Broca	Córtex motor associativo do lobo frontal	Boa	Não fluente, agramatical	Sim	Sim
Wernicke	Lobo temporal posterior	Pobre	Fluente, gramatical e sem significado	Sim	Sim
De condução	Fascículo arqueado	Boa	Fluente, gramatical	Sim	Sim
Global	Porções dos lobos temporal e frontal	Pobre	Muito pouca	Sim	-
Área motora transcortical	Lobo frontal anterior à área de Broca	Boa	Não-fluente, agramatical	Não	Sim
Área sensorial transcortical	Córtex próximo à junção dos lobos temporal, parietal e occipital	Pobre	Fluente, gramatical e sem significado	Não	Sim
Anomia	Lobo temporal inferior	Boa	Fluente, gramatical	Não	Não

Tabela 3.1: Característica dos tipos de afasia (BEAR *et al*, 2002, p.643)

3.2 AQUISIÇÃO DA LINGUAGEM

Por que os bebês não nascem falando? Segundo Pinker (2002), os bebês humanos nascem antes de seus cérebros estarem completamente formados. Se os seres humanos permanecessem na barriga da mãe por um período proporcional

àquele de outros primatas, nasceriam aos dezoito meses, exatamente a idade na qual os bebês começam a falar, portanto, nasceriam falando.

O cérebro do bebê muda consideravelmente depois do nascimento. Nesse momento, os neurônios já estão formados e já migraram para as suas posições no cérebro, mas o tamanho da cabeça, o peso do cérebro e a espessura do córtex cerebral, onde se localizam as sinapses, continuam a aumentar no primeiro ano de vida. Conexões a longa distância não se completam antes do nono mês e a bainha de mielina continua se adensando durante toda a infância. As sinapses aumentam significativamente entre o nono e o vigésimo quarto mês, a ponto de terem 50% a mais de sinapses que os adultos. A atividade metabólica atinge níveis adultos entre o nono e o décimo mês, mas continuam aumentando até os quatro anos. O cérebro também perde material neural nessa fase.

Um enorme número de neurônios morre ainda na barriga da mãe, essa perda continua nos dois primeiros anos e só se estabiliza aos sete anos. As sinapses também diminuem dos dois anos até a adolescência quando a atividade metabólica se equilibra, como a do adulto. Dessa forma, pode ser que a aquisição da linguagem dependa de uma certa maturação cerebral e que as fases de balbucio, primeiras palavras e aquisição de gramática exijam níveis mínimos de tamanho cerebral, de conexões a longa distância e de sinapses, particularmente nas regiões responsáveis pela linguagem (PINKER, 2002).

3.2.1 Balbuciando

É comum dividir o estágio inicial da aquisição de linguagem em duas fases: pré-lingüística e lingüística. No estágio pré-lingüístico, a capacidade lingüística da

criança desenvolve-se sem qualquer produção lingüística identificável. Sem levar em conta as mudanças biológicas que facilitam o desenvolvimento lingüístico e ocorrem nos primeiros meses de vida da criança, é o balbuciar dos bebês de aproximadamente seis meses que sinaliza o começo da aquisição da linguagem. Esse período é tipicamente descrito como pré-lingüístico porque os sons produzidos não são associados a nenhum significado lingüístico. O estágio dos balbucios é marcado por uma variedade de sons que muitas vezes são usados em alguma das línguas do mundo, embora muitas vezes não sejam a língua que a criança irá, posteriormente, falar. O significado dessa observação não é claro. Alguns, como Allport (apud STILLINGS, 1989), afirmam que os balbucios sinalizam o começo da habilidade de comunicação lingüística da criança. Nesse estágio, os sons oferecem o repertório no qual a criança irá identificar os fonemas da sua língua. Por outro lado, McNeil (apud STILLINGS, 1989) ressalta que a ordem que os sons aparecem durante o período de balbucio é, geralmente, contrária àquela que eles aparecem nas primeiras palavras da criança. Por exemplo, consoantes posteriores e vogais anteriores, como [k], [g] e [i], aparecem cedo nos balbucios das crianças, mas tarde no seu desenvolvimento fonológico.

3.2.2 Primeiras palavras

Segundo Stillings (1989), o primeiro estágio verdadeiramente lingüístico da criança parece ser o estágio de uma palavra. Nesse estágio, que aparece poucos meses antes delas completarem um ano, as crianças produzem suas primeiras palavras. Durante esse estágio, as suas falas se limitam a uma palavra, que são pronunciadas de maneira um pouco diferente da dos adultos. Muitos fatores

contribuem para essa pronúncia não usual: alguns sons parecem estar fora da escala auditiva das crianças, por dependerem da maturação de alguns nervos. Sons que são difíceis para a criança detectar tornam-se difíceis para elas aprenderem. Além disso, alguns sons parecem ter uma articulação difícil para as crianças. Por exemplo, é comum ver crianças que possuem desenvolvimento lingüístico adiantado e não conseguem pronunciar o [r]. Algumas vezes, sons fáceis podem se tornar difíceis na presença de outros sons. Por exemplo, crianças no estágio de uma palavra, freqüentemente, omitem o som das consoantes finais.

Crianças nessa fase, além de pronunciar as palavras de maneira diferente também querem dizer coisas diferentes com elas. Muitos pesquisadores perceberam que as crianças parecem expressar significados complexos com suas expressões curtas. É como se suas sentenças de uma palavra representassem um pensamento completo. Esse uso da linguagem indica que o desenvolvimento conceitual da criança tende a ultrapassar seu desenvolvimento lingüístico nos primeiros estágios da aquisição. No entanto, nós devemos traçar essa conclusão com cuidado, já que julgamentos sobre o que as crianças querem disser nos seus primeiros estágios de desenvolvimento são difíceis de fazer.

Acessando essa e outras propriedades do sistema semântico da criança, nós temos que considerar a questão da natureza do significado. Em particular, é importante esclarecer que tipo de conhecimento a criança deve dominar durante o processo de aquisição de linguagem. A distinção de Frege (STILLINGS, 1989) entre sentido e referência é relevante; nós podemos explorar como as crianças formam e organizam conceitos e como elas aprendem a referenciá-los. Clark (apud STILLINGS, 1989) e Anglin (apud STILLINGS, 1989) mostraram que as primeiras referências das crianças partem, sistematicamente, em duas direções

particularmente opostas daquelas da comunidade falante dos adultos. Em alguns casos, as crianças usam as palavras para referenciar inapropriadamente um vasto número de objetos. Por exemplo, *carro* poder ser usado para referenciar um objeto grande que se move ou qualquer objeto que serve para fazer transporte. Em outros casos, crianças usam as palavras de uma maneira extremamente restrita, criando um drástico limite para um conjunto de referenciais permitidos. Por exemplo, uma criança usa a palavra *cachorro* para designar apenas o cachorro da família.

Essa superextensão e subextensão são bem freqüentes nos primeiros diálogos das crianças, mas decrescem quando seu léxico se torna similar ao dos adultos. A explicação de Clark (apud STILLINGS, 1989) para a aquisição semântica envolve, crucialmente, a hipótese de que as crianças aprendem o significado de uma palavra através da união de várias características semânticas que coletivamente constituem o conceito expresso pelo termo. De fato, essa hipótese sobre o desenvolvimento léxico vê a criança reunindo um banco de dados onde as características semânticas primitivas são associadas em grupo a um item lexical. Se uma criança, erroneamente, associa muitas ou poucas características a um termo, o conceito resultante estará, excessivamente, generalizado ou excessivamente restrito, respectivamente, a superextensão e subextensão. Apesar dos detalhes da explicação serem controversos, a idéia de que as crianças constroem conceitos através de algum tipo de conceitual primitivo é mais aceitável. Como no caso da aquisição fonológica, existem evidências de que as crianças adquirem uma representação abstrata durante o aprendizado da sua língua, mesmo nos primeiros estágios de aquisição.

Dessa forma, mesmo que a primeira hipótese sobre aquisição de linguagem seja de que a criança simplesmente adquire sons e significados, a investigação das

primeiras palavras da criança indica que o conhecimento adquirido por aquelas de um ano de idade toma a forma de um sistema rico de regras e representações. Como esses sistemas abstratos foram deduzidas, principalmente, através das experiências das crianças na comunidade lingüística, as diferenças entre a gramática da criança e a do adulto são compreensíveis.

3.2.3 O surgimento da sintaxe

A partir do estágio de duas palavras é possível examinar o desenvolvimento sintático, mesmo que seja de maneira rudimentar.

Uma hipótese popular sobre os padrões das expressões de duas palavras (apud STILLINGS, 1989) diz que as crianças organizam seu vocabulário em duas classes lexicais chamadas de *pivô* e *aberta*. Assim, nesse estágio a fala da criança seria composta de duas palavras da classe aberta ou uma palavra da classe aberta e uma da classe pivô, já que no estágio de uma palavra elas utilizam palavras da classe aberta. Essa subdivisão dependerá da fala de cada criança, desse modo toda palavra usada sozinha pertencerá à classe aberta, já que as palavras associadas à classe pivô nunca aparecem sozinhas ou associadas entre si.

O ponto é que justaposição de palavras não implica relação semântica entre ela. Essas relações semânticas tendem a aparecer com o tempo, quando as combinações de palavras aumentarem. A primeira relação a aparecer é a de modificador-modificado (*mais biscoito*) e a de agente-ação (*cachorro come*). Essa relação semântica (algumas vezes chamada de relação temática) aparentemente começa no estágio de duas palavras. Alguns pesquisadores como Bloom (apud STILLINGS, 1989) e Bowerman (apud STILLINGS, 1989), propuseram que a relação

temática é a primeira relação estrutural importante que a criança usa para construir expressões com mais de uma palavra, sugerindo que a gramática da criança seria mais bem descrita através das funções das palavras. Em vez de sintagma nominal e verbal, falaríamos em agente e ação. Outra sugestão dada por Berwick e Weinberg (apud STILLINGS, 1989), é que a primeira gramática das crianças está baseada na suposição de que toda relação sintática está correlacionada com uma relação temática. Desse modo, nos primeiros estágios de desenvolvimento, toda sequência nome-verbo seria interpretada como agente-ação e similarmente para outras seqüências sintáticas.

O sistema lingüístico da criança nessa fase também é diferente do adulto. Além das diferenças de pronúncia e significado, elas também possuem uma gramática diferente da deles. Obviamente, produzem sentenças mais breves, entretanto a maioria delas são sentenças inovadoras e não apenas imitações da dos adultos.

3.2.4 Além do estágio de duas palavras

Embora os estágios de uma e duas palavras não tenham um início e um final determinado, existem características confiáveis para identificá-los. No entanto, ao final desses estágios, a caracterização de outros estágios torna-se mais difícil.

À medida que o MLU (média de palavras por expressão) aumenta, a complexidade da gramática que gerencia essas palavras torna-se mais complexas, no entanto, continua sendo deficiente em relação à dos adultos (crianças de dois e três anos). O discurso das crianças dessa idade é descrito como discurso telegráfico, omitindo pequenas palavras como determinantes e preposições. Além disso, existem problemas com as estruturas que não seguem uma regra geral, por

exemplo, é comum as crianças dizerem *eu trazi*, generalizando a regra dos verbos regulares. O interessante é que antes de cometerem este erro, elas passam por uma fase em que usam o verbo adequadamente. Uma explicação para essa regressão é que no início elas simplesmente imitam a formação do verbo, mais tarde, no entanto, após aprender a regra de formação, elas simplesmente a aplicam para todos os verbos. Porém, com o passar do tempo acabam aprendendo a forma certa, mesmo que seja através da memorização.

3.2.5 Próximas fases de desenvolvimento

Após o estágio de duas palavras as crianças expandem seu vocabulário, aprendem as regras de construção (negativa, passiva, etc.) presentes na língua, aprendem seu sistema fonológico e morfológico, aperfeiçoam sua pronúncia, e, geralmente, alcançam a convenção adulta de maneira bem rápida (entre os seis e sete anos), mesmo que demorem mais a aprender estruturas mais complexas, como a voz passiva.

Na Tabela 3.2 ilustramos um resumo das principais características de cada fase do desenvolvimento da linguagem na criança.

Idade Aproximada	Características da idade	Interação com o processamento de informação
Pré-natal	Resposta às vozes humanas	
Alguns meses iniciais	Arrulhamento, que abrange todos os fones possíveis	À medida que os sons se tornam mais significativos, a percepção infantil dos sons torna-se mais seletiva e a capacidade da criança para lembrar os sons aumenta.
Cerca dos outros 6 meses após o nascimento	Balbuciação, que abrange apenas os fonemas distintos que caracterizam a linguagem primária da criança	
Cerca de 1 a 3 anos de idade	Eloquções de uma palavra	À medida que a fluência e a compreensão crescem, a capacidade mental para manipular os símbolos lingüísticos aumenta, como também o desenvolvimento conceitual; ocorrem erros de superextensão, quando as crianças tentam aplicar seu vocabulário limitado a uma variedade de situações, porém, à medida que o vocabulário das crianças se torna mais especificado, esses erros ocorrem com menor freqüência.
	Eloquções de duas palavras	
	Fala telegráfica	
Cerca de 3 a 4 anos	Frases simples que refletem a enorme expansão do vocabulário, bem como compreensão extraordinariamente competente da sintaxe, apesar dos erros de super-regularização.	O vocabulário e os conceitos continuam a expandir-se em função tanto da compreensão como da fluência, e a criança internaliza as regras de sintaxe; os erros de super-regularização propiciam <i>insights</i> a respeito de como as crianças formam regras sobre as estruturas lingüísticas.
Cerca de 4 anos de idade	Estrutura de frases básica do adulto; alguns acréscimos na complexidade da estrutura continuam na adolescência; o vocabulário continua a aumentar, apesar de em um ritmo decrescente.	Os padrões e as estratégias lingüísticos das crianças para a aquisição da linguagem são estudados amplamente nos mesmos moldes que aqueles para os adultos; entretanto, suas estratégias metacognitivas para adquirir vocabulário tornam-se crescentemente sofisticadas ao longo da infância.

Tabela 3.2: Mudança no Desenvolvimento Associados à Aquisição da Linguagem (STENBERG, 2002, p. 258)

3.2.6 O ponto crítico

Todos nós sabemos que é muito mais fácil aprender uma segunda língua na infância. A maioria dos adultos nunca chega a dominar uma língua estrangeira, sobretudo sua fonologia, o que gera o inevitável sotaque. Segundo Pinker (2002), “existem diferenças individuais, que dependem do esforço, qualidade de ensino e simples talento, mas, ainda assim e mesmo nas melhores circunstâncias, parece haver uma barreira intransponível para qualquer adulto”.

Dados mais sistemáticos nos são fornecidos pela psicóloga Elissa Newport e seus colegas (PINKER, 2002). Eles testaram estudantes e professores da Universidade de Illinois nascidos na Coreia e na China que já viviam há pelo menos dez anos nos Estados Unidos. Aqueles que tinham migrado entre os 3 e 7 anos, alcançaram o desempenho dos americanos nativos. A partir desse ponto, quanto mais velho, pior era a assimilação da nova língua.

Quanto à língua materna, são raros os casos de pessoas que chegam a puberdade sem tê-la adquirido. Até os deficientes auditivos tem mais facilidade de aprender a língua de sinais antes da fase adulta. No caso de crianças selvagens encontradas na floresta ou em lares de pais psicóticos, elas podem aprender a se comunicar de forma clara ou não, dependendo da idade em que foram encontradas.

Resumindo, a aquisição de linguagem é certa até os seis anos, fica comprometida depois dessa idade até a puberdade e é rara depois disso. Uma explicação plausível seria as alterações maturativas que ocorrem no cérebro, tais como o declínio da atividade metabólica e do número de neurônios durante o início da vida escolar, e a estagnação no nível mais baixo do número de sinapses e da atividade metabólica por volta da puberdade.

Pinker (2002, p.374-375) cria uma metáfora interessante para tentar explicar essa perda de funcionalidade cerebral:

Imagine que o que os genes controlam não é uma fábrica mandando peças para o mundo, mas a oficina de uma companhia teatral de poucos recursos para a qual vários cenários, adereços e materiais retornam periodicamente a fim de serem desmanchados e remontados para a próxima produção. A qualquer hora, diferentes engenhocas podem ser produzidas na oficina, dependendo da necessidade do momento. A ilustração biológica mais óbvia é a metamorfose. [...] Mesmo nos humanos, o reflexo de sucção desaparece, os dentes nascem duas vezes e uma coleção de características sexuais secundárias emergem dentro de um cronograma maturacional. Agora, complete a mudança de ponto de vista. Pense na metamorfose e nas mudanças maturacionais não como exceção mas como regra. Os genes, moldados pela seleção natural, controlam corpos ao longo de toda a vida; seus propósitos perduram enquanto forem úteis, nem antes nem depois. A razão para termos braços aos sessenta anos não é o fato de eles estarem ali desde o nascimento, mas porque braços são tão úteis para um sexagenário quanto o são para um bebê.

Ainda segundo Pinker (2002), nós não devemos perguntar “Por que a capacidade de aprender desaparece?”, mas sim “Quando a capacidade de aprender é necessária?”. Logo, ela deve aparecer o mais cedo possível, para podermos usufruí-la o maior tempo possível, no entanto, ela é extremamente útil apenas uma vez, depois passa a ser supérflua.

Assim, a aquisição lingüística deve ser como as outras funções biológicas. A inépcia lingüística de turistas e estudantes talvez seja o preço a pagar pela genialidade lingüística que demonstramos quando bebês, assim como a decrepitude da idade é o preço pelo vigor da juventude (PINKER, 2002, p.378).

3.3 INTERAÇÃO ENTRE O PENSAMENTO E A LINGUAGEM

Sabemos que diferentes línguas possuem estruturas lexicais e sintáticas diferentes. Essas diferenças, geralmente, refletem as diferenças no ambiente físico e cultural no qual as línguas surgiram e se desenvolveram. Um conceito relevante a essa questão é o do determinismo lingüístico, também chamado de hipótese Sapir-Whorf, que afirma que os pensamentos das pessoas são determinados pelas categorias permitidas pela língua, e na sua versão mais fraca, a relatividade

lingüística, afirma que as diferenças entre as línguas causam diferenças nos pensamentos de seus falantes. Nas palavras de Pinker (2002):

Na qualidade de cientista cognitivo posso me dar o direito de ser presunçoso e afirmar que o senso comum está correto (o pensamento é diferente da linguagem) e que o determinismo lingüístico é um absurdo convencional. (PINKER, 2002, p.75)

Mas isso é falso, completamente falso. A idéia de que o pensamento seja a mesma coisa que a linguagem é um exemplo do que se pode chamar de absurdo convencional: uma afirmação totalmente contrária ao senso comum mas em que todos acreditam porque têm uma vaga lembrança de tê-la escutado em algum lugar e porque ela tem tantas implicações. [...] Todos tivemos a experiência de enunciar ou escrever uma frase, parar e perceber que não era exatamente o que queríamos dizer. Para que haja esse sentimento, é preciso haver um 'o que queríamos dizer' diferente do que dissemos. Nem sempre é fácil encontrar as palavras que expressam adequadamente um pensamento. (PINKER, 2002, p. 62)

Deficientes auditivos completamente destituídos de linguagem são um claro exemplo de pensamento sem linguagem. Além disso, muitas pessoas criativas afirmam que em seus momentos mais inspirados pensam com imagens mentais, e não com palavras. Lui Chi Kung, um famoso pianista, ficou preso durante sete anos, e quando finalmente saiu da prisão, tocava melhor que antes. Lui afirma ter ensaiado todos os dias, mentalmente, na prisão. Muitas atletas treinam mentalmente antes das competições e até o exército americano já utilizou essa técnica para treinar os seus soldados. Os físicos afirmam que seu pensamento é geométrico e não-verbal. Segundo Pinker (2002), “o mais famoso auto-intitulado pensador visual foi Albert Einstein, que chegou a algumas de suas descobertas imaginando a si mesmo montado num fecho de luz e olhando para um relógio situado atrás, ou deixando cair uma moeda dentro de um elevador em queda”.

