



UNIVERSIDADE ESTADUAL DO CEARÁ
CENTRO DE HUMANIDADES
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM LINGUÍSTICA APLICADA
DOUTORADO EM LINGUÍSTICA APLICADA

ARATUZA RODRIGUES SILVA ROCHA

IDENTIFICAÇÃO DE PROCESSOS DE TRANSFERÊNCIA DO PORTUGUÊS DO
BRASIL PARA O INGLÊS (L2) POR MEIO DE REDE NEURAL ARTIFICIAL MLP.

FORTALEZA - CEARÁ

2017

ARATUZA RODRIGUES SILVA ROCHA

IDENTIFICAÇÃO DE PROCESSOS DE TRANSFERÊNCIA DO PORTUGUÊS DO
BRASIL PARA O INGLÊS (L2) POR MEIO DE REDE NEURAL ARTIFICIAL MLP.

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Linguística Aplicada da Universidade Estadual do Ceará, como requisito parcial para a obtenção do título de Doutor em Linguística Aplicada. Área de Concentração: Linguagem e Interação.

Orientador: Prof. Dr. Wilson Júnior de Araújo Carvalho.

Coorientador: Prof. Dr. Fábio Rocha Barbosa

FORTALEZA – CEARÁ
2017

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Estadual do Ceará
Sistema de Bibliotecas

Rocha, Aratuza Rodrigues Silva.

Identificação de processos de transferência do português do Brasil para o inglês (L2) por meio de rede neural artificial MLP. [recurso eletrônico] / Aratuza Rodrigues Silva Rocha. - 2017.

1 CD-ROM: il.; 4 ¾ pol.

CD-ROM contendo o arquivo no formato PDF do trabalho acadêmico com 204 folhas, acondicionado em caixa de DVD Slim (19 x 14 cm x 7 mm).

Tese (doutorado) - Universidade Estadual do Ceará, Centro de Humanidades, Programa de Pós-Graduação em Linguística Aplicada, Fortaleza, 2017.

Área de concentração: Linguagem e Interação.

Orientação: Prof. Dr. Wilson Júnior de Araújo Carvalho.

Coorientação: Prof. Dr. Fábio Rocha Barbosa.

1. Recodificação leitora. 2. Conexionismo. 3. Simulação computacional. I. Título.

ARATUZA RODRIGUES SILVA ROCHA

IDENTIFICAÇÃO DE PROCESSOS DE TRANSFERÊNCIA DO PORTUGUÊS DO
BRASIL PARA O INGLÊS (L2) POR MEIO DE REDE NEURAL ARTIFICIAL MLP.

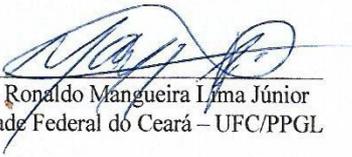
Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Linguística Aplicada da Universidade Estadual do Ceará, como requisito parcial para a obtenção do título de Doutor em Linguística Aplicada. Área de Concentração: Linguagem e Interação.

Aprovada em: 23/03/2017

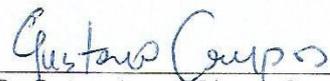
BANCA EXAMINADORA



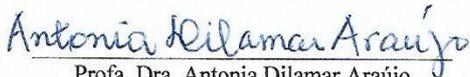
Prof. Dr. Wilson Júnior de Araújo Carvalho
Universidade Estadual do Ceará – UECE/PosLA (Orientador)



Prof. Dr. Ronaldo Manguiera Lima Júnior
Universidade Federal do Ceará – UFC/PPGL



Prof. Dr. Gustavo Augusto Lima de Campos
Universidade Estadual do Ceará – UECE/MACC



Profa. Dra. Antonia Dilamar Araújo
Universidade Estadual do Ceará – UECE/PosLA



Profa. Dra. Paula Lenz Costa Lima
Universidade Estadual do Ceará – UECE/PosLA

Dedico este trabalho a todos que se alegraram com sua realização.

Ao meu amado esposo, Fábio Rocha Barbosa, pelo apoio em todo tempo.

Às minhas lindas filhas, Mariah e Marjorie, por me inspirarem a vencer mais um desafio.

A Deus, por aperfeiçoar meus pensamentos e entregar-me porções de sabedoria.

AGRADECIMENTOS

A **Deus**, por me conceder esta conquista.

Ao meu Orientador, Prof. **Dr. Wilson Júnior de Araújo Carvalho**, que me acompanha desde o mestrado. São muitos anos de um trabalho sério, de uma parceria que me proporcionou muito amadurecimento acadêmico. Agradeço pelas análises tão pertinentes e sugestões que enriqueceram sobremaneira este trabalho, resultando na excelência do seu desenvolvimento.

Ao meu Co-orientador, Prof. **Dr. Fábio Rocha