Para Vygotsky (1991), o pensamento e a palavra não são ligados por um elo primário, mas, ao longo da evolução do pensamento e da fala, tem início uma conexão entre ambos, que se modifica e se desenvolve. Segundo ele, o fato mais importante revelado pelo estudo genético do pensamento e da fala é que a reação entre ambos passa por várias mudanças. O progresso da fala não é paralelo ao

progresso do pensamento. As curvas de crescimentos de ambos cruzam-se muitas vezes; podem atingir o mesmo ponto e correr lado a lado, e até mesmo fundir-se por algum tempo, mas acabam se separando novamente.

Com base na abordagem genética do desenvolvimento da linguagem, Vygotsky (apud SOUZA, 2001) observa que o pensamento da criança pequena inicialmente evolui sem a linguagem; assim como os seus primeiros balbucios são uma forma de comunicação sem pensamento. Entretanto, já nos primeiros meses, na fase pré-intelectual, a função social da fala já é aparente: a criança tenta atrair a atenção do adulto por meio de sons variados. Até por volta dos dois anos, a criança possui um pensamento pré-lingüístico e uma linguagem pré-intelectual, mas a partir daí, eles se encontram e se unem, iniciando um novo tipo de organização do pensamento e da linguagem. Nesse momento, surge o pensamento verbal e a fala racional. A criança descobre que cada objeto tem seu nome e a fala começa a servir ao intelecto e os pensamentos começam a ser verbalizados.

Assim, segundo Vygotsky (1991), o desenvolvimento do pensamento é determinado pela linguagem, pelos instrumentos lingüísticos do pensamento e pela experiência sócio-cultural da criança.

3.4 BILINGÜISMO

Segundo Stenberg (2000), existe questões que fascinam os psicolingüistas: “se uma pessoa pode falar e pensar em duas línguas, essa pessoa pensa diferentemente em cada língua? Realmente, os bilíngües – pessoas que falam duas línguas – pensam de modo diferente dos monolíngües – pessoas que podem falar apenas uma língua?”

James Cummins (apud STENBERG, 2000) sugeriu que existem dois tipos de bilingüismo, o aditivo e o substrativo. No aditivo, a segunda língua é relativamente bem desenvolvida em relação à primeira, no substrativo, elementos da segunda língua substituem elementos da primeira língua. No primeiro caso, o funcionamento cognitivo seria aumentado, no segundo diminuído. Assim, para o bilingüismo ser benéfico às pessoas precisam ter uma competência relativamente alta nas duas línguas.

Alguns psicólogos cognitivos interessam-se em descobrir como as duas línguas são representadas na mente do bilíngüe. A hipótese do sistema único sugere que as duas línguas são representadas num único sistema, já a hipótese do sistema dual, que as mesmas são representadas, de alguma forma, num sistema dual. A figura 3.5 ilustra a diferença dessas duas hipóteses. No primeiro desenho, representativo do sistema único, a informação da língua alemã seria armazenada na mesma parte do cérebro que a da língua inglesa. No segundo desenho, que corresponde ao sistema dual, o conhecimento referente à língua inglesa e a língua alemã estariam em locais diferentes.

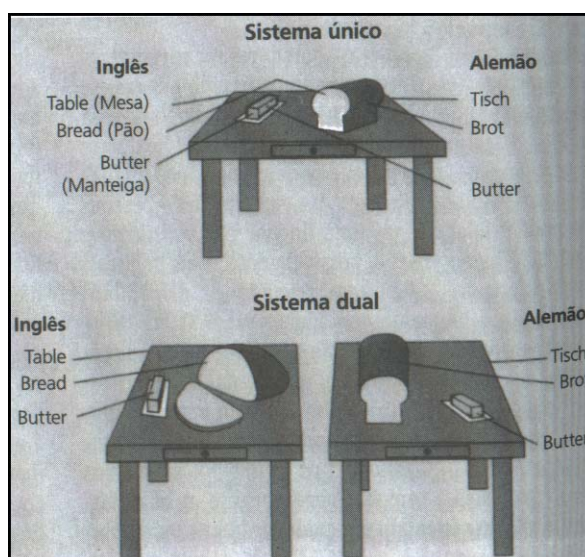


Figura 3.5: Bilingüismo: Hipóteses do Sistema Único e do Sistema Dual. (STENBERG, 2000, p. 286)

Um meio de estudar essa questão é a análise de cérebros lesionados de pessoas bilíngües. Se uma lesão numa parte específica do cérebro provocar prejuízo quase igual nas duas línguas, poderíamos deduzir que o sistema é único, caso contrário, seria dual. No entanto, apesar dos resultados das pesquisas não apresentam respostas conclusivas, acredita-se que exista alguma dualidade estrutural. (STENBERG, 2000)

Estudos feitos por George Ojemann e Harry Whitaker (apud STENBERG, 2000) no córtex de dois pacientes epiléticos, através de estimulação elétrica, indicam que alguns aspectos das duas línguas podem ser representados unificadamente, enquanto outros podem ser representados separadamente. Os resultados também sugerem que a língua mais fraca era representada de forma mais difusa através do córtex que a língua mais forte.

Resumindo, as duas línguas parecem compartilhar alguns aspectos da representação mental. Para alcançarmos os benefícios do aprendizado de uma segunda língua, ela deve ser bem aprendida e a pessoa deve estar num ambiente onde esta língua irá acrescentar-se a sua primeira língua.

O bilingüismo não é uma consequência direta do contato lingüístico entre grupos de línguas diferentes. Às vezes, a língua do grupo dominante pode ser superimposta à língua do grupo subordinado, de tal forma que o vocabulário e a sintaxe do primeiro se incorporem à língua do segundo. Com o passar do tempo, essa mistura – “uma crioula” – torna-se uma língua nativa do povo subordinado. Uma outra consequência poderia ser o surgimento do pidgin, um meio simples de comunicação formado pela mistura rudimentar da sintaxe e do léxico das duas (ou mais) línguas (STENBERG, 2000).

3.5 CONCLUSÃO

Está claro que os processos cerebrais continuam a ser um mistério para o homem e que essa situação ainda deve perdurar por muito tempo. Da mesma maneira, estudos sobre a forma como aprendemos e utilizamos a linguagem vêm desde Platão e não devem ser concluídos brevemente. Apesar de algumas especulações estarem, aparentemente, no caminho certo, ainda existem muitas perguntas a serem respondidas.

Esses estudos estão, cada vez mais, aglutinando várias áreas de conhecimento e o computador é uma ferramenta de fundamental importância nesse processo. Mesmo que o objetivo final não seja programá-lo para desempenhar tarefas humanas, o poder de simulação da máquina pode ajudar muito nas descobertas sobre o funcionamento do cérebro humano.

Como o sistema CUTE tem como finalidade promover o aprendizado da língua de maneira mais simples, tornou-se necessário fazer um estudo do modo como o cérebro processa a linguagem para podermos pensar em estratégias para facilitar a assimilação do conteúdo.

Nesse capítulo, discorreremos sobre os estudos relacionados aos processos cerebrais responsáveis pela linguagem. Além disso, mostramos alguns resultados de pesquisas desenvolvidas a fim de descobrir quais as partes do cérebro processam a linguagem. Finalmente, descrevemos os estágios pelos quais as crianças passam para aprender uma língua.

O próximo capítulo tem como objetivo mostrar alguns métodos e análises disponíveis para a implementação de aplicativos relacionados a PLN, assim como, descrever as funcionalidades e aplicações do sistema CUTE.

4 SISTEMA CUTE

O objetivo principal do processamento de linguagem natural (PLN) é o de proporcionar às pessoas uma forma de comunicação natural e simples com as máquinas. A compreensão por parte de uma máquina da linguagem natural ainda está longe da ideal, mas grandes progressos já foram feitos e bons resultados foram obtidos, como, por exemplo, a disponibilização de diversos métodos para implementação de aplicativos relacionados a essa área.

Santos e Segre [apud GLANZMANN, 1995] apontam “a Informática como uma poderosa tecnologia de apoio a novas formas de aprendizagem, mostrando que através da utilização de produtos de software educacionais, a tecnologia pode contribuir na formação do homem integral e crítico”.

De acordo com Taylor [apud GLANZMANN, 1995], o uso do computador na educação pode ser classificado em três categorias:

- tutor: a aprendizagem do aluno é essencialmente governada pelo computador. Ele apresenta o material, o aluno responde e após as respostas serem avaliadas, o aluno é encaminhado ao ponto adequado ao seu nível;
- ferramenta: o computador é usado por alunos e professores como um instrumento capaz de realizar tarefas úteis (editores de textos, planilhas eletrônicas, banco de dados, etc.), e,
- tutelado: neste caso os papéis se invertem e o aluno passa a dirigir o computador, aprendendo a programá-lo.

De acordo com Giraffa [apud GANDRA, 2003], uma das taxonomias mais tradicionalmente usada para classificação de softwares educacionais os divide em dois grupos:

- Programas com aprendizagem do usuário dirigida a um conjunto de habilidades específicas como motricidade fina, percepção, identificação e

outras. Englobam dois grandes grupos de software educacionais: os CAI (*Computer-Aided Instruction*), que surgiram na década de 50, a partir de pesquisas na área de educação e os ICAI (*Intelligent Computer-Aided Instruction*), originados na década de 70, a partir de pesquisas da área de inteligência artificial (IA).

- Programas para aprendizagem de habilidades cognitivas amplas. Neste grupo estão todos os programas educacionais que enfatizam o trabalho do usuário e o “paradigma do aprender a aprender” , como os micromundos, introduzidos nos anos 60 por Seymour Papert, utilizam a proposta de aprendizagem de Jean Piaget, enfatizando a construção do conhecimento por parte do usuário e não a simples transmissão de conhecimentos, e as linguagens e sistemas de autoria, que se propõem a tornar professores e usuários capazes de criar ambientes computacionais dedicados ao ensino/aprendizagem, mesmo que estes não sejam especialista em informática.

O nosso sistema encontra-se situado no campo de pesquisa de aprendizagem apoiada por computador, utilizando-se particularmente o fato do ensino ser suportado pelo uso de uma grande base de dados, eventualmente construída por um especialista, a partir da qual o sistema passa a interagir com o aluno buscando um certo poder indutivo.

No que tange aos Modelos de Processo de Software ou Ciclo de Vida, escolhemos o processo de desenvolvimento de software denominado prototipação. Este processo permite a criação de um programa que executa parte ou toda a função desejada, mas que tem outras características que serão melhoradas em um novo esforço de desenvolvimento.

Com efeito, a seqüência de etapas da prototipagem inicia-se com a coleta dos requisitos, na qual os objetivos globais são identificados. Um projeto que se concentra nos itens visíveis ao usuário é elaborado e, por fim, um protótipo é desenvolvido. Este protótipo é avaliado pelo cliente e é usado para refinar os requisitos do software a ser desenvolvido.

Nesse capítulo, descrevemos alguns desses métodos disponíveis para a implementação do nosso protótipo, entre eles, citaremos as linguagens lógicas e as linguagens orientadas a objetos tradicionais e aquelas criadas para integrar as duas, como o Clips e o Jeops, os mapas conceituais e os *chatterbot*, uma espécie de processador de conversação que promove grande interação entre o usuário e sistema (Castanho, 2002).

Finalmente, mostramos a solução encontrada para atingir o principal objetivo deste trabalho apresentando o nosso sistema e explicitando tanto os métodos usados para desenvolvê-lo quanto as suas funcionalidades.

4.1 MÉTODOS DE IMPLEMENTAÇÃO

Na busca de uma metodologia adequada para implementar nosso sistema, várias pesquisas foram realizadas e várias opções foram cogitadas. Nesse item serão apresentadas as alternativas possíveis para o desenvolvimento de aplicativos relacionados a PLN.

4.1.1 Sistemas de produção

Os sistemas de produção são uma das formas mais utilizadas para representar o conhecimento declarativo, ideal para modelar o raciocínio humano. Pode ser definido com um conjunto de regras de produções (composta por uma parte de condição e uma parte de ação), uma memória de trabalho onde são armazenados os fatos, e um algoritmo conhecido por encadeamento progressivo (*forward-chaining*), que produz novos fatos a partir de fatos antigos.

No encadeamento progressivo, a inferência é feita de fatos que se acredita serem verdadeiros para novos estados que as condições nos permitem estabelecer.

O ciclo de execução de um sistema de produção com encadeamento progressivo tem três passos principais:

- a) unificação: uma condição apresenta uma lista de símbolos ou variáveis, que devem ser unificadas com os fatos de memória de trabalho. Esse processo de unificação é feito por um motor de inferência;
- b) resolução de conflitos: escolhe da regra a ser disparada de acordo com a política de conflitos utilizada;
- c) disparo da regra: execução das ações da regra escolhida.

No encadeamento regressivo (*backing chaining*), o encadeamento parte de um objetivo para as condições necessárias para que ele seja estabelecido.

É importante lembrar que esses sistemas só podem resolver problemas que trabalham com lógica de ordem 0 ou 1 (com restrições). Apesar desses serem numerosos, todos aqueles que trabalham com lógicas de ordem superiores, incertezas ou qualquer lógica não clássica são excluídos.

4.1.2 Linguagens orientadas a objetos

As linguagens orientadas a objetos seguem um modelo que se baseia nos seguintes elementos básicos (FIGUEIRA, 1998, p. 15):

- a) a *abstração* permite incorporar ao modelo de dados aquela identificação de características comuns e essenciais a uma classe. A abstração define as fronteiras conceituais da classe, dentro de uma perspectiva externa ao objeto, e serve para separar o comportamento essencial da classe de sua implementação. Esse comportamento será implementado através de atributos e métodos, e possui estreita ligação com o conceito de encapsulamento;
- b) *encapsulamento* é o processo de compartimentização dos elementos de uma abstração que constituem sua estrutura e comportamento. Em geral, isso é conseguido escondendo-se a estrutura e os métodos da classe, provendo barreiras explícitas entre diferentes abstrações, e assim levando a uma clara separação de conceitos. Nenhuma parte de um sistema complexo deve depender de detalhes internos de outra parte. Fica claro que encapsulamento e abstração são conceitos interligado e complementares. Enquanto abstração retrata o comportamento observável de um objeto, o encapsulamento se foca na implementação do que deve levar ao comportamento do objeto;
- c) a complementaridade entre abstração e encapsulamento se conclui no conceito de *modularidade*, a propriedade de um sistema em ser decomposto em um conjunto de módulos coesos e suficientemente separados. Modularidade pode ser encarada como a resultante das duas forças contrárias: a abstração, que em seu extremo criaria uma classe para cada pessoa existente no planeta; e o encapsulamento, que em seu extremo criaria uma única classe *OrganismoVivo* para representar todas as formas de vida conhecidas. Não existe receita mágica para a modularidade de um sistema, devendo-se apenas valer-se de bom senso e experiências anteriores. Mas um outro conceito de orientação a objetos ajuda a organizar as classes de maneira adequada e sistemática: hierarquia;
- d) o ser humano possui uma inata capacidade de reconhecer hierarquias entre entidades. *Hierarquia* de classes é a ordenação das abstrações de classes, permitindo simplificar enormemente o entendimento do problema, ao reconhecer dependências hierárquicas entre as abstrações. As classes passam a possuir uma relação de "herança" entre si, de forma que uma classe pode compartilhar a estrutura e comportamento de outra, e acrescentar outras características inexistentes na anterior, que passa a ser chamada "superclasse". Assim, a abstração *OrganismoVivo* pode ser a superclasse das classes *Humano* e *Inseto*, que apesar de serem entidades tão distintas, também possuem uma semelhança longínqua, e que pode estar representada na superclasse.

As linguagens orientadas a objetos mais comuns são Java, C++ e Smalltalk.

Apesar de disporem dessas facilidades, não possuem um mecanismo de inferência, logo, o desenvolvimento de aplicações baseia-se em construções *if-then*.

4.1.3 EOOPS

O termo EOOPS (*Embedded Object Oriented Production Systems*) é usado para caracterizar sistemas que integram linguagens orientadas a objetos com sistemas de produção.

Segundo Figueira Filho (2000), “a idéia por trás da integração de objetos com os sistemas de produção é juntar as vantagens de sistemas inteligentes com toda a estrutura adquirida pelas linguagens orientadas a objeto durante décadas de pesquisa em ES”.

A metodologia usada no desenvolvimento de aplicações nessa área segue os seguintes passos (FIGUEIRA FILHO, 2000):

- 1- Criar as classes de objetos do domínio do problema;
- 2- Criar as regras que definem o comportamento do problema;
- 3- Se as classes definidas no passo 1 definem tudo o que é necessário para as regras do passo 2, continuar com o passo 4; senão, retornar ao passo 1;
- 4- Criar instâncias das classes definidas no passo 1, inserindo-as na memória de trabalho do sistema de produção;
- 5- Executar o motor de inferência do sistema de produção;
- 6- Retornar ao passo 1, refinando a solução.

Ainda segundo Figueira Filho (2000, p.20):

A integração de objetos com regras de produção altera a filosofia de trabalho na modelagem e codificação de sistemas de produção. Com efeito, no lugar de simples cadeias de caracteres (com uma certa semântica posicional), os fatos da memória de trabalho são substituídos por entidades que são por definição encapsuladas, cuja estrutura interna não é visível para o mundo exterior, e que pode apresentar diversos relacionamentos com outros objetos.

Quando utilizamos objetos ao invés de fatos, conseguimos algumas vantagens:

- a) reutilização: permite que o usuário reutilize partes implementadas por ele em outros projetos ou até módulos desenvolvidos por terceiros;

- b) legibilidade das regras: os métodos da linguagem orientada a objetos facilitam a compreensão da linguagem, evitando a leitura posicional feita nas regras;
- c) união de dois paradigmas distintos: permite que o programador escolha em cada módulo do sistema o paradigma que mais lhe convém.

Isso tudo pode ser garantido pelos conceitos de qualidade de software, que determinam aspectos como o da reusabilidade, modularidade, legibilidade, eficiência e manutenibilidade.

As desvantagens também existem:

- a) modificação dos objetos: durante o ciclo de execução de um motor de inferência de um EOOPS as alterações dos objetos não podem ser noticiadas pelo próprio conceito de orientação a objetos que impede que uma entidade externa modifique um objeto. Assim é preciso seguir uma das alternativas abaixo:
 - utilização de um algoritmo de unificação: unificando todos os objetos com todas as regras;
 - quebra do encapsulamento dos objetos;
 - exigência que o usuário informe quando modificar um objeto;
 - exigência que o objeto informe ao sistema que foi modificado.
- b) decidir o que são regras e o que são objetos: regras não são utilizadas em problemas que podem ser resolvidos facilmente através de técnicas convencionais de programação. Problemas de maior complexidade, ou problemas onde se deseja isolar o conhecimento da implementação são candidatos a serem resolvidos através de regras de produção.

Como o computador não consegue compreender as regras de produção, cabe aos sistemas de produção a sua conversão para estruturas que possam ser compreendidas pela linguagem hospedeira. Isso pode ser feito de duas maneiras:

- a) interpretação das regras pelo motor de inferência: nesse processo se lê as regras de alguma fonte e armazena-as em uma estrutura interna. Quando da execução, o motor de inferência trabalha com esta estrutura, utilizando-a para a unificação das regras, resolução de conflitos, disparo de regras. Assim pode-se alterar dinamicamente a base de dados e o sistema de produção fica independente de um compilador da linguagem para funcionar. No entanto, impede as otimizações de performance;
- b) pré-compilação das regras para estruturas conhecidas pela linguagem hospedeira: o resultado da compilação das regras é um código fonte da linguagem hospedeira do sistema de produção, que será novamente compilado para poder ser executado.

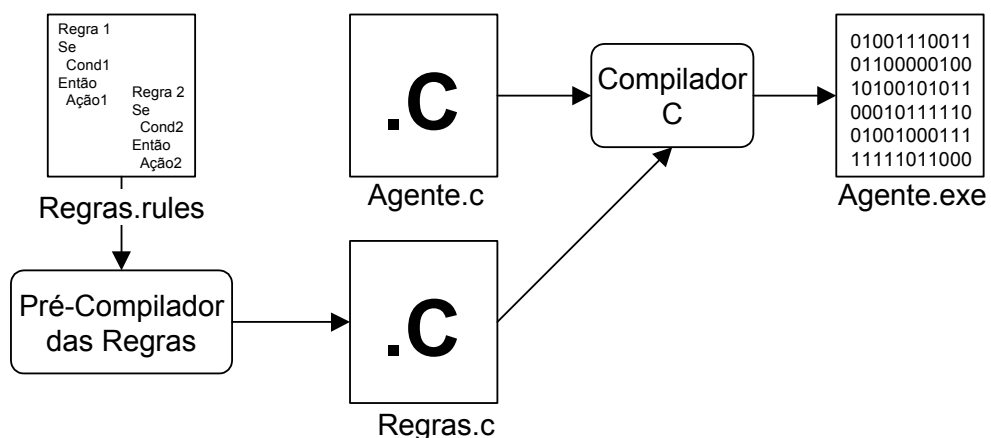


Figura 4.1: Pré-compilação das regras (FIGUEIRA FILHO, 2000, p.28)

A pré-compilação das regras (figura 4.1) é explicada por Figueira Filho (2000, p.27-28):

A compilação de regras ocorre de maneira similar à compilação de programas. A diferença é que o resultado da compilação das regras é um código fonte da linguagem hospedeira do sistema de produção, que por sua vez será novamente compilado para poder ser executado (seja diretamente pelo computador, seja via uma máquina virtual). Por isso, convencionou-se denominar este processo não de compilação, mas de *pré-compilação* das regras. Após esta etapa, as regras podem então ser compiladas pelo compilador da linguagem hospedeira juntamente com o programa que as utiliza, para que seja gerado o código que será executado. A figura [...] ilustra este processo: as regras do arquivo texto onde foram escritas as regras (Regras.rules) são pré-compiladas, gerando o arquivo na linguagem hospedeira (Regras.c). Em seguida, o arquivo gerado e o arquivo que contém a implementação do agente são compilados como programas normais da linguagem C.

4.1.4 Linguagens lógicas

O PROLOG (PROgramming in LOGic) é a linguagem mais utilizada no paradigma lógico em despeito de outras linguagens de programação como LISP ou C. Segundo Oliveira (2002), isso se deve ao fato do PROLOG ser “uma linguagem ímpar, cujas propriedades vão ao encontro das necessidades que surgem quando da programação de sistemas processadores de línguas naturais”.

Podemos citar as seguintes propriedades da linguagem (OLIVEIRA, 2002):

- a) facilidade de modificação de estruturas de dados grandes e complexas: Esta peculiaridade é de vital importância para o armazenamento de estruturas sintáticas, estruturas semânticas bem como de entradas léxicas, elementos presentes em programas que manipulam qualquer linguagem natural;
- b) capacidade de auto-análise e automodificação de programas: O suporte a metaprogramação é muito forte em PROLOG, o que possibilita a adoção de modelos abstratos de programação;
- c) algoritmo *depth-first* embutido: Para a busca das informações concernentes a um programa PROLOG (fatos e regras), o método de busca *depth-first* é internamente utilizado em sistemas PROLOG. Este algoritmo é de extrema utilidade para a implementação de analisadores sintáticos, sendo adotado pela maioria;
- d) incorporação de DCG (Definite Clause Grammar): DCG é um formalismo que estende as gramáticas livres de contexto, possibilitando a identificação e utilização de inter-relacionamentos entre os componentes de uma regra gramatical. Além de cobrir a principal carência das gramáticas livres de contexto, as DCGs não oneram o processamento de sentenças de tamanho considerável, como o fazem as gramáticas sensíveis ao contexto. Deste modo, com as DCGs tem-se um formalismo de grande capacidade de expressão, aliada à eficiência. As gramáticas sensíveis ao contexto, quando empregadas no processamento de sentenças, denotam uma complexidade de tempo exponencial, em função do tamanho das entradas.

As duas primeiras propriedades acima estão também presentes na linguagem LISP, ao passo que a linguagem C não evidencia nenhuma delas. Qualquer

linguagem de programação pode ser adotada no trato de línguas naturais; porém, algumas facilitam mais do que outras. Como o PROLOG foi originalmente projetado para o processamento de linguagem natural essas características já lhe são inerentes.

Entretanto, aplicações desenvolvidas em Prolog são restritas porque, geralmente, apenas programadores da área de Inteligência Artificial têm o conhecimento necessário para utilizá-la. Além disso, programas implementados nessa linguagem apresentam dificuldades de integração, o que é uma característica indispensável no desenvolvimento de aplicações web.

4.1.5 Linguagens integradas

A criação de aplicativos na área de linguagem natural apresenta problemas que não podem ser facilmente resolvidos pela computação tradicional. Segundo Figueira Filho (2000), “estes tipos de problemas podem ser resolvidos através da utilização do paradigma de agentes inteligentes, que engloba metáfora, técnicas e ferramentas para facilitar a concepção, análise e interpretação de programas que requerem um comportamento inteligente”.

Agentes são, geralmente, softwares que tem como principais características a autonomia (controla suas ações e estado interno), a habilidade social (interage com outros agentes ou seres humanos), a reatividade (responde as mudanças no ambiente) e a pro-atividade (tem iniciativa para alcançar seus objetivos). Quando esses agentes têm a capacidade de “raciocínio”, podendo tirar conclusões sobre um conjunto de fatos, podem ser chamados de ‘inteligentes’.

Na implementação desses agentes podemos utilizar linguagens “orientadas a agentes”, Agent0, MetateM e Placa, ou linguagens de propósito geral, especialmente as orientadas a objetos (C++, Smalltalk, Java). Entretanto, ambas as soluções apresentam problemas. No primeiro caso, ficamos limitados às funções da linguagem que são exclusivamente voltadas para a criação de agentes e no segundo caso, torna-se necessária à utilização de serviços específicos de agentes que possam ser embutidos nelas.

No entanto, com a orientação a objetos ganhamos muitas outras facilidades como a de aproveitar serviços já desenvolvidos por outras pessoas. Segundo Figueira Filho (2000), estes serviços podem ser divididos em dois grupos:

- a) propósito geral: mobilidade, acesso à banco de dados, acesso à rede, ferramentas para construção de interface, etc.;
- b) específicos para criação de agentes: mecanismos de inferência, linguagens de comunicação entre agentes, etc.

Nesse contexto, tentando promover a integração entre regras de produção e linguagens orientada a objetos, várias aplicações já foram criadas no que se convencionou chamar EOOPS. Dessa forma, temos várias propostas como CLIPS, Ral/C++ para C++, Opus e NéOpus para Smalltalk e JESS, JEOPS para Java.

4.1.5.1 CLIPS

A linguagem CLIPS (C Language Integrated Production System) é um ambiente completo para o desenvolvimento de sistemas especialistas. CLIPS foi desenvolvido pela NASA (mais especificamente, no Johnson Space Center) em 1984 com a

proposta específica de alta portabilidade, custo baixo e fácil integração com sistemas externos. Para alcançar esses objetivos foi escrito em linguagem C, tentando eliminar os problemas causados pelo uso da linguagem LISP, anteriormente usada. Esta linguagem foi projetada para permitir pesquisas, desenvolvimento e saídas para a área de Inteligência Artificial. Ela proporciona uma aplicação coesa para uma grande gama de conhecimento e suporta três paradigmas diferentes:

- a) baseado em regras: permite a representação do conhecimento heurístico, que oferece um conjunto de ações que são executadas de acordo com a situação dada. Esse foi o primeiro paradigma de implementação oferecido pelas versões iniciais do CLIPS;
- b) orientado a objetos: permite que sistemas complexos sejam implementados através de componentes modulares que podem ser reutilizados para modelar outros sistemas e criar novos componentes;
- c) procedural: permitir representar o conhecimento da mesma forma que C, Java, Ada e LISP.

Assim, podemos usar cada um desses paradigmas individualmente ou em conjunto, num mesmo sistema. CLIPS pode ser inserido como um código procedural, chamado subrotina, integrado em linguagens como C, FORTRAN e ADA, além de poder ser facilmente estendido para o uso em outros protocolos.

CLIPS define uma linguagem de programação própria denominada COOL (CLIPS Object-Oriented Language) que tem algumas peculiaridades:

- a) as classes possuem superclasses: uma primária e múltiplas secundárias;
- b) valores definidos, estática ou dinamicamente ligados podem ser colocados em instâncias de novas classes;

- c) existem vários controles na ativação da herança e na atualização das mensagens;
- d) regras, fatos e objetos podem ser salvados num arquivo, para uso ou execução posterior;
- e) existem cinco modelos de resolução de conflito: Depth (padrão), Breadth, LEX, MEA, complexidade, simplicidade e randômico.

A linguagem CLIPS possui três elementos básicos: uma lista de fatos contendo as informações sobre o mundo, uma base de conhecimentos com regras *if-then* e um motor de inferência. A parte *if* da regra é uma série de padrões (condições) que especifica os fatos (dados) que provocam a aplicação da regra e a parte *then* é o conjunto de ações que serão executadas durante a aplicação da regra. Os fatos e as regras juntos são chamados de produção e a coleção dessas condições e ações são construídas dentro de uma rede de regras chamada sistemas de produção. Desse modo simples, cada regra representa um grupo de conhecimentos e as regras irão interagir umas com as outras através dos fatos. Usando o algoritmo RETE, o motor de inferência combina os padrões com os fatos para determinar quais regras serão executadas e quando isso acontecerá (encadeamento progressivo).

O algoritmo RETE apresenta duas vantagens em relação à maneira tradicional de casamento de padrões, na qual cada objeto inserido na base é testado com todas as demais combinações de objetos já presentes para se encontrar unificações com as condições das regras. São elas:

- a) a criação de um grafo de propagação de novos fatos permite que as avaliações de uma condição que ocorram em mais de uma regra possam ser feitas apenas uma vez;

- b) permite também que as avaliações que já foram realizadas sejam armazenadas, de modo que não precisem ser refeitas sem necessidade.

No entanto, possui a desvantagem de fazer uso intensivo de memória, o que não acontece quando se faz apenas uma simples comparação de todos os fatos com todas as regras.

O código da máquina de inferência CLIPS original foi desenvolvido em ANSI-C e portanto é compatível com diversos sistemas operacionais. Existem muitas versões com interface gráfica para Macintosh, MS Windows, DOS e X-Windows. Além disso, possui código fonte aberto permite a modificação de acordo com as necessidades do usuário.

Apesar de ter a linguagem C como linguagem hospedeira, sua sintaxe se parece bastante com LISP, e por isso conseguiu um grande número de usuários, principalmente no meio acadêmico. No entanto, isso dificulta o aprendizado dessa linguagem já que a integração com a linguagem hospedeira não é completa.

Segundo Figueira Filho (2000), um outro problema de integração “é o fato dos objetos do sistema existirem em um mundo à parte do mundo dos objetos da linguagem, apesar de poder haver ligação entre eles. Isso é decorrente da filosofia de CLIPS de que tudo pode ser feito em COOL”. Dessa forma, todos os serviços necessários precisam ser refeitos para esta linguagem.

4.1.5.2 JESS

JESS é uma máquina de inferência e um ambiente de regras escrito inteiramente em Java por Ernest Friedman no Sandia National Laboratories em

Livermore, CA – USA, como parte de um projeto interno de pesquisa. Implementa a maior parte das funcionalidades do sistema de produção CLIPS para Java, uma linguagem nova na época do desenvolvimento da primeira versão (1995). Foi a primeira proposta divulgada de interação entre sistemas de produção e essa linguagem, que já aparecia como uma idéia viável, devido às necessidades da Internet.

A utilização do JESS cresceu em grande parte devido à base de usuários CLIPS que desejavam migrar de soluções baseadas em C/C++ para Java (e utilizar os serviços oferecidos por esta linguagem). JESS utiliza a estratégia de interpretação de regras, desse modo, também é uma poderosa ferramenta de scripting Java, onde você pode criar objetos e chamar métodos sem compilar qualquer código.

A máquina de inferência JESS utiliza uma linguagem derivada de CLIPS que implementa o subconjunto de comandos essenciais dessa linguagem e pode executar diversos programas desenvolvidos nela. Os dois utilizam uma linguagem, que como LISP, utiliza a notação polonesa, com operador seguido de operandos e se o conhecimento codificado for mantido separado do código, as bases de conhecimento CLIPS e JESS se tornam compatíveis.

Apesar de ambos utilizarem o algoritmo de resolução de conflitos RETE, o JESS apresenta melhor performance devido a algumas otimizações no algoritmo. Além disso, acrescentou o encadeamento regressivo, *queries* de memória de trabalho e a habilidade de manipular e direcionar questões sobre objetos Java. No entanto, a sintaxe utilizada na definição das regras em nada se assemelha a da linguagem hospedeira, além de existir uma separação entre os objetos JESS e os objetos Java.

JESS não possui nenhum mecanismo de notificação de alterações nos objetos, assim, os objetos são responsáveis pelos avisos das modificações ocorridas em suas propriedades. Isto impede que o programador utilize classes definidas por terceiros.

Existe uma sutil diferença na representação de classes nos motores de inferência do CLIPS e do JESS. A linguagem COOL do CLIPS representa as classes como *frames*, já Java usa Java *beans*, componentes em Java que permitem reflexão. No entanto, como foram projetados para serviços voltados à orientação a objetos, são incapazes de representar, declarativamente, listas estruturadas, e, muito menos, *frames*. Em JESS, um atributo não pode ser instância de uma classe declarativa, característica importante para frames.

4.1.5.3 NéOpus

Opus é uma transposição das regras do OPS5 para Smalltalk-80, criado por Atkinson & Laursen. NéOpus, abreviação de néo-Opus (do latim, novo Opus), foi criado em 1992 por François Pachet para promover uma integração completa entre o sistema de produção e a linguagem hospedeira. Possui um mecanismo de regras de primeira ordem com encadeamento progressivo e usa a própria linguagem Smalltalk para escrever o arquivo de regras.

As principais características do sistema são sua habilidade de transformar qualquer objeto Smalltalk em regras e usar qualquer expressão dessa linguagem como condições ou ações das regras. Além disso, para escrever as regras não é necessário conhecer a estrutura do objeto, respeitando assim, o encapsulamento. Os objetos devem prover mecanismos de acesso a seu estado interno e o usuário

fica responsável pela notificação das modificações feitas nestes. Dessa forma, as condições das regras são representadas por expressões booleanas da linguagem hospedeira.

O NéOpus funciona como uma linguagem pré-compilada. Quando o usuário carrega uma base de regras ela é convertida em diversos métodos da linguagem de maneira transparente.

As regras são condições expressas em declarações *if-then* e são compiladas numa rede RETE estendida. Isso significa que combinações parciais são computadas apenas uma vez. Quando um objeto é criado ou modificado, a rede RETE minimiza o número de operações de atualizações.

Em relação às estratégias de resolução de conflito, o usuário pode definir de forma declarativa as prioridades no disparo das regras.

Apesar de representar uma grande evolução para a área de EOOPS, não possui suporte para aplicações *web*.

4.1.5.4 JEOPS

O JEOPS foi desenvolvido na Universidade Federal de Pernambuco com a finalidade de criar um motor de inferência para uma linguagem convencional (FIGUEIRA FILHO, 2000). O projeto foi desenvolvido para a linguagem Java, por ser uma linguagem orientada a objetos que apresentava facilidade de definição de interfaces gráficas e acesso a rede. Para garantir uma uniformidade de integração, a sintaxe das regras é bem parecida com a sintaxe Java, apesar da sua concepção ter sido fortemente influenciada pelo sistema NéOpus. A fim de melhor cada vez mais

essa aplicação, o JEOPS é distribuído gratuitamente pela rede, com o código fonte aberto.

Para garantir a legibilidade final das regras, todos os seus campos devem ser explicitamente separados: declaração de variáveis, condições e ações. As regras JEOPS são organizadas dentro de uma base de regras, que além das regras podem conter também métodos e declarações de variáveis, como qualquer classe Java. Utilizam também objetos, que, no entanto, devem estar definidos no processo de pré-compilação e não podem ser alterados pelos métodos chamados na condição de uma regra.

Após a definição da base de regras e das classes que serão utilizadas na solução do problema, o usuário deve realizar a pré-compilação do arquivo da base de regras. É passado na linha de comando o arquivo que contém as regras e é gerado um arquivo Java que contém uma classe com o mesmo nome da base de regras que representa a base de conhecimentos e uma classe que representa a base interna de regras.

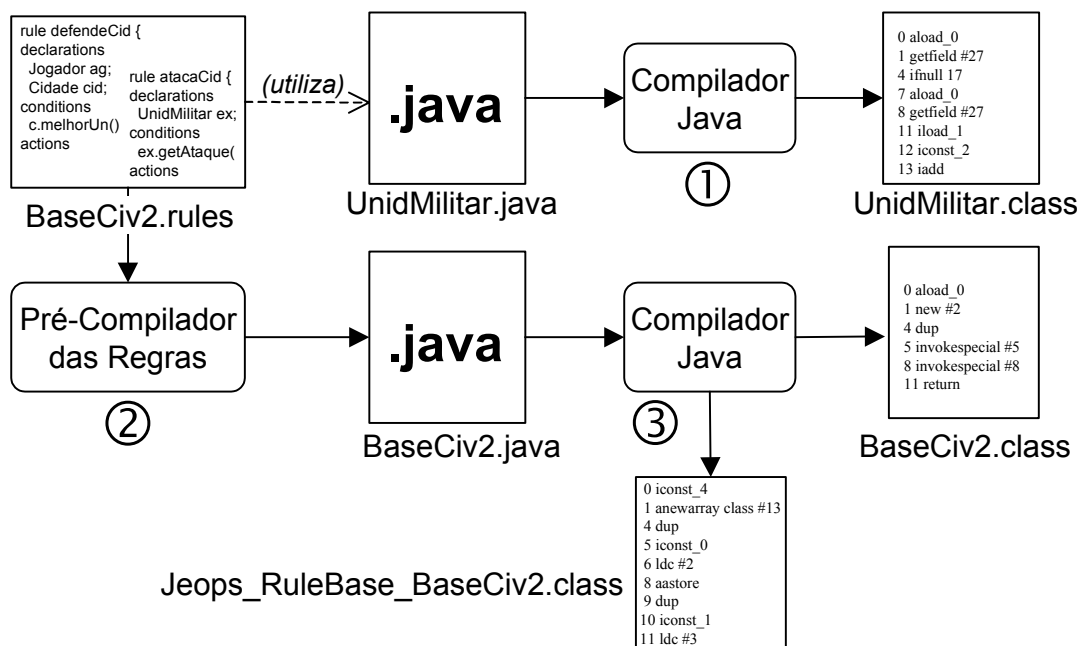


Figura 4.2: Etapas da pré-compilação do arquivo de regras (FIGUEIRA FILHO, 2000, p.61)

Segundo Figueira Filho (2000, p.60):

Em primeiro lugar, o pré-compilador de JEOPS verifica se há alguma classe usada pelas regras que ainda não foi compilada, compilando-a se for o caso. No exemplo, a classe *UnidMilitar* ainda não havia sido compilada (①). Em seguida, o pré-compilador das regras irá converter o arquivo que foi passado como parâmetro (*BaseCiv2.rules*), e gerar um arquivo Java (*BaseCiv2.java*) que define as duas classes que implementam as regras (②). Finalmente, o pré-compilador de JEOPS irá compilar o arquivo Java gerado, gerando os arquivos *BaseCiv2.class*, referente à base de conhecimentos, e *Jeops_RuleBase_BaseCiv2.class*, referente à base interna de regras (③).

A figura 4.3 ilustra a arquitetura interna do JEOPS que é dividida em quatro partes: a memória de trabalho (ou base de objetos), a base interna de regras, o conjunto de conflito e o algoritmo RETE. Quando inserimos um objeto na base de objetos, esse objeto é inserido juntamente com a regra que irá disparar no conjunto de conflitos. Quando ativamos a base de conhecimento, ela solicita um elemento (par <regra, objeto>) do conjunto de conflito e executa a regra com os objetos correspondentes até que o conjunto de conflitos esteja vazio.

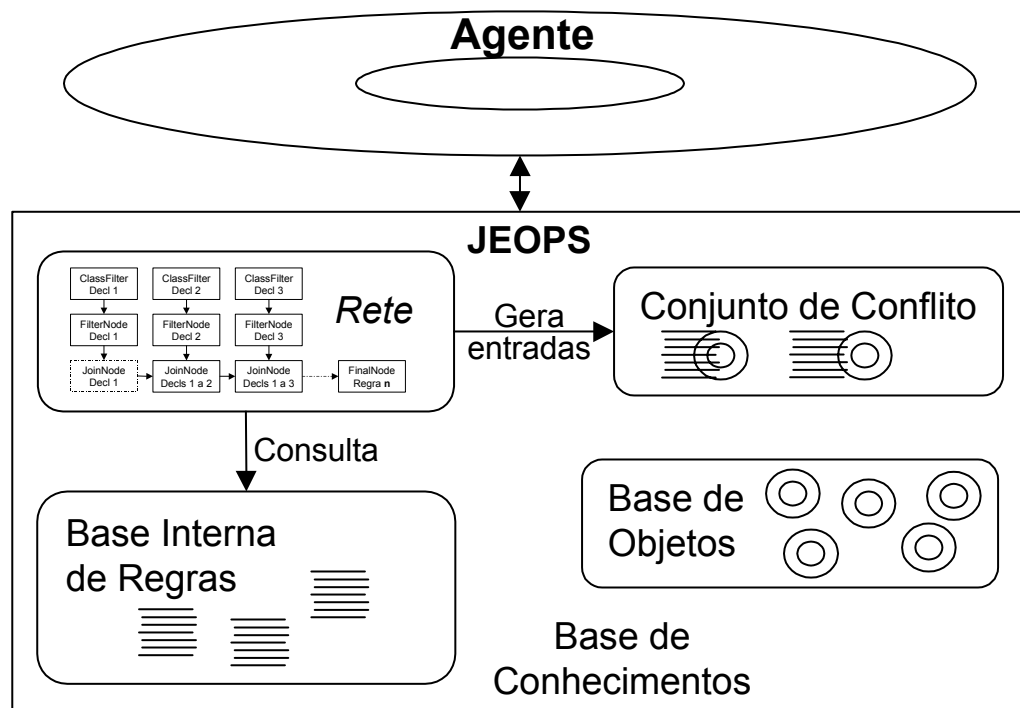


Figura 4.3: Arquitetura do JEOPS (FIGUEIRA FILHO, 2000, p.63)

Devido ao uso de objetos para representar fatos, algumas alterações foram feitas na implementação do algoritmo RETE seguindo as idéias já utilizadas no

sistema NéOpus. O JEOPS utiliza apenas uma das vantagens oferecidas pelo RETE, a da memorização das avaliações feitas anteriormente. Isso se deve ao fato de Java permitir a utilização de qualquer expressão Java nas condições das regras, permitindo que uma mesma expressão possa ser formulada de formas diferentes, o que tornaria desnecessária a utilização da rede para eliminar avaliações redundantes.

Assim, cada regra pode ser tratada individualmente, reduzindo o problema da criação de uma rede que representasse um conjunto de regras a uma mini-rede para cada regra.

4.1.6 Mapas Conceituais

Segundo Novak (2004), “os mapas conceituais são ferramentas para organizar e representar o conhecimento”. Incluem conceitos, geralmente representados dentro de círculos ou caixas, e suas relações ou proposições, representadas por linhas, que unem dois conceitos. Conceitos são definidos como regularidades percebidas num evento ou num objeto designados por um termo; proposições como afirmações sobre um objeto ou evento do universo (natural ou construído). Nos mapas conceituais, os conceitos são representados de forma hierárquica, com os conceitos mais gerais e inclusivos no topo e os mais específicos organizados, hierarquicamente, até a base.

Amoretti e Tarouco (apud SANTOS, 2002) caracterizam os mapas conceituais, fundamentando a forma de representar o conhecimento:

na *tipicalidade* dos conceitos envolvidos – realçando a representatividade dos mesmos para o grupo cultural que o está empregando; no *nível de abstração* envolvido na categorização das informações – pela estruturação hierárquica de conceitos que permite associações, disposição em classes e sub-classes e identificação de suas propriedades, a partir de conceitos prototípicos; na *flexibilidade na modelagem de fenômenos cognitivos* – onde a rede que

constitui o mapa simula a cognição humana, por associações entre propriedades de conceitos que permitem uma representação aberta do conhecimento; na *presença dos planos inferencial e referencial* – onde os conhecimentos são hierarquizados nesta representação, através de um componente terminológico e um componente lógico, que permitem transitar semiologicamente através do mapa conceitual. (SANTOS, 2002, p.2, grifo do autor)

Os mapas conceituais, desenvolvidos durante uma pesquisa sobre as mudanças no conhecimento de ciências das crianças baseado na teoria de David Ausubel, são, segundo Novak (2004), uma ferramenta poderosa para facilitar o aprendizado significativo, servindo como padrão para a organização e estruturação do conhecimento, na medida que, as estruturas devem ser construídas, passo a passo, através das pequenas unidades conceituais e de suas proposições. Assim, podem ser usados em qualquer uma das etapas definidas por Moreira⁴ para a obtenção de evidências de aprendizagem significativa ou na avaliação da aprendizagem.

De acordo com Novak (2002), eles podem ser usados para representar conhecimento em qualquer idade ou grupo de conhecimento. Além dos professores poderem usar os mapas conceituais para planejar suas aulas ganhando confiança e qualidade, os alunos também podem melhorar sua compreensão da matéria preparando seus próprios mapas.

Novak e Gowin (apud SANTOS, 2002) afirmam que “A aprendizagem é pessoal e idiossincrática; o conhecimento é público e compartilhado”. Desse modo,

a construção colaborativa de mapas conceituais representa uma estratégia cognitiva, disponível aos educadores em seus ambientes de aprendizagem, capaz de promover a integração de idéias através de ações colaborativas e cooperativas, respeitando as individualidades de cada um, com vistas ao fortalecimento do coletivo. Isto significa a valorização da inteligência coletiva e distribuída. (SANTOS, 2002, p.3)

4.1.7 Chatterbots

⁴ Etapas definidas no item 2.4.3

Os primeiros trabalhos utilizando o computador no estudo da linguagem natural surgiram no início da década de 50. Segundo Oliveira (2002), podemos identificar quatro categorias históricas de programas em linguagem natural:

- a) programas como Baseball, Sad-Sam, Student e Eliza geravam um número reduzido de resultados em domínios específicos. Como o processo era simples, muitos dos problemas da linguagem natural eram ignorados;
- b) sistemas como o Proto-synthexi armazenavam uma representação do texto e recorriam a mecanismos de indexação para auxiliar na recuperação dos dados. Apesar de não serem restritos a domínios específicos, eram semanticamente fracos e não possuíam poderes dedutivos;
- c) sistemas como o SIR, TLC, Deacon e Converse traduziam as frases de entrada para a notação formal usada na base de dados, permitindo que se fizessem deduções a partir da informação mantida na base de dados;
- d) sistemas como o Lunar e o SHRDLU possuíam uma base de conhecimento e usavam informações sobre um assunto específico para compreender as frases de entrada. Alguns desses programas possuíam sistemas especialistas e exibiam poderes dedutivos.

Segundo Brugnara e Fagundes (2002), Eliza foi o primeiro *chatbot*, criado por volta de 1965. Um *chatbot* é um programa que pode usar Inteligência Artificial para simular conversações inteligentes com os usuários.

Segundo Wazlawick (2001), “os primeiros *chatbots* construídos tinham ingenuamente por objetivo fazer uma imitação perfeita de um ser humano conversando, de forma que não fosse possível ao usuário do computador distinguir quando estava interagindo (via teclado) com um computador ou outro homem”.

Esses programas foram idealizados por Turing, em 1950, e são chamados de teste de Turing.

A tecnologia dos *chatterbots* ainda não permite o entendimento de linguagem natural de uma forma geral. Muitos dos *chatterbots* existentes hoje seguem os mesmos procedimentos do Eliza, fazem buscas por palavra chave para retornar uma resposta padrão. Dificilmente se encontra um *chatterbot* que faça uma análise sintática ou léxica da frase de entrada.

Dentre os *chatterbots* mais conhecidos, podemos destacar o Alice, ganhador do prêmio *Loebner*, oferecido todo ano ao *chatterbot* “mais humano”. Mesmo não sendo tão diferente do Eliza, seu grande diferencial reside no tamanho da sua base de conhecimento.

Apesar da grande maioria dos *chatterbots* entenderem apenas o inglês, existem também alguns desenvolvidos para o português, como é o caso do Cybelle (<http://cybelle.cjb.net>), tido como o primeiro *chatterbot* brasileiro.

4.2 UTILIZAÇÃO DO SISTEMA

Baseado no estudo de todas as tecnologias apresentadas nesse capítulo, decidiu-se que a maneira mais viável de desenvolver o nosso trabalho seria utilizar um *chatterbot* já existente. O *chatterbot* escolhido foi o Alice porque, além de ser um software de código aberto, possui uma versão desenvolvida em Java, o que o torna mais adequado no desenvolvimento de aplicações *web*.

Além disso, o Alice nós permite alterar a “base de conhecimento” do robô, podendo, desse modo, carregar os arquivos que serão gerados a partir de um mapa conceitual elaborado pelo professor.

O sistema CUTE tem por objetivo minimizar a resistência dos alunos em aprender a língua inglesa, já que muitos deles encontram dificuldades para se expressar em outra língua, que não seja a sua língua materna.

O desenvolvimento de software educacional é uma das áreas onde as ferramentas de autoria têm maior aplicação. Através de uma ferramenta de autoria, os próprios professores podem criar seu material didático sem o auxílio de um especialista em informática. Segundo Paiva (2001):

os sistemas de autoria hipermídia educacional são ambientes que facilitam a criação de aplicações educacionais apoiando atividades tais como o planejamento, o projeto e a implementação dessas aplicações. Esses sistemas são utilizados, de forma geral, para permitirem a construção de aplicações educacionais que possam auxiliar a prática pedagógica, de forma a tornar as aulas mais dinâmicas e oferecer aos aprendizes a possibilidade de construir e integrar o próprio conhecimento, de acordo com seus interesses e objetivos. Diversos exemplos de sistemas de autoria hipermídia educacional podem ser encontrados na literatura, podendo-se citar o Aulanet (Lucena et al., 1997), o *InterBook* (Brusilovsky et al., 1996), o *WebCT* (Goldberg et al., 1996), o *eClass* (Abowd et al., 1999) e o SASHE (Pansanato, 1999; Santos et al., 1997). Essas ferramentas têm em comum o fato de se concentrarem na criação da estrutura, armazenamento do conteúdo e controle de acesso ao material didático.

No sistema CUTE, o professor poderá planejar o conteúdo de sua aula previamente e terá oportunidade de acompanhar o progresso dos seus alunos durante as aulas ou ao final delas com a análise do diálogo realizado, o que não aconteceria caso ele estivesse trabalhando em sala, com turmas grandes, onde seria impossível a observação individual, ou de grupos menores.

Num primeiro momento (figura 4.4), o professor utiliza um módulo do sistema para criar um mapa conceitual (1). Esse mapa conceitual servirá como fonte de conhecimento para a alimentação da base do *chatbot*. O diálogo do aluno com o robô estará baseado nesses arquivos, por isso eles devem abranger todos os pontos da matéria que o professor deseja trabalhar durante a aula.

No entanto, para que o *chatterbot* consiga interpretar esse mapa conceitual, ele deverá, a princípio, ser salvo no formato *txt* (2). Numa próxima etapa, desenvolve-se um programa que será responsável por traduzir o formato *txt* em um formato compreensível pelo robô, o formato *aiml* (3).

A seguir, esse arquivo será enviado para servidor onde o *chatterbot* foi previamente instalado e configurado (4). Quando o *chatterbot* for executado ele irá carregar, automaticamente, esses arquivos, adicionando-os a sua base e os utilizando para “conversar” com os alunos durante a aula (5).

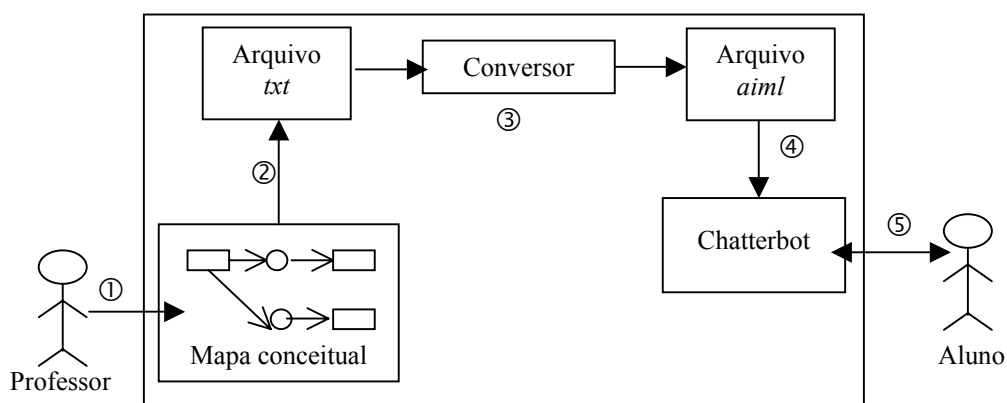


Figura 4.4. Etapas para a utilização do sistema

Na implementação do sistema, utilizou-se o Director, versão 8.5, que utiliza a linguagem Lingo para o desenvolvimento de aplicações multimídia. Para criação dos mapas conceituais utiliza-se a ferramenta CmapTools, desenvolvido pelo *Institute for Human and Machine Cognition* da University of West Florida (<http://cmap.ihmc.us/>). O *chatterbot* responsável pela interpretação dos códigos AIML é o Alice (<http://www.alicebot.org/>). Utilizamos a versão do Alice implementada em Java, denominada ProgramD, versão 4.1.4, pelas facilidades da linguagem no desenvolvimento de aplicações *web*. O Alice é executado pelo servidor Jetty (BUSH, 2003), um servidor *web* de código aberto, instalado num ambiente Linux (<http://jetty.mortbay.org/jetty/index.html>).

4.3 COMPONENTES DO SISTEMA

Como o nosso sistema se propõe a melhorar o ensino/aprendizado do inglês, ele disponibiliza dois modos (figura 4.5): o modo professor (teacher module) e o modo aluno (student module). O primeiro será utilizado pelo professor para a preparação da aula e o segundo será utilizado pelo aluno no processo de aprendizagem.

4.3.1 Modo Professor

Ao acessar o modo professor, o professor terá acesso às ferramentas que irão auxiliá-lo na elaboração da sua aula, ou seja, a ferramenta para a construção de mapas conceituais (figura 4.6 – Conceptual maps) e a ferramenta de atualização do *chatbot* (figura 4.6 – Actualization).



Figura 4.5: Tela inicial do sistema



Figura 4.6: Modo professor

Os conteúdos que serão trabalhados na aula deverão ser representados através de um mapa conceitual. Esse mapa conceitual será montado pelo professor no programa CmapTools (figura 4.7), que será aberto automaticamente quando o

usuário clicar no botão Conceptual Map (figura 4.6). Apesar deste programa possuir uma interface bastante amigável, um documento de ajuda foi criado para auxiliar o professor nesse processo (figura 4.8). É importante ressaltar que a criação do mapa deve seguir algumas regras, que garantirão, posteriormente, a corretude dos dados que serão transmitidos para o robô. Embora essas regras prejudicarem um pouco a interação do professor com o software procuramos criá-las seguindo algumas regras gramaticais, a fim de que elas possam ser facilmente assimiladas pelo professor. Além disso, a ajuda do sistema disponibiliza uma explicação detalhada do uso dessas regras, acompanhada de exemplos (figura 4.8).

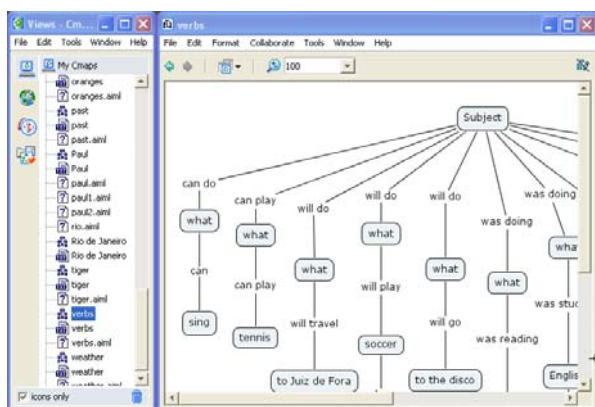


Figura 4.7: Ferramenta para a criação do mapa conceitual

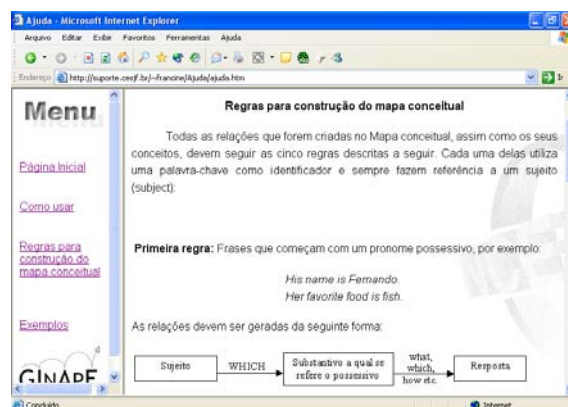


Figura 4.8: Tela de ajuda do sistema

Quando o mapa conceitual estiver pronto, além de salvar o mapa, o professor deverá exportá-lo no formato texto (txt), já que é esse o padrão reconhecido pelo conversor. Finalizado o Cmaptools, o próximo passo será enviar esse novo arquivo para o servidor onde robô está instalado, o que será feito através do programa de atualização (botão Actualization, figura 4.6).

No programa de atualização o professor irá enviar para o servidor os arquivos que serão utilizados na sua aula e foram previamente criados no Cmaptools. Ele deverá selecionar um sujeito e um pronome que substituirá esse sujeito em algumas sentenças (figura 4.9). Como ele poderá selecionar um sujeito diferente para cada

arquivo enviado, terá a possibilidade de aproveitar o mesmo mapa para gerar arquivos nos quais apenas o sujeito irá variar. Ao clicar no botão OK, o professor nomeará o arquivo que o programa irá converter para o formato *aiml* e enviar para o servidor.

Concluído esse processo o robô estará pronto para conversar com o aluno sobre os temas previamente definidos pelo professor. É importante observar, que a ajuda do sistema também oferece uma explicação detalhada de todos os passos a serem seguidos para a preparação da aula (figura 4.8, Como usar).



Figura 4.9: Ferramenta para a atualização do *chatterbot*

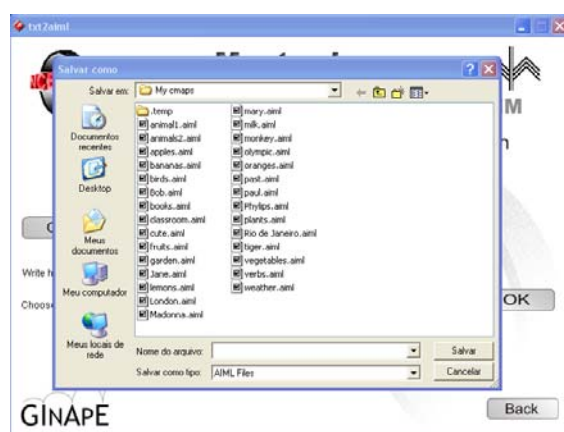


Figura 4.10: Janela para salvamento do arquivo *aiml*

4.3.2 Modo Aluno

Ao acessar o modo aluno, o aluno terá acesso às ferramentas que serão utilizadas durante a aula. Ele poderá acessar o *chatterbot* (figura 4.11 – *Chatterbot*) e/ou o bloco de notas (figura 4.11 - Notepad). Ao escolher a primeira opção, a interface de diálogo com o robô ficará disponível (figura 4.12). Ele poderá então conversar com o robô sobre os temas previamente programados pelo professor. Caso ele queira fazer alguma anotação, o acesso simultâneo ao bloco de notas é permitido (figura 4.13).

Ao final da aula o professor terá acesso a um arquivo com todo o diálogo mantido entre aluno-computador e poderá analisar o progresso e as dificuldades de seus alunos.



Figura 4.11: Ferramentas do Modo Aluno



Figura 4.12: Interface de comunicação aluno-chatterbot

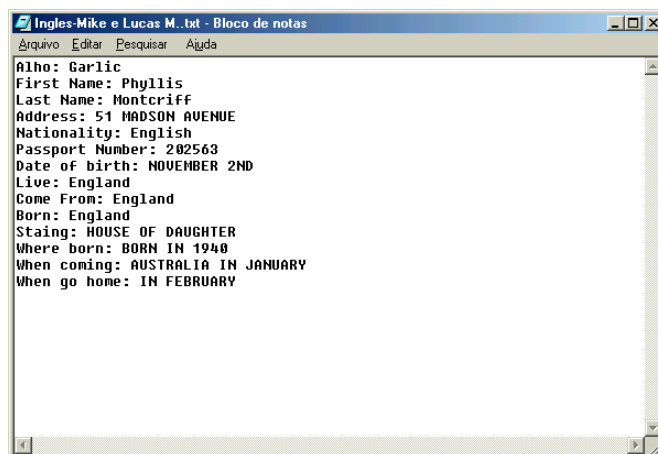


Figura 4.13: Anotações dos alunos

4.4 INTERAÇÃO E AJUDA

Durante a codificação da rotina converte (anexo1) tornou-se necessária à criação de regras para que o arquivo *txt* fosse convertido num arquivo *aiml*. A princípio, foram implementadas quatro regras, abrangendo parte da gramática da língua inglesa, para garantir que essa transformação fosse feita corretamente. Essas regras devem ser de conhecimento do professor, assim como, outros cuidados a serem tomados durante a criação do mapa conceitual, como manter a hierarquia

sempre de cima para baixo, da esquerda pra direita. Além disso, um documento descrevendo, passo a passo, os procedimentos para utilização do software também é necessário, já que, a princípio, o professor poderá ter dificuldade em memorizar os procedimentos (anexo 2).

4.4.1 Regras para criação do Mapa Conceitual

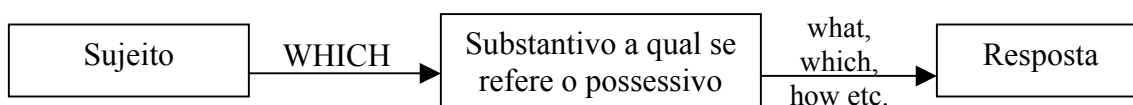
Todas as relações que forem criadas no Mapa conceitual, assim como os seus conceitos, devem seguir as quatro regras descritas a seguir. Cada uma delas utiliza uma palavra-chave como identificador e sempre fazem referência a um sujeito (subject):

Primeira regra: Frases que começam com um pronome possessivo, por exemplo:

His name is Fernando.

Her favorite food is fish.

As relações devem ser geradas da seguinte forma:



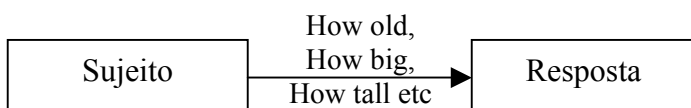
Onde, WHICH é a palavra-chave e what, which, how são alguns dos pronomes interrogativos que podem ser usados.

Segunda regra: Frases que usam pronomes interrogativos específicos, como *how tall, how big, how old* etc, por exemplo:

He is 10 years old.

She is 1,70m.

As relações devem ser geradas da seguinte forma:



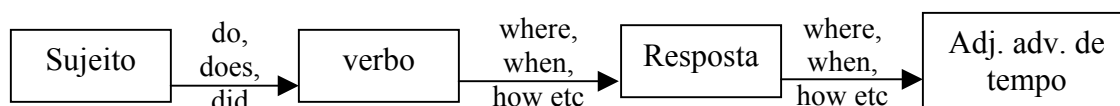
Onde, how old, how big, how tall são alguns dos pronomes interrogativos que podem ser usados (não existe uma palavra-chave).

Terceira regra: Frases com verbos no presente ou no passado simples, acompanhadas ou não de adjuntos adverbiais, por exemplo:

He lives in Juiz de Fora.

He worked at West School last year.

As relações devem ser geradas da seguinte forma:



Onde, DO ou DOES são as palavras-chaves do presente e DID é a palavra-chave do passado, what, which, how são alguns dos pronomes interrogativos que podem ser usados e where, when, how se referem ao adjunto adverbial, que é facultativo.

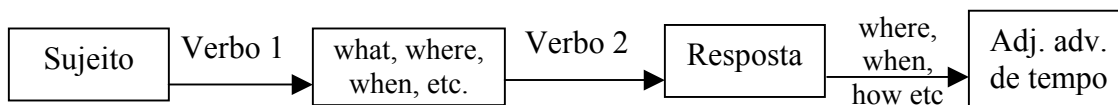
Quarta regra: Frases que possuem verbos auxiliares, como o verbo *to be*, o *can* e o *have*, e verbos no futuro com *will* ou *going to*, acompanhadas ou não de adjuntos adverbiais, por exemplo:

He is studying English now.

He can play soccer.

He has learned English.

As relações devem ser geradas da seguinte forma:



Onde o Verbo 1 é o verbo auxiliar acompanhado do verbo principal, que aparece na pergunta, o Verbo 2, é o verbo auxiliar acompanhado do verbo principal, que aparece na resposta, what, where, when são alguns dos pronomes interrogativos que podem ser usados e where, when, how se referem ao adjunto adverbial, que é facultativo.

Como o professor de inglês já domina a gramática da língua, não será complicado para ele assimilar essas regras. Acreditamos que elas abrangem uma parte considerável da língua inglesa e proporcionam ao professor uma gama de possibilidades para criação das suas aulas.

4.5 APLICAÇÃO REAL DO SISTEMA

O item anterior se propôs a demonstrar o funcionamento do protótipo implementado do CUTE. Foram apresentadas suas interfaces gráficas, funcionalidades e formas de interação com o usuário.

Neste item, estamos interessados em relatar o resultado de algumas experiências realizadas com professores e alunos, incluindo a metodologia utilizada, instrumentos de pesquisa, condução da pesquisa, análise de dados e conclusões obtidas.

A fim de obter um *feedback* dos professores e dos alunos a respeito do sistema CUTE e tentando avaliar se este está atingindo alguns dos objetivos a que se propõe, foi realizada uma pesquisa de caráter exploratório. Enfocamos as abordagens quantitativa e qualitativa, com o propósito de investigar se a utilização do sistema é simples e intuitiva e se este fornece o apoio necessário aos usuários durante processo de ensino/aprendizagem da Língua Inglesa.

4.5.1 Ensino

O nosso experimento foi realizado com cinco professores que lecionam inglês para os níveis fundamental e médio. Apesar do reduzido número de sujeitos, pudemos de alguma forma perseguir a idéia central que é a de se obter uma avaliação inicial a respeito do ensino da língua inglesa, da viabilidade de uso do sistema e da contribuição que este poderia oferecer para a melhoria desse ensino/aprendizagem.

A seguir mostraremos os resultados obtidos por meio desse experimento.

4.5.1.1 Identificação das dificuldades

Quanto à identificação das dificuldades nós colocamos a seguinte questão: Quais são os maiores problemas que você encontra no ensino da Língua Inglesa?

Os professores que participaram da pesquisa relataram os seguintes problemas:

- carga horária reduzida;
- turmas numerosas e heterogêneas;
- falta de material e recursos didáticos;

- escassez de professores capacitados;
- distanciamento entre a prática pedagógica e a realidade do aluno.

4.5.1.2 Recursos utilizados na prática pedagógica

Quanto aos recursos utilizados na prática pedagógica nós colocamos a seguinte questão: Você utiliza algum recurso além do quadro e giz para lecionar? Qual?

Todos os professores asseguram que utilizam outros recursos didáticos como:

- aparelho de som;
- televisão e vídeo-cassete;
- retroprojetor;
- cartazes (*flash-cards*);
- dvd.

4.5.1.3 Utilização do computador como recurso didático

Quanto à utilização do computador como recurso didático nós colocamos a seguinte questão: Dê sua opinião sobre o uso do computador como um recurso didático.

Todos eles concordaram com a utilização desse equipamento, ressaltando as seguintes vantagens:

- desperta o interesse do estudante;
- proporciona uma situação diferente da sala de aula padrão;
- matam o aluno em contato com o mundo real;
- facilita a pesquisa;

- proporciona novos métodos de ensino.

Uma outra questão em relação à utilização do computador como recurso didático também foi proposta: Você já utilizou algum software no ensino de língua?

Dos professores pesquisados apenas um já tinha utilizado um software em sala para o aprendizado de vocabulário e obteve sucesso. Os outros professores indicaram algumas dificuldades na utilização desse recurso como mostra o gráfico da figura 4.14. A maior dificuldade apresentada por eles é o domínio da tecnologia, que ainda inviabiliza o uso da informática em muitas escolas.

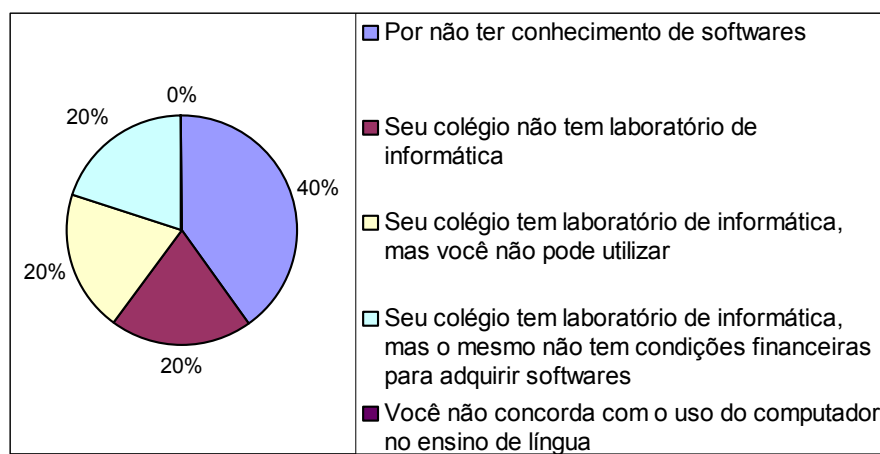


Figura 4.14: Dificuldades encontradas pelos professores no uso da informática em sala

4.5.1.4 Contribuições do CUTE para a melhoria do Ensino da Língua Inglesa

Quanto às contribuições do CUTE para a melhoria do Ensino da Língua Inglesa colocamos a seguinte questão: Na sua opinião, qual a contribuição que o CUTE pode oferecer para a melhoria do ensino da língua?

De acordo com os professores o CUTE pode contribuir para:

- motivar os alunos, já que o programa pode atingir as necessidades de cada um;
- melhorar o entrosamento entre professor e aluno;

- o exercício mais ativo a língua inglesa;
- a maior compreensão da língua, através de uma situação diferenciada;
- dar ao aluno a oportunidade de estar em contato direto com a língua.

4.5.1.5 Facilidade de utilização do sistema

Quanto à facilidade de utilização do sistema colocamos a seguinte questão: Como você classificaria a utilização do programa com relação à sua facilidade e simplicidade?

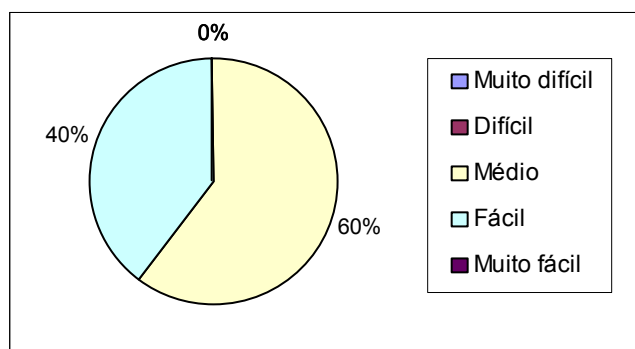


Figura 4.15: Grau de dificuldade e simplicidade do sistema

A maioria dos professores atribuiu um grau médio para a utilização do sistema, o que se deve à dificuldade, na maioria dos casos, de lidar com a tecnologia de um modo geral. Muitos asseguram que depois de um treinamento eles não teriam dificuldade para utilizar o sistema, além disso, perceberam que o programa permite o reaproveitamento do material, o que a longo prazo, facilitaria ainda mais o planejamento de suas aulas.

4.5.1.6 Pontos positivos e pontos negativos do sistema

Quanto aos pontos positivos e pontos negativos do sistema foi colocada a seguinte questão: Dê sua opinião sobre o software, apresentando pontos positivos e negativos.

Os pontos positivos ressaltados pelos professores são:

- motivar os alunos, pois eles poderão ver o resultado do que foi aprendido em sala de aula;
- permitir o reaproveitamento das aulas de um ano para o outro;
- aproximar o aprendizado da realidade do aluno que faz uso constante da tecnologia;
- facilitar a apresentação do conteúdo;
- ajudar o aluno a desenvolver a estrutura formal da língua;
- fazer com que o aluno participe do aprendizado ao invés de receber tudo pronto do professor.

Os professores não ressaltaram pontos negativos do programa em si, mas da estrutura do sistema de ensino que inviabiliza a utilização desse programa em grande parte das escolas, onde não existe uma sala de informática adequada, além da falta de capacitação dos professores.

4.5.1.7 Análise das informações obtidas

A avaliação dos professores atendeu às nossas expectativas, os problemas ressaltados por eles no ensino da língua coincidem com alguns dos problemas que o

nosso aplicativo tem por meta minimizar como o distanciamento das aulas da realidade dos alunos e as turmas grandes e heterogêneas.

Apesar de muitos já utilizarem recursos como aparelhos de som e vídeo-cassete, a resistência ao computador ainda persiste. No entanto, todos eles concordaram que após um treinamento seriam capazes de utilizar o sistema sem dificuldades e que este poderia ajudar na sua prática pedagógica.

4.5.2 Aprendizagem

A pesquisa foi realizada com alunos da 6ª série do Ensino Fundamental do Colégio Santo Antônio (Três Rios – RJ). O experimento foi desenvolvido no laboratório de informática da escola, durante a aula de inglês da 6ª série B. O mesmo conteúdo foi ministrado para 6ª série A (grupo de controle), entretanto, num ambiente convencional de sala de aula.

Um questionário com perguntas fechadas foi aplicado com o intuito de obter informações sobre o grau de dificuldade do aprendizado da Língua Inglesa, nível de aprendizado, identificação das dificuldades de compreensão dos alunos e adequação do material didático. Além disso, também foram apresentadas questões a respeito da utilização de softwares no auxílio da aprendizagem da língua, em especial o CUTE.

Os alunos assistiram às aulas teóricas da maneira convencional e receberam alguns exercícios de fixação que deveriam ser feitos para a aula subsequente, que aconteceu na sala de informática. O *chatterbot* foi programado para responder as perguntas que faziam parte desse exercício, de modo que os alunos pudessem corrigir e tirar suas dúvidas com ele. Como os estudantes já estavam familiarizados

com a utilização de ferramentas computacionais, foram dadas apenas informações simples sobre como interagir com o robô e como acessar o bloco de notas para fazer suas anotações.

A seguir, serão apresentados alguns gráficos que ilustram a distribuição dos dados obtidos na pesquisa.

4.5.2.1 Dificuldade do assunto

Quanto à dificuldade do assunto colocamos a seguinte questão: O que você acha do aprendizado de língua inglesa?

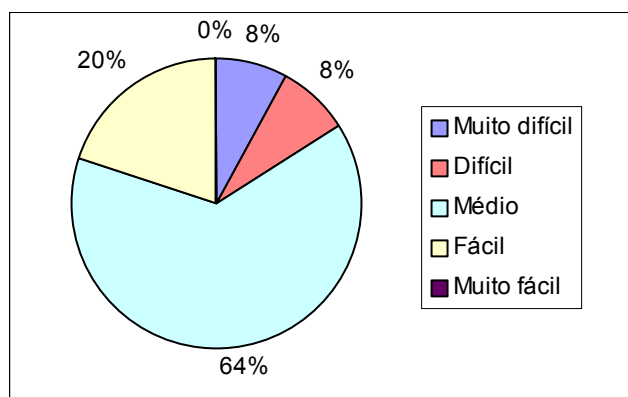


Figura 4.16: Dificuldade no aprendizado da língua inglesa

Os alunos, geralmente, apresentam dificuldades no aprendizado da língua. O gráfico da figura 4.16 mostra que apenas 20% apresentam facilidade para apreender e nenhum aluno tem muita facilidade.

4.5.2.2 Grau de aprendizado

Quanto ao grau de aprendizagem colocamos a seguinte questão: Como você classificaria seu aprendizado em relação à matéria?

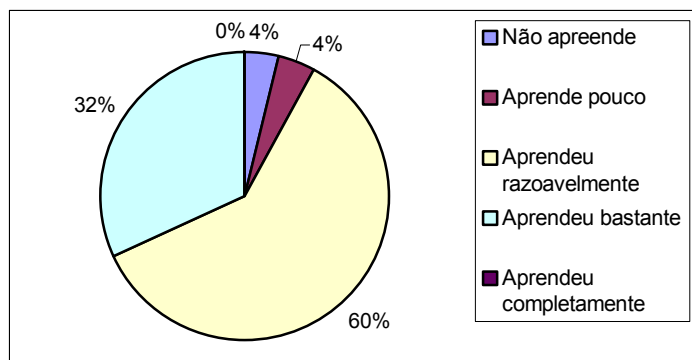


Figura 4.17: Aprendizado em relação à matéria

Analisando o gráfico da figura 4.17, percebemos que nenhum aluno afirma conseguir aprender o conteúdo completamente e que a maioria afirma ter adquirido um conhecimento razoável.

4.5.2.3 Identificação das dificuldades

Quanto à identificação das dificuldades colocamos a seguinte questão: A que você atribui sua dificuldade de aprendizado?

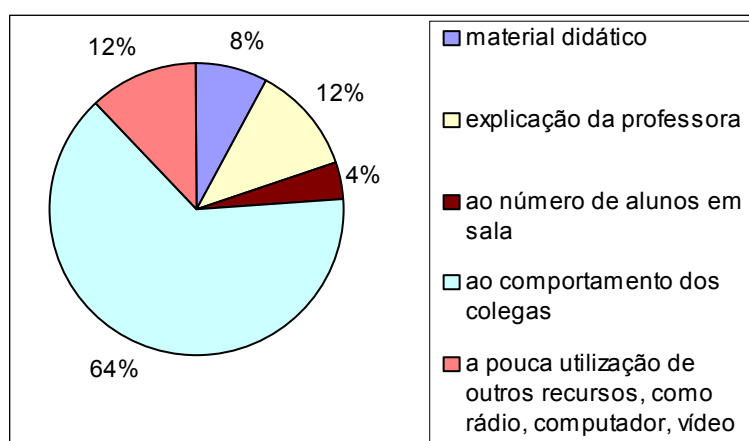


Figura 4.18: Identificação das dificuldades

Um dos fatores que mais dificultam o aprendizado da língua é o desinteresse dos estudantes, o que pode ser confirmado pelo gráfico da figura 4.18. Outros fatores que também contribuem, como material didático, modo com o professor

ensina a matéria e pouca utilização de outros recursos, também podem ser minimizadas com o uso do nosso aplicativo.

4.5.2.4 Exercícios

Quanto aos exercícios colocamos a seguinte questão: Os exercícios te ajudam a compreender a matéria?

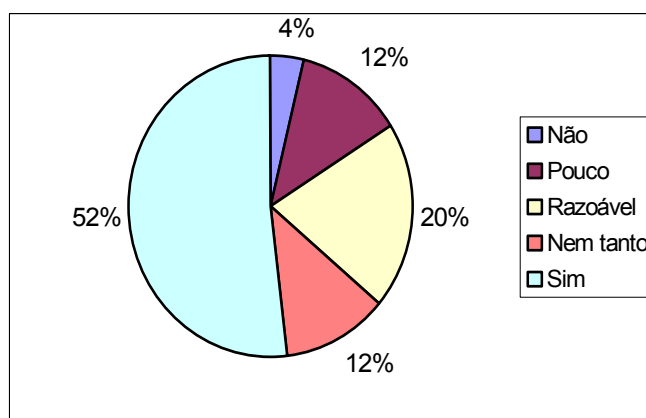


Figura 4.19: Ajuda proporcionada pelos exercícios

Os exercícios de fixação atingem uma parcela considerável da turma, no entanto, alguns alunos sentem dificuldade em aprender dessa forma (figura 4.19).

4.5.2.5 Credibilidade do sistema

Quanto à credibilidade do sistema colocamos a seguinte questão: Você acredita que as aulas na sala de informática possam ajudar no seu aprendizado da língua inglesa?

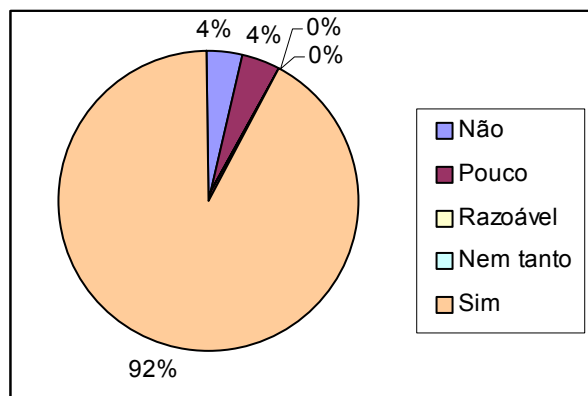


Figura 4.20: Credibilidade do sistema

A grande maioria da turma (92%) acredita que o uso da informática pode contribuir para o melhor aprendizado da língua (Figura 4.20).

4.5.2.6 Eficácia do sistema

Quanto à eficácia do sistema colocamos a seguinte questão: O programa auxiliou a sua compreensão da matéria?

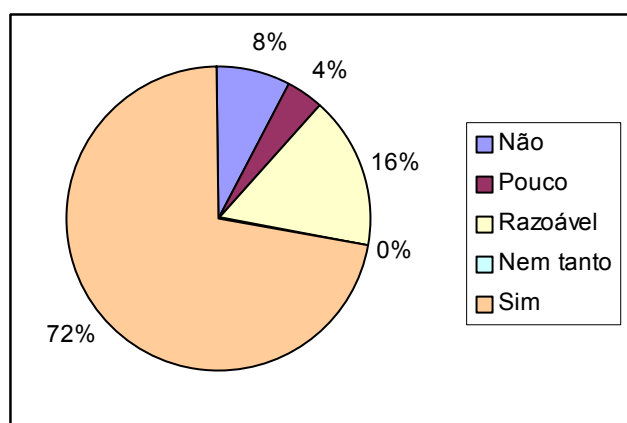


Figura 4.21: Eficácia do sistema

Grande parte dos alunos (72%) acredita que o sistema contribuiu para o seu aprendizado (Figura 4.21).

4.5.2.7 Facilidade de utilização do sistema

Quanto à facilidade de utilização do sistema colocamos a seguinte questão: Como você classificaria a utilização do programa com relação à sua facilidade e simplicidade?

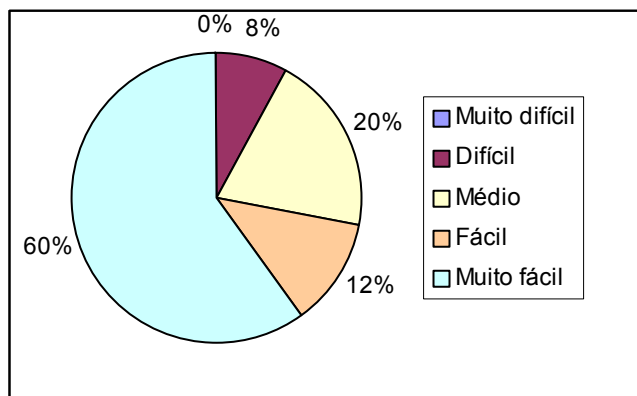


Figura 4.22: Facilidade de utilização do sistema

De acordo com a figura 4.22, os alunos não tiveram dificuldade em utilizar o sistema. As dificuldades apresentadas estão na sua maior parte associada ao fato deles terem que se comunicar com o computador por meio do teclado, em vez de poderem “conversar” diretamente com ele.

4.5.2.8 Dinâmica da aula

Quanto à dinâmica da aula colocamos a seguinte questão: Como você compararia as aulas em sala com as aulas utilizando esse programa?

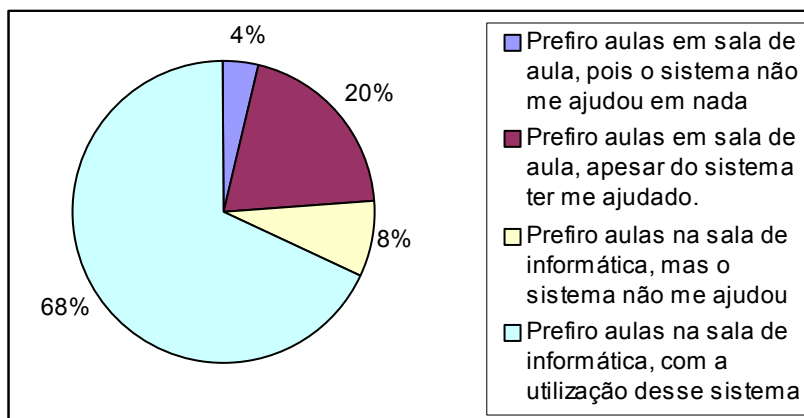


Figura 2.23: Dinâmica da aula

Uma parcela considerável da turma se manifestou a favor da utilização do sistema durante as aulas de inglês (figura 2.23) como forma de melhorar a dinâmica da aula e o seu aprendizado.

4.5.2.9 Melhoria no aprendizado

Quanto à melhoria no aprendizado colocamos a seguinte questão: O comportamento da turma na sala de informática:

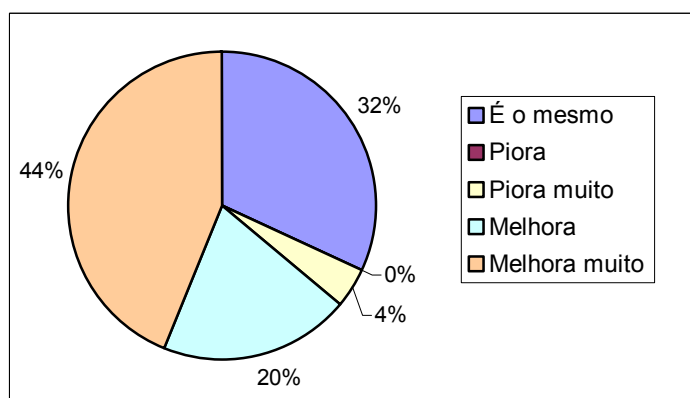


Figura 2.24: Comportamento da turma

O comportamento da turma melhora consideravelmente nas aulas de informática, o que reflete num melhor aprendizado. Podemos atribuir esse fato a um maior interesse da turma pela matéria quando trabalhada dessa forma.

4.5.2.10 Avaliação

A matéria lecionada, os exercícios aplicados e a interação com o *chatterbot* baseavam-se no aprendizado de vocabulário referente a frutas, animais e vegetal, além de perguntas sobre dados pessoais. Através da figura 2.25, podemos perceber que a assimilação do vocabulário por parte da turma que utilizou o sistema (6ª B) foi maior do que o da turma que não o utilizou (6ª A).

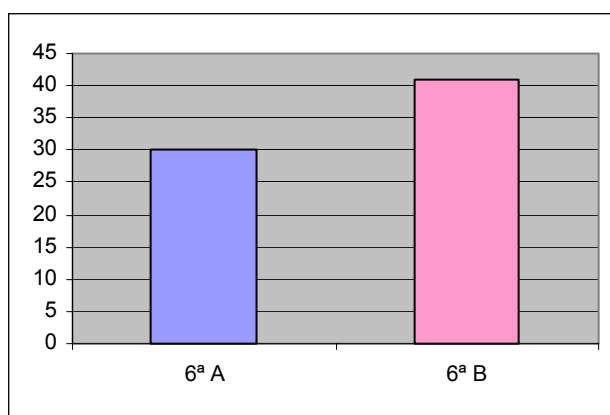


Figura 2.25: Gráfico comparativo do aprendizado das turmas

4.6 CONCLUSÃO

Nesse capítulo foram apresentadas algumas tecnologias que podem ser usadas para o desenvolvimento de aplicações relacionadas a PLN. A fim de criar uma aplicação simples para professores e alunos, duas das tecnologias citadas foram escolhidas para a implementação do nosso protótipo, os mapas conceituais e os *chatterbots*, por estarem mais próximas da realidade de professores e alunos. Utilizamos os mapas conceituais para gerar arquivos que funcionam como “base de conhecimento” para o *chatterbot* Alice, direcionando, dessa forma, o conhecimento do robô para o ensino/aprendizagem de Língua Inglesa.

No decorrer desse capítulo também descrevemos a implementação e a utilização do nosso protótipo, mostrando os dois módulos que o compõe: o do professor e o do aluno. No modo professor, o professor pode preparar a sua aula com o auxílio das ferramentas de mapa conceitual e de atualização, que converte o mapa conceitual criado por ele num arquivo “compreensível” para o *chatterbot*. No modo aluno, o aluno poderá interagir com o robô e fixar os conteúdos aprendidos.

Descrevemos também os experimentos realizados a fim de validar o nosso sistema. O experimento foi realizado com um grupo de professores de língua inglesa e com um grupo de estudantes da sexta série do Ensino Fundamental. Em relação ao experimento com os professores, obtivemos uma boa avaliação do sistema, eles se interessam pelo sistema e confirmaram as vantagens da sua aplicação em sala, como motivação dos alunos, acompanhamento individual e prática do conteúdo. Em relação aos alunos, também obtivemos o resultado esperado. A turma que utilizou o software durante a aula conseguiu assimilar melhor o conteúdo do que aquela que assistiu apenas a uma aula convencional. Os experimentos garantiram, dessa forma, que o nosso objetivo principal de melhorar o ensino/aprendizado de língua inglesa foi atingido.

No próximo capítulo, serão abordadas as conclusões do trabalho, além de futuros trabalhos decorrentes dos resultados aqui apresentados.

5. CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

5.1 CONCLUSÕES

A área de processamento de linguagem natural ainda é uma área que possui mais perguntas do que respostas. Aliás, todas as áreas que dependem de conhecimentos relacionados às atividades cerebrais tem um futuro desconhecido, uma vez que a maior parte do conhecimento científico ainda é baseada em suposições. No entanto, há de se ressaltar, os avanços tecnológicos têm contribuído muito visando modificar essa situação, oferecendo instrumentos para simulação, testagem e verificação de hipóteses. Apesar de se ter consciência da dificuldade de transferir características humanas mais complexas para o computador, este já desempenham papel importante nas descobertas científicas.

O fato do computador ter capacidade para se comunicar com o homem usando uma linguagem natural, conseguindo compreender e produzir frases, ainda parece ser possível apenas em filmes de ficção científica. No entanto, tem-se progredido muito nesse campo. As tecnologias disponíveis aprimoram-se a cada dia e hoje já temos possibilidades de simular uma “conversa” com o computador, mesmo que isso não esteja relacionado de forma direta à compreensão do diálogo por parte dele.

O nosso objetivo nesse trabalho foi o de usar essa tecnologia a serviço da educação. No processo de implementação do sistema procuramos seguir os

princípios das teorias educacionais estudados no capítulo 2, a fim de que pudéssemos assegurar que o sistema contribuísse para a melhoria do processo de ensino/aprendizagem. As teorias lingüísticas e as teorias de aquisição de linguagem nos forneceram o embasamento necessário para a criação das regras de conversação. Pesquisamos diversas metodologias, mas o uso de *chatbots* nos pareceu mais adequado para as aplicações desejadas e para o contexto de atuação.

A falta de motivação de alunos e professores e as dificuldades de aprendizagem decorrentes de escolas e metodologias ultrapassadas são notórias. A inserção da tecnologia nas escolas é uma forma de mudar essa estrutura de ensino que se encontra anacrônica se considerada a evolução tecnológica. Assim sendo, a aplicação de Informática ao Ensino (IAE) tem muito a oferecer para professores e alunos.

Em vista disso procuramos contribuir por meio do sistema CUTE, visando ajudar o modo pelo qual a língua inglesa é ensinada nas escolas, pois, o ensino da língua, na maioria das vezes, se resume ao ensino de gramática e o professor, freqüentemente, se vê impossibilitado de promover atividades mais interativas posto o grande número de alunos em sala. A tecnologia utilizada nesse trabalho poderia ser utilizada em qualquer área do conhecimento (teoria da conversação), bastando para isso simplesmente modificar os seus arquivos de dados.

Entretanto, Informática aplicada ao Ensino predispõe um interesse por parte do professor, já que os alunos, em sua grande maioria, encontram-se bastante motivados no que tange o uso de novas tecnologias na Educação. Procuramos facilitar ao máximo o planejamento da aula usando mapas conceituais. Com ele, o professor consegue preparar o *chatbot* para conversar com os seus alunos sobre

o tema da aula. O manual (anexo 2) o ajuda fortemente a usar o sistema sem a ajuda de especialistas em computação.

Assim como acontece com todo e qualquer sistema computacional desenvolvido, o nosso sistema também possui algumas limitações que achamos importante enumerar:

- a) O fato do professor ter que trabalhar com regras para criação do mapa conceitual pode dificultar a sua interação com o sistema;
- b) O sistema CUTE não cobre toda a língua inglesa, pois está limitado as aulas programadas pelo professor. No entanto, quanto maior for o número de aulas elaboradas, maior será o universo lingüístico do robô;
- c) O mapa conceitual deve sempre ser criado a partir de um sujeito. Apesar de existir a possibilidade de alteração do sujeito durante a atualização do *chatterbot*, o mapa terá sempre que partir dele.

5.2 TRABALHOS FUTUROS

O nosso sistema não é o *chatterbot* ideal, mas consegue desempenhar a tarefa a qual se propõe relativamente bem. No entanto, seria interessante que ele possuísse várias outras funcionalidades que podem ser consideradas como trabalhos futuros:

- a) Ampliação do universo de discurso do *chatterbot*: conversação sobre temas variados, além dos assuntos projetados para a aula;
- b) Criação de um gerenciador de aula, onde cada professor pudesse se cadastrar e armazenar suas aulas de forma separada e organizada;

- c) Implementação de mais ferramentas para o aluno, como, por exemplo, a utilização de um dicionário;
- d) Tratamento de voz, para que o aluno não precise se comunicar com o robô apenas via teclado, mas também através da voz;
- e) Finalmente, propomos a execução de um experimento no qual o CUTE fosse testado em turmas de alunos de escolas regulares, reservando-se um grupo de controle, no qual o CUTE não seria aplicado, com o objetivo de validar melhor a ferramenta.

REFERÊNCIAS

AIMARD, Paule. **A Linguagem da criança**. Porto Alegre: Artmed, 1986.

ALLEN, James. **Natural language understanding**. California: The Benjamin/Cummings, 1987.

ANNES, Ricardo. **Abordagem Multiagente para Processamento de Múltiplos Corpora**. 1999. 79f. Dissertação (Mestrado em Informática) - Faculdade de Informática, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1999. Disponível em: <http://www.inf.pucrs.br/ppgcc/dissertacoes/arquivos/ricardo.zip>. Acesso em: 10 out. 2002.

BAER, Jeremy; MORGAN, Chenoah. Educational Applications of Conversational Agents. In: WORLD CONFERENCE ON EDUCATIONAL MULTIMEDIA, HYPERMEDIA AND TELECOMMUNICATIONS, 2001, Tampere, Finlândia. **Anais eletrônicos...** Tampere, Finlândia, 2001. Disponível em: <http://www.aace.org/DL/index.cfm/fuseaction/ViewPaper/id/8390/toc/yes>. Acesso em: 10 out. 2004.

BARROS, Flávia de Almeida; ROBIN, Jacques. Processamento de Linguagem Natural. **Revista eletrônica de iniciação científica**, v. 1, n. 2, Nov. 2001. Disponível em: <http://www.sbc.org.br/reic/edicoes/2001e2/tutoriais/ProcessamentoDeLinguagemNatural.pdf>. Acesso em: 10 out. 2004.

BATES, Elizabeth. On the nature and nurture of language. In: Levi-Montalcini, R. et al (ed). **Frontiere della biologia**. Rome: Instituto della Enciclopedia Italiana fondata da Giovanni Trecanni, 2003, p. 241-265. Disponível em: <http://crl.ucsd.edu/~bates/papers/pdf/bates-inpress.pdf>. Acesso em: 10 out. 2004.

BEAR, Mark F.; CONNORS, Barry W.; PARADISO, Michael A. **Neurociências: desvendando o sistema nervoso**. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2002.

BORBA, Carlos Afonso Jr; FERNANDES, Anita Maria da Rocha. Desenvolvimento de um sistema inteligente para diagnóstico diferencial por imagens utilizando Java Expert System Shell e o Algoritmo de RETE. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE COMPUTAÇÃO, 2, 2002, Itajaí. **Anais eletrônicos...** Itajaí, SC: Univale. Disponível em: <http://www.cbcomp.univali.br/anais/anais.htm>. Acesso em: 10 out. 2004

BRUALDI, Amy C. Multiple intelligences: Gardner's theory. **Practical Assessment, Research & Evaluation**, v.5, n.10, Out. 1996. Disponível em: <http://PAREonline.net/getvn.asp?v=5&n=10>. Acesso em: 10 out. 2004.

BRUGNARA, Telmo; FAGUNDES, Lea da Cruz. **Museuvirtual: um estudo sobre guias virtuais em um ambiente de aprendizagem colaborativa via rede**. Disponível em: <http://murphy.psico.ufrgs.br/~telmob/salao2000/trab.html>. Acesso em: 15 dez. 2002.

BUSH, Noel. **Getting started with program D**. 2003. Disponível em: <http://www.aitools.org/docs/d-primer.html>. Acesso em: 10 out. 2004.

CARROLL, John B. **Psicologia da linguagem**. 3.ed. Rio de Janeiro: Zahar, 1977.

CASTANHO, C. L. O.; WAZLAWICK, R. S.; STORB, B. H.; COSTA, F. A. A Avaliação do Uso de Chatterbots no Ensino Através de uma Ferramenta de Autoria. In: Simpósio Brasileiro de Informática na Educação, 8, 2002, São Leopoldo, RS. **Anais eletrônicos...** São Leopoldo, RS: UNISINOS, 2002. Disponível em: <http://www.inf.unisinos.br/~sbie2002>. Acesso em: 10 Out. 2004.

CHOMSKY, Noam. **Aspectos da teoria da sintaxe**. 2 ed. Coimbra: Armênio Amado, 1978.

CHOMSKY, Noam. **Estruturas sintáticas**. Lisboa: Edições 70, 1957.

CHOMSKY, Noam. **Linguagem e mente**. Brasília: Universidade de Brasília, 1998.

DEITEL, H.M.; DEITEL P.J.. **Java, como programar**. Porto Alegre: Bookman, 2001.

DOVER, Kimeiko Hotta. **Carl Rogers and Experiential Learning**. Disponível em: http://adulthood.about.com/cs/adultlearningthe/a/carl_rogers_p.htm. Acesso em: 10 out. 2004

DOWD, Kevin. **Brainhat**. Disponível em: <http://www.brainhat.com>. Acesso em: 10 out. 2004

FIGUEIRA, Rafael. **Mineração de dados e bancos de dados orientados a objetos**. 1998. 26f. Trabalho apresentado como requisito parcial para aprovação na Disciplina de Bancos de Dados Não-Convencionais, Mestrado em Engenharia de sistemas, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1998. Disponível em: <http://www.cos.ufrj.br/~rafael/mestrado/bdnc/Monografia.html>. Acesso em: 10 out. 2004

FIGUEIRA FILHO, Carlos Santana da. **JEOPS – integração entre objetos e regras de produção em Java**. 2000. 141f. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) - Centro de Informática, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2000. Disponível em: <http://www.cin.ufpe.br/~jeops>. Acesso em: 10 out. 2004.

FILLMORE, Charles. The case for case. In: BACH, E., HARMS, R. (ed.). **Universals in linguistics theory**. New York: Holt, Rinehart, 1968.

FILLMORE, Charles; KAY, Paul. **Berkeley Construction Grammar**. Disponível em: <http://www.icsi.berkeley.edu/~kay/bcg/ConGram.html>. Acesso em: 10 out. 2004.

FLAVELL, John H.; MILLER, Patricia H.; MILLER, Scott A. **Desenvolvimento cognitivo**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 1999.

FLETCHER, Paul; MACWHINNEY, Brian. **Compêndios da linguagem na criança**. Porto Alegre: Artmed, 1997.

GAGNÉ, Robert M. **Como se realiza a aprendizagem**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e científicos, 1974.

GANDRA, José Henrique. **Padrões de Projeto: reificações cognitivas e aplicabilidades sistemáticas. O sistema LeSOOP**. 2003. 147f. Dissertação (Mestrado em Informática) – Núcleo de Computação Eletrônica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2003.

GARDNER, Howard. **Inteligências múltiplas: a teoria na prática**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1995.

GLANZMANN, José Honório. **Expert Piano: Um Ambiente de Auxílio à Aprendizagem Musical**. 1995. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Sistemas) - Programa de Engenharia de Sistemas e Computação, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1995.

GONÇALVES, Robson R. de Oliveira. Fundamentos do processamento da linguagem natural. In: OFICINA DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL, 2, 1998, Pelotas.

Anais eletrônicos... Pelotas:UCPel, 1998. Disponível em:

<http://ia.ucpel.tche.br/iioia/pub.htm>. Acesso em: 10 out. 2004.

GROSCHLER, Érica; MURRAY, Débora; ROUSSEAU, Catherine. **A Quantum theory of education**. Disponível em: [http://artsci-](http://artsci-ccwin.concordia.ca/edtech/ETEC606/conver.pdf)

[ccwin.concordia.ca/edtech/ETEC606/conver.pdf](http://artsci-ccwin.concordia.ca/edtech/ETEC606/conver.pdf). Acesso em: 10 out. 2004.

HILL, Ernest Friedman. **Jess, the expert system for the Java platform**. Disponível em: <http://herzberg.ca.sandia.gov/jess>. Acesso em: 10 out. 2004.

HINZ, Anja. **Children's Language Acquisition**. Disponível em:

<http://www.hausarbeiten.de/rd/archiv/anglistik/angl-acq/angl-acq.shtml>. Acesso em: 10 out. 2004.

JUSTOS, Henrique. **Carl Rogers - Teoria da personalidade: aprendizagem centrada no aluno**. 2. ed. Porto Alegre: S. Antônio, 1975.

LIMA, C. *et al.* Using educational theories for modeling a computer-based distance learning platform. In: **ACTA SYSTEMICA 2**, 2003. Ontario: Windsor : IIAS Editions, 2003, v.2, p. 26-30.

LENT, Roberto. **Cem bilhões de neurônios: conceitos fundamentais**. São Paulo: Atheneu, 2002.

Leonhardt, Michelle Denise. Elektra: um *chatbot* para uso em ambiente

educacional. **Revista Novas Tecnologias na Educação**, v.2, n.1, Mar. 2004.

Disponível em: www.cinted.ufrgs.br/renote/set2003/artigos/elektra.pdf. Acesso em: 10 out. 2004.

LOPES, Edward. **Fundamentos da lingüística contemporânea**. Cultrix: São Paulo, 1995.

MASON, Timothy. **Could Chomsky be wrong?** Disponível em: <http://perso.club-internet.fr/tmason/WebPages/LangTeach/CounterChomsky.htm>. Acesso em: 10 out. 2004.

MILLER, George A. **The science of words**. New York: Scientific American, 1996.

MONARD, Maria Carolina. **O cálculo de predicados e a linguagem Prolog**. Disponível em: <http://labic.icmsc.sc.usp.br/portugues/SIAE/logica-prolog.htm>. Acesso em: 15 abr. 2004.

MOREIRA, Marco A.; MASINI, Elcie F. Salzano. **Aprendizagem Significativa: a teoria de David Ausubel**. São Paulo: Moraes, 1982.

MOREIRA, Marcos A. **Mapas Conceituais e aprendizagem significativa**. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/~moreira/mapasport.pdf>. Acesso em: 10 out. 2004.

MUELLER, Ralph-Axel. **Innateness, autonomy, universality? Neurobiological approaches to language**. 1996. Disponível em: <http://www.bbsonline.org/documents/a/00/00/05/16>. Acesso em: 10 out. 2004.

MYRES, David G. **Introdução à psicologia geral**. 5. ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1999.

NOVAK, Joseph D. **The theory underlying Concept Maps and how to construct them**. Disponível em: <http://cmap.coginst.uwf.edu/info/printer.html>. Acesso em: 10 out. 2004.

NOVAK, Joseph D. **Using concept maps to facilitate classroom and distance learning**. 2002. Disponível em: http://www.wcsi.unian.it/educa/mappeconc/jdn_an2.html. Acesso em: 10 out. 2004.

OLIVEIRA, Fábio Abreu Dias. **Processamento de linguagem natural: princípios básicos e a implementação de um analisador sintático de sentenças da língua portuguesa**. Trabalho apresentado como requisito parcial para aprovação na Disciplina de Arquiteturas Especiais de Computadores, Instituto de Informática, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. Disponível em: <http://www.inf.ufrgs.br/procpa/disc/cmp135/trabs/992/Parser/parser.html>. Acesso em: 20 out. 2002.

PACHET, F. NeOpus User's manual. **Laforgia technical report**, n. 95/23, 1995. Disponível em: <http://www-poleia.lip6.fr/~fdp/NeOpus-papers.html>. Acesso em: 10 out. 2004.

PAIVA, Débora Maria Barroso; NUNES, Maria das Graças Volpe; PIMENTEL, Maria da Graça Campos. Avaliação Qualitativa de um Conjunto de Requisitos para Sistemas de Autoria Hiperídia Educacional. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA EDUCATIVA, 12, 2001, Vitória. **Anais...** Vitória:UFES, 2002. Disponível em: <http://www.inf.ufes.br/~sbie2001/figuras/artigos/a062/a062.htm>. Acesso em: 10 out. 2004.

PARREIRAS, Maria Celita de Oliveira. **Teorias da aprendizagem diretamente vinculadas a situações escolares**. Disponível em: <http://www.geocities.com/celitaparreiras/sitesc.htm>. Acesso em: 14 dez. 2003.

PINKER, Steven. **Como a mente funciona**. 2. ed. São Paulo: Companhia das Letras, 1998.

PINKER, Steven. **O instinto da linguagem: como a mente cria a linguagem**. São Paulo: Martins Fontes, 2002.

PLANETA EDUCAÇÃO. Disponível em: <http://www.planetaeducacao.com.br/professores/suporteaprof/pedagogia/teorias00.asp>. Acesso em: 10 out. 2004.

RICH, Elaine; KNIGHT, K. **Artificial Intelligence**. McGraw-Hill, 1993.

RILEY, Gary. **Clips: a tool for building expert system**. Disponível em: <http://www.ghq.net/clips/CLIPS.html>. Acesso em: 10 out. 2004.

SANTOS, Diana. Introdução ao Processamento de Linguagem Natural através de Aplicações. In: RANCHHOD, Elisabete. **Tratamento das Línguas por Computador. Uma introdução à lingüística computacional e suas aplicações**. Lisboa: Caminho, 2001. p.229-259. Disponível em: <http://www.portugues.mct.pt/Diana/download/aplicacoes.rtf>. Acesso em: 18 out. 2002.

SANTOS, Solange Capaverde. Modelização conceitual: utilização de *software* de modelagem como estratégia cognitiva para construção de conhecimento. In: CONGRESSO INTERNATIONAL DE EDUCAÇÃO A DISTÂNCIA, 9, 2002, São Paulo. **Anais eletrônicos...** São Paulo: Sesc Vila Mariana, 2002. Disponível em: <http://www.abed.org.br/congresso2002/trabalhos/texto32.htm>. Acesso em: 10 out. 2004.

SARDINHA, Tony Berber. **Desafios da pesquisa assistida por computador na lingüística aplicada: tecnologia e transdisciplinaridade**. Disponível em: http://lael.pucsp.br/~tony/2000 transdisc_inpla.pdf. Acesso em: 25 out. 2002.

SCARPA, Ester Mirian. Aquisição da linguagem. In: MUSSALIM, Fernanda; BENTES, Ana Cristina (Org.). **Introdução à lingüística: domínios e fronteiras**. v.2. São Paulo: Cortez, 2001. p.203-232.

SMITH, Mark K. **Howard Gardner, multiple intelligences and education**. 2002. Disponível em: <http://www.infed.org/thinkers/gardner.htm>. Acesso em: 10 out. 2004.

SOUZA, Solange Jobim e. **Infância e Linguagem: Baktin, Vygotsky e Benjamin**. 6. ed. São Paulo: Papirus, 2001.

SOWA, John F. **Semantic Network**. 2002. Disponível em: <http://www.jfsowa.com/pubs/semnet.htm>. Acesso em: abril 2004.

STENBERG, Robert J. **Psicologia Cognitiva**. Porto Alegre: Artmed, 2000.

STILLINGS, Neil A. **Cognitive Science: an introduction**. Cambridge: Massachusetts Institute of Technology, 1989.

TAVARES, Romero; LUNA, Gil. Mapas Conceituais: Uma ferramenta pedagógica na consecução do currículo. In: COLÓQUIO INTERNACIONAL DE POLÍTICAS CURRICULARES, 1, 2003, João Pessoa. **Anais eletrônicos...** João Pessoa: UFPB, 2003. Disponível em: http://www.emack.com.br/info/apostilas/nestor/mapas_conceituais.pdf. Acesso em: 10 out. 2004.

TURING, A. M. **Computing machinery and intelligence**. 1950. Disponível em: <http://www.loebner.net/Prizef/TuringArticle.html>. Acesso em: 10 out. 2004.

VERSPLOOR, Cornelia M. **Jackendoff and syntactically-relevant semantics**. Disponível em: http://www.cogsci.ed.ac.uk/~kversp/ftp_html/node13.html. Acesso em: 10 out. 2004.

VYGOTSKY, Lev Semenovitch. **Pensamento e Linguagem**. 3. ed. São Paulo: Martins Fontes, 1991. (Série Psicologia e Pedagogia).

VYGOTSKY, Lev Seminovich; LURIA, Alexandre; LEONTIEV, Alex N. **Linguagem, desenvolvimento, aprendizagem**. 7. ed. São Paulo: Ícone, 2001.

WAZLAWICK, R. S.; STORB, B. H.; CASTANHO, C. L. O.; COSTA, F. A. Chatterbots Aplicados ao Ensino: a construção de uma ferramenta de autoria. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE COMPUTAÇÃO, 21, 2001, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: UNIFOR, 2001.

WOOD, David. **Como as crianças crescem e aprendem**. São Paulo: Martins Fontes, 1996.

ANEXO 1: CÓDIGO DA ROTINA CONVERTE

```

on mouseUp
  global gSubject, lcontaLinha, Subject
  set the text of member("output") = ""
  lNumLinhas = the number of lines in field "input"
  if member("input").line[lNumLinhas].char[1] = numtochar(10) then
    delete member("input").line[49]
    lNumLinhas = lNumLinhas - 1
  end if

  replace_letra("input", tab, "|")
  replace_letra("input", numtochar(10), "")
  caixa_alta()
  the itemdelimiter = "|"
  caixa_alta_sub()
  Subject = the text of member("subject")
  sub = member("input").line[1].item[1]

  repeat with i = 1 to lNumLinhas

    if member("input").line[i].item[1] = sub then
      member("input").line[i].item[1] = gSubject
    end if

  end repeat

  lcontaLinha = 0
  lChave = member("input").line[1].item[2]
  lUmaFrase = false

  repeat with i = 1 to lNumLinhas

    if member("input").line[i].item[1] <> "HE" and member("input").line[i].item[1]
      <> "SHE" and member("input").line[i].item[1] <> "IT" and
      member("input").line[i].item[1] <> "I" and member("input").line[i].item[1] <> "YOU"
      and member("input").line[i].item[1] <> "THEY" and member("input").line[i].item[1]
      <> "WE" then
      lUmaFrase = false
      if lChave = "WHICH" then
        lcontaLinha = lcontaLinha + 1
        member("output").line[lcontaLinha] = "<category>"
        lcontaLinha = lcontaLinha + 1
        if gSubject = "HE" then

```

```

        member("output").line[lcontaLinha] = "<pattern> " &
member("input").line[i].item[2] & " IS " & Subject & "'S " &
member("input").line[i].item[1] & "</pattern>"
        lcontaLinha = lcontaLinha + 1
        if member("input").line[i].item[1] = "JOB" then
            member("output").line[lcontaLinha] = "<template> " & gSubject & " IS " &
member("input").line[i].item[3] & ". </template>"
        else
            member("output").line[lcontaLinha] = "<template> HIS " &
member("input").line[i].item[1] & " IS " & member("input").line[i].item[3] & ".
</template>"
        end if
    end if
    if gSubject = "SHE" then
        member("output").line[lcontaLinha] = "<pattern> " &
member("input").line[i].item[2] & " IS " & Subject & "'S " &
member("input").line[i].item[1] & "</pattern>"
        lcontaLinha = lcontaLinha + 1
        if member("input").line[i].item[1] = "JOB" then
            member("output").line[lcontaLinha] = "<template> " & gSubject & " IS " &
member("input").line[i].item[3] & ". </template>"
        else
            member("output").line[lcontaLinha] = "<template> HER " &
member("input").line[i].item[1] & " IS " & member("input").line[i].item[3] & ".
</template>"
        end if
    end if
    if gSubject = "IT" then
        member("output").line[lcontaLinha] = "<pattern> " &
member("input").line[i].item[2] & " IS " & Subject & "'S " &
member("input").line[i].item[1] & "</pattern>"
        lcontaLinha = lcontaLinha + 1
        if member("input").line[i].item[1] = "JOB" then
            member("output").line[lcontaLinha] = "<template> " & gSubject & " IS " &
member("input").line[i].item[3] & ". </template>"
        else
            member("output").line[lcontaLinha] = "<template> ITS " &
member("input").line[i].item[1] & " IS " & member("input").line[i].item[3] & ".
</template>"
        end if
    end if
    if gSubject = "I" then
        member("output").line[lcontaLinha] = "<pattern> " &
member("input").line[i].item[2] & " IS YOUR " & member("input").line[i].item[1] &
"</pattern>"
        lcontaLinha = lcontaLinha + 1
        if member("input").line[i].item[1] = "JOB" then
            member("output").line[lcontaLinha] = "<template> " & gSubject & " AM " &
member("input").line[i].item[3] & ". </template>"
        else

```



```

        member("output").line[lcontaLinha] = "<template> MY " &
member("input").line[i].item[1] & " IS " & member("input").line[i].item[3] & ".
</template>"
    end if
end if
if gSubject = "YOU" then
    member("output").line[lcontaLinha] = "<pattern> " &
member("input").line[i].item[2] & " IS MY " & member("input").line[i].item[1] &
"</pattern>"
    lcontaLinha = lcontaLinha + 1
    if member("input").line[i].item[1] = "JOB" then
        member("output").line[lcontaLinha] = "<template> " & gSubject & " ARE " &
member("input").line[i].item[3] & ". </template>"
    else
        member("output").line[lcontaLinha] = "<template> YOUR " &
member("input").line[i].item[1] & " IS " & member("input").line[i].item[3] & ".
</template>"
    end if
end if
if gSubject = "WE" then
    member("output").line[lcontaLinha] = "<pattern> " &
member("input").line[i].item[2] & " IS OUR " & member("input").line[i].item[1] &
"</pattern>"
    lcontaLinha = lcontaLinha + 1
    if member("input").line[i].item[1] = "JOB" then
        member("output").line[lcontaLinha] = "<template> " & gSubject & " ARE " &
member("input").line[i].item[3] & ". </template>"
    else
        member("output").line[lcontaLinha] = "<template> OUR " &
member("input").line[i].item[1] & " IS " & member("input").line[i].item[3] & ".
</template>"
    end if
end if
if gSubject = "THEY" then
    member("output").line[lcontaLinha] = "<pattern> " &
member("input").line[i].item[2] & " IS " & Subject & "'S " &
member("input").line[i].item[1] & "</pattern>"
    lcontaLinha = lcontaLinha + 1
    if member("input").line[i].item[1] = "JOB" then
        member("output").line[lcontaLinha] = "<template> " & gSubject & " ARE " &
member("input").line[i].item[3] & ". </template>"
    else
        member("output").line[lcontaLinha] = "<template> THEIR " &
member("input").line[i].item[1] & " IS " & member("input").line[i].item[3] & ".
</template>"
    end if
end if
lcontaLinha = lcontaLinha + 1
member("output").line[lcontaLinha] = "</category>"
end if

```

```

if IChave = "DO" or IChave = "DOES" or IChave = "DID" then
  if member("input").line[i+1].item[2] = "WHEN" or
member("input").line[i+1].item[2] = "WHERE" or member("input").line[i+1].item[2] =
"HOW" then
    lcontaLinha = lcontaLinha + 1
    member("output").line[lcontaLinha] = "<category>"
    lcontaLinha = lcontaLinha + 1
    member("output").line[lcontaLinha] = "<pattern> " &
member("input").line[i].item[2] & " " & IChave & " " & Subject & " " &
member("input").line[i].item[1] & " " & member("input").line[i+1].item[3] & "</pattern>"
    lcontaLinha = lcontaLinha + 1
    if IChave = "DO" or IChave = "DOES" then
      member("output").line[lcontaLinha] = "<template> " & gSubject & " " &
conjugar(member("input").line[i].item[1]) & " " & member("input").line[i].item[3] & " " &
member("input").line[i+1].item[3] & ". </template>"
    else
      member("output").line[lcontaLinha] = "<template> " & gSubject & " " &
conjugar_past(member("input").line[i].item[1]) & " " & member("input").line[i].item[3] &
" " & member("input").line[i+1].item[3] & ". </template>"
    end if
    lcontaLinha = lcontaLinha + 1
    member("output").line[lcontaLinha] = "</category>"
    i = i+1
  else
    lcontaLinha = lcontaLinha + 1
    member("output").line[lcontaLinha] = "<category>"
    lcontaLinha = lcontaLinha + 1
    member("output").line[lcontaLinha] = "<pattern> " &
member("input").line[i].item[2] & " " & IChave & " " & Subject & " " &
member("input").line[i].item[1] & "</pattern>"
    lcontaLinha = lcontaLinha + 1
    if IChave = "DO" or IChave = "DOES" then
      member("output").line[lcontaLinha] = "<template> " & gSubject & " " &
conjugar(member("input").line[i].item[1]) & " " & member("input").line[i].item[3] & ".
</template>"
    else
      member("output").line[lcontaLinha] = "<template> " & gSubject & " " &
conjugar_past(member("input").line[i].item[1]) & " " & member("input").line[i].item[3]
& ". </template>"
    end if
    lcontaLinha = lcontaLinha + 1
    member("output").line[lcontaLinha] = "</category>"
  end if
end if

if IChave.word[1] = "HAS" or IChave.word[1] = "HAVE" or IChave.word[1] =
"WAS" or IChave.word[1] = "WERE" or IChave.word[1] = "IS" or IChave.word[1] =

```

```

"AM" or IChave.word[1] = "ARE" or IChave.word[1] = "WILL" or IChave.word[1] =
"MUST" or IChave.word[1] = "CAN" then
    lcontaLinha = lcontaLinha + 1
    member("output").line[lcontaLinha] = "<category>"
    lcontaLinha = lcontaLinha + 1

    if member("input").line[i+1].item[2] = "WHEN" or
member("input").line[i+1].item[2] = "WHERE" or member("input").line[i+1].item[2] =
"HOW" then
        member("output").line[lcontaLinha] = "<pattern> " &
member("input").line[i].item[1] & " " & IChave.word[1] & " " & Subject & " " &
IChave.word[2] & " " & IChave.word[3] & " " & IChave.word[4] & " " &
member("input").line[i+1].item[3] & " </pattern>"
        lcontaLinha = lcontaLinha + 1
        member("output").line[lcontaLinha] = "<template> " & gSubject & " " &
member("input").line[i].item[2] & " " & member("input").line[i].item[3] & " " &
member("input").line[i+1].item[3] & ". </template>"
        lcontaLinha = lcontaLinha + 1
        member("output").line[lcontaLinha] = "</category>"
        i = i+1

    else
        member("output").line[lcontaLinha] = "<pattern> " &
member("input").line[i].item[1] & " " & IChave.word[1] & " " & Subject & " " &
IChave.word[2] & " " & IChave.word[3] & " " & IChave.word[4] & " </pattern>"
        lcontaLinha = lcontaLinha + 1
        member("output").line[lcontaLinha] = "<template> " & gSubject & " " &
member("input").line[i].item[2] & " " & member("input").line[i].item[3] & ". </template>"
        lcontaLinha = lcontaLinha + 1
        member("output").line[lcontaLinha] = "</category>"
    end if

end if

else
    if IUmaFrase then
        umafrase(IChave, i)
    end if

    IChave = member("input").line[i].item[2]
    IUmaFrase = true
end if
end repeat

if IUmaFrase then
    umafrase(IChave, i)
end if

```

```

lcab = numtochar(10) & "<?xml version=" & quote & "1.0" & quote & " encoding=" &
quote & "ISO-8859-1" & quote & "?>" & numtochar(13)
lcab = lcab & "<aiml>" & numtochar(13)
lrod = "</aiml>"
member("output").text = lcab & member("output").text & numtochar(13) & lrod
end

on umafrase(lChave, i)
  global gSubject, lcontaLinha, Subject

  if lChave = "CAN" or lChave = "CAN'T" or lChave = "CAN NOT" then
    lcontaLinha = lcontaLinha + 1
    member("output").line[lcontaLinha] = "<category>"
    lcontaLinha = lcontaLinha + 1
    member("output").line[lcontaLinha] = "<pattern> CAN " & Subject & " " &
member("input").line[i-1].item[3] & "</pattern>"
    lcontaLinha = lcontaLinha + 1
    if lChave = "CAN" then
      member("output").line[lcontaLinha] = "<template> YES, " & gSubject & " CAN.
</template>"
    else
      member("output").line[lcontaLinha] = "<template> NO, " & gSubject & " CAN'T.
</template>"
    end if

  else
    lcontaLinha = lcontaLinha + 1
    member("output").line[lcontaLinha] = "<category>"
    lcontaLinha = lcontaLinha + 1
    if lChave.word[1] = "HOW" then
      lHow = lChave.word[1] & " " & lChave.word[2]
    end if
    if lHow = "HOW MANY" then
      if lChave.word[3] <> "" then
        member("output").line[lcontaLinha] = "<pattern> " & member("input").line[i-
1].item[2] & " * " & Subject & "</pattern>"
        lcontaLinha = lcontaLinha + 1
        aux = member("input").line[i-1].item[3].char[1] & member("input").line[i-
1].item[3].char[2]
      else
        member("output").line[lcontaLinha] = "<pattern> " & member("input").line[i-
1].item[2] & " " & Subject & " * </pattern>"
        lcontaLinha = lcontaLinha + 1
        aux = member("input").line[i-1].item[3].char[1] & member("input").line[i-
1].item[3].char[2]
      end if
      if aux = "1 " or aux = "on" or aux = "an" or aux = "a " then
        member("output").line[lcontaLinha] = "<template> THERE IS " &
member("input").line[i-1].item[3] & ". </template>"
      else

```

```

    member("output").line[lcontaLinha] = "<template> THERE ARE " &
member("input").line[i-1].item[3] & ". </template>"
    end if
    else
        member("output").line[lcontaLinha] = "<pattern> " & member("input").line[i-
1].item[2] & " * " & Subject & " </pattern>"
        lcontaLinha = lcontaLinha + 1
        if gSubject = "HE" or gSubject = "SHE" or gSubject = "IT" then
            member("output").line[lcontaLinha] = "<template> " & gSubject & " IS " &
member("input").line[i-1].item[3] & ". </template>"
        else
            if gSubject = "I" then
                member("output").line[lcontaLinha] = "<template> " & gSubject & " AM " &
member("input").line[i-1].item[3] & ". </template>"
            else
                member("output").line[lcontaLinha] = "<template> " & gSubject & " ARE " &
member("input").line[i-1].item[3] & ". </template>"
            end if
        end if
    end if
    end if
    end if
    lcontaLinha = lcontaLinha + 1
    member("output").line[lcontaLinha] = "</category>"
end

```

```

on caixa_alta ()

```

```

    INumLetras = the number of chars in field "input"
    repeat with i = 1 to INumLetras
        ltheKey = charToNum(member("input").char[i])
        if ltheKey >= 97 and ltheKey <= 122 then
            member("input").char[i] = numToChar (ltheKey - 32)
        end if
    end repeat

```

```

end

```

```

on caixa_alta_sub()

```

```

    INumLetras = the number of chars in field "subject"
    repeat with i = 1 to INumLetras
        ltheKey = charToNum(member("subject").char[i])
        if ltheKey >= 97 and ltheKey <= 122 then
            member("subject").char[i] = numToChar (ltheKey - 32)
        end if
    end repeat

```

```

end

```

```

on replace_word(texto,palavra1,palavra2)

```

```

    INumPalavras = the number of words in field "input"

```

```

repeat with i = 1 to INumPalavras
  if member(texto).word[i] = palavra1 then
    member(texto).word[i] = palavra2
  end if
end repeat
end

on replace_letra(texto, letra1, letra2)
  INumLetras = the number of chars in field "input"
  repeat with i = 1 to INumLetras
    if member(texto).char[i] = letra1 then
      member(texto).char[i] = letra2
    end if
  end repeat
end

on conjuguar(texto)

  global gSubject
  member("texto_original").text = texto
  if gSubject = "HE" or gSubject = "SHE" or gSubject = "IT" then
    IVerbo = texto.word[1]
    IQtdeLetras = the number of chars in IVerbo
    IUltimaLetra = Lverbo.char[IQtdeLetras]
    IUltimasLetras = Lverbo.char[IQtdeLetras-1] & Lverbo.char[IQtdeLetras]
    IPenultimaLetra = Lverbo.char[IQtdeLetras-1]
    if IUltimasLetras = "SH" or IUltimasLetras = "CH" or IUltimasLetras = "SS" or
    IUltimaLetra = "X" or IUltimaLetra = "O" or IUltimaLetra = "Z" then
      IVerbo = IVerbo & "ES"
    else
      if IUltimaLetra = "Y" and not ("aeiou" contains IPenultimaLetra) then
        delete IVerbo.char[IQtdeLetras]
        IVerbo = IVerbo & "IES"
      else
        IVerbo = IVerbo & "S"
      end if
    end if
    member("texto_original").word[1] = IVerbo
    return member("texto_original").text
  end if
end if
end

on conjuguar_past(texto)

  global gSubject
  member("texto_original").text = texto
  IVerbo = texto.word[1]
  if IVerbo = "arise" then IVerbo = "AROSE" else
  if IVerbo = "is" then IVerbo = "WAS" else
  if IVerbo = "are" then IVerbo = "WERE" else

```

```

if IVerbo = "beat" then IVerbo = "BEAT" else
if IVerbo = "become" then IVerbo = "BECAME" else
if IVerbo = "begin" then IVerbo = "BEGAN" else
if IVerbo = "bite" then IVerbo = "BIT" else
if IVerbo = "blow" then IVerbo = "BLEW" else
if IVerbo = "break" then IVerbo = "BROKE" else
if IVerbo = "bring" then IVerbo = "BROUGHT" else
if IVerbo = "build" then IVerbo = "BUILT" else
if IVerbo = "burn" then IVerbo = "BURNT" else
if IVerbo = "buy" then IVerbo = "BOUGHT" else
if IVerbo = "catch" then IVerbo = "CAUGHT" else
if IVerbo = "choose" then IVerbo = "CHOOSE" else
if IVerbo = "come" then IVerbo = "CAME" else
if IVerbo = "cost" then IVerbo = "COST" else
if IVerbo = "cut" then IVerbo = "CUT" else
if IVerbo = "dive" then IVerbo = "DOVE" else
if IVerbo = "do" then IVerbo = "DID" else
if IVerbo = "draw" then IVerbo = "DREW" else
if IVerbo = "dream" then IVerbo = "DREAMT" else
if IVerbo = "drink" then IVerbo = "DRANK" else
if IVerbo = "drive" then IVerbo = "DROVE" else
if IVerbo = "eat" then IVerbo = "ATE" else
if IVerbo = "fall" then IVerbo = "FELL" else
if IVerbo = "feed" then IVerbo = "FED" else
if IVerbo = "feel" then IVerbo = "FELT" else
if IVerbo = "fight" then IVerbo = "FOUGHT" else
if IVerbo = "find" then IVerbo = "FOUND" else
if IVerbo = "fly" then IVerbo = "FLEW" else
if IVerbo = "forget" then IVerbo = "FORGOT" else
if IVerbo = "forgive" then IVerbo = "FORGAVE" else
if IVerbo = "freeze" then IVerbo = "FROZE" else
if IVerbo = "get" then IVerbo = "GOT" else
if IVerbo = "give" then IVerbo = "GAVE" else
if IVerbo = "go" then IVerbo = "WENT" else
if IVerbo = "grow" then IVerbo = "GREW" else
if IVerbo = "have" then IVerbo = "HAD" else
if IVerbo = "has" then IVerbo = "HAD" else
if IVerbo = "hear" then IVerbo = "HEARD" else
if IVerbo = "hide" then IVerbo = "HID" else
if IVerbo = "hit" then IVerbo = "HIT" else
if IVerbo = "hold" then IVerbo = "HELD" else
if IVerbo = "hurt" then IVerbo = "HURT" else
if IVerbo = "keep" then IVerbo = "KEPT" else
if IVerbo = "know" then IVerbo = "KNEW" else
if IVerbo = "lay" then IVerbo = "LAID" else
if IVerbo = "learn" then IVerbo = "LEARNT" else
if IVerbo = "leave" then IVerbo = "LEFT" else
if IVerbo = "lend" then IVerbo = "LENT" else
if IVerbo = "lie" then IVerbo = "LAY" else
if IVerbo = "light" then IVerbo = "LIT" else

```

```

if IVerbo = "lose" then IVerbo = "LOST" else
if IVerbo = "make" then IVerbo = "MADE" else
if IVerbo = "mean" then IVerbo = "MEANT" else
if IVerbo = "meet" then IVerbo = "MET" else
if IVerbo = "mistake" then IVerbo = "MISTOOK" else
if IVerbo = "pay" then IVerbo = "PAID" else
if IVerbo = "put" then IVerbo = "PUT" else
if IVerbo = "read" then IVerbo = "READ" else
if IVerbo = "ride" then IVerbo = "RODE" else
if IVerbo = "ring" then IVerbo = "RANG" else
if IVerbo = "run" then IVerbo = "RAN" else
if IVerbo = "say" then IVerbo = "SAID" else
if IVerbo = "see" then IVerbo = "SAY" else
if IVerbo = "sell" then IVerbo = "SOLD" else
if IVerbo = "shine" then IVerbo = "SHONE" else
if IVerbo = "shoot" then IVerbo = "SHOT" else
if IVerbo = "shut" then IVerbo = "SHUT" else
if IVerbo = "sing" then IVerbo = "SANG" else
if IVerbo = "sit" then IVerbo = "SAT" else
if IVerbo = "sleep" then IVerbo = "SLEPT" else
if IVerbo = "smell" then IVerbo = "SMELT" else
if IVerbo = "speak" then IVerbo = "SPOKE" else
if IVerbo = "spell" then IVerbo = "SPELT" else
if IVerbo = "spend" then IVerbo = "SPENT" else
if IVerbo = "stand" then IVerbo = "STOOD" else
if IVerbo = "steal" then IVerbo = "STOLE" else
if IVerbo = "swim" then IVerbo = "SWAM" else
if IVerbo = "take" then IVerbo = "TOOK" else
if IVerbo = "teach" then IVerbo = "TAUGHT" else
if IVerbo = "tear" then IVerbo = "TORE" else
if IVerbo = "tell" then IVerbo = "TOLD" else
if IVerbo = "think" then IVerbo = "THOUGHT" else
if IVerbo = "throw" then IVerbo = "THREW" else
if IVerbo = "understand" then IVerbo = "UNDERSTOOD" else
if IVerbo = "wake" then IVerbo = "WOKE" else
if IVerbo = "wear" then IVerbo = "WORE" else
if IVerbo = "win" then IVerbo = "WON" else
if IVerbo = "write" then IVerbo = "WROTE" else
if IVerbo = "prefer" then IVerbo = "PREFERRED" else
if IVerbo = "permit" then IVerbo = "PERMITTED" else
if IVerbo = "regret" then IVerbo = "REGRETTED" else
if IVerbo = "travel" then IVerbo = "TRAVELLED" else
if IVerbo = "cancel" then IVerbo = "CANCELLED" else
if IVerbo = "stop" then IVerbo = "STOPPED" else
if IVerbo = "plan" then IVerbo = "PLANNED" else
if IVerbo = "rub" then IVerbo = "RUBBED" else
if IVerbo = "occur" then IVerbo = "OCCURRED" else
if IVerbo = "chat" then IVerbo = "CHATTED" else

```

IQtdLetras = the number of chars in IVerbo


```

IUltimaLetra = Lverbo.char[IQtdeLetras]
IUltimasLetras = Lverbo.char[IQtdeLetras-1] & Lverbo.char[IQtdeLetras]
IPenultimaLetra = Lverbo.char[IQtdeLetras-1]

```

```

if IUltimasLetras = "E" then IVerbo = IVerbo & "D"
else
if IUltimaLetra = "Y" and not ("aeiou" contains IPenultimaLetra) then
delete IVerbo.char[IQtdeLetras]
IVerbo = IVerbo & "IED"
else
IVerbo = IVerbo & "ED"

```

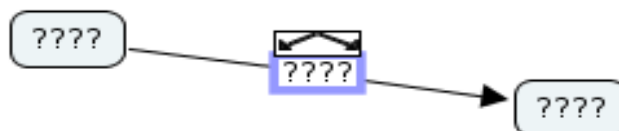
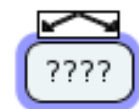
```

end if end if end if end if end if end if end if end if end if end if end if end if end if
end if end if end if end if end if end if end if end if end if end if end if end if end if
end if end if end if end if end if end if end if end if end if end if end if end if end if
end if end if end if end if end if end if end if end if end if end if end if end if end if
end if end if end if end if end if end if end if end if end if end if end if end if end if
end if end if end if end if end if end if end if end if end if end if end if end if end if
end if end if end if end if end if end if end if end if end if end if end if end if end if
member("texto_original").word[1] = IVerbo
return member("texto_original").text
end

```

ANEXO 2: ETAPAS DE USO

- 1- Execute o programa Cute;
- 2- Entre no Teacher Module;
- 3- Clique em Conceptual Map;
- 4- Dê um duplo clique na área branca; aparecerá o seguinte desenho:
- 5- Digite dentro do quadrado o item mais genérico do seu mapa;
- 6- Clique nas setas acima do quadrado e arreste para aparecer a primeira relação:



- 7- Preencha o quadro identificador da seta com o nome da relação e depois clique sobre o outro quadrado para dar um nome para ele;
- 8- Repita os passos 5, 6 até que todo o seu mapa esteja pronto. Não esqueça de seguir as regras listadas no documento “Regras para criação do Mapa Conceitual”;
- 9- Clique no menu File, escolha *Save Cmap* e preencha somente o campo nome, clique no botão *Save*;
- 10-Volte a clicar no menu File, mas agora escolha a opção *Export Cmap As* ⇒ *Propositions as text*. Dê um nome para o arquivo e clique no botão *Save*;
- 11-Clique novamente no menu *File* e escolha a opção *Exit CmapTools*, para sair do Mapa Conceitual;
- 12-Agora que você voltou para o Cute, clique em *Actualization*;
- 13-Clique em *Open file* e escolha o arquivo que você acabou de criar. O nome dele irá aparecer ao lado do botão;
- 14-Digite o sujeito ao qual o mapa conceitual faz referência e escolha o pronome que poderá substituí-lo nas sentenças;
- 15-Clique no botão *OK*. Dê um nome para o arquivo que será enviado para o *chatterbot*, clique em *Salvar*. O *chatterbot* será atualizado;
- 16-Se quiser carregar outros arquivos para essa aula, repita o procedimento 13 e 14. Quando tiver terminado de escolher os arquivos, clique em *Back*. Ele irá

voltar ao menu principal. Aguarde alguns segundos para que ele possa terminar a atualização do *chatterbot*.

- 17-A sua parte está pronta. Na hora da aula, basta pedir aos alunos que acessem a opção Student Module do menu e clique em *Chatterbot* para conversar com o robô. Se eles quiserem fazer alguma anotação podem clicar também em Notepad, mas não esqueça de pedir a eles que as salvem quando terminar.
- 18-Qualquer dúvida você ainda pode recorrer ao Help do programa, onde você encontrará esse passo a passo, as regras para construção dos mapas conceituais e alguns exemplos de mapas pré-elaborados.

Bom trabalho!

ANEXO 3: QUESTIONÁRIO APLICADO AOS PROFESSORES

Nome: _____

Escolaridade: () graduado () pós-graduado () mestrando () mestre

Trabalha com: () Ensino Fundamental () Ensino Médio () Ensino Superior

() Cursos () Aulas particulares

Tempo de magistério: _____

1- Quais são os maiores problemas que você encontra no ensino da Língua Inglesa?

2- Você utiliza algum recurso além do quadro e giz para lecionar? Qual?

3- Dê sua opinião sobre o uso do computador como um recurso didático:

4- Você já utilizou algum software no ensino de ensino de língua?

5- Se SIM, qual é o nome do software? Descreva os conteúdos aplicados:

6- Se **NÃO**, por quê?

() Por não ter conhecimento de softwares.

() Seu colégio não tem laboratório de informática.

() Seu colégio tem laboratório de informática, mas você não pode utilizar.

() Seu colégio tem laboratório de informática, mas o mesmo não tem condições financeiras para adquirir softwares.

() Você não concorda com o uso do computador no ensino de língua.

() Outras, quais? _____

7- Na sua opinião, qual a contribuição que o CUTE pode oferecer para a melhoria do ensino da língua?

8- Como você classificaria a utilização do programa com relação à sua facilidade e simplicidade?

- | | | |
|--|--------------------------------------|--------------------------------|
| ☐ Muito difícil | ☐ Difícil | ☐ Médio |
| ☐ Fácil | ☐ Muito fácil | |

9- Dê a sua opinião sobre o software, apresentando pontos positivos e negativos:

ANEXO 4: QUESTIONÁRIO APLICADO AOS ALUNOS

1- O que você acha do aprendizado de língua inglesa?

- () Muito difícil
- () Difícil
- () Médio
- () Fácil
- () Muito fácil

2- Como você classificaria seu aprendizado em relação à matéria?

- () Não aprende
- () Aprende pouco
- () Aprendeu razoavelmente
- () Aprendeu bastante
- () Aprendeu completamente

3- A que você atribui sua dificuldade de aprendizado?

- () material didático
- () explicação da professora
- () ao número de alunos em sala
- () ao comportamento dos colegas
- () a pouca utilização de outros recursos, como rádio, computador, vídeo

4- Os exercícios te ajudam a compreender a matéria?

- () Não
- () Pouco
- () Razoável
- () Nem tanto
- () Sim

5- Você acredita que as aulas na sala de informática possam ajudar no seu aprendizado da língua inglesa?

- () Não
- () Pouco
- () Razoável
- () Nem tanto
- () Sim

6- O programa auxiliou a sua compreensão da matéria?

- () Não
- () Pouco
- () Razoável

- ☐) Nem tanto
- ☐) Sim

7- Como você classificaria a utilização do programa com relação à sua facilidade e simplicidade?

- ☐) Muito difícil
- ☐) Difícil
- ☐) Médio
- ☐) Fácil
- ☐) Muito fácil

8- Como você compararia as aulas em sala com as aulas utilizando esse programa?

- ☐) Prefiro aulas em sala de aula, pois o sistema não me ajudou em nada
- ☐) Prefiro aulas em sala de aula, apesar do sistema ter me ajudado.
- ☐) Prefiro aulas na sala de informática, mas o sistema não me ajudou
- ☐) Prefiro aulas na sala de informática, com a utilização desse sistema

9- O comportamento da turma na sala de informática:

- ☐) É o mesmo
- ☐) Piora
- ☐) Piora muito
- ☐) Melhora
- ☐) Melhora muito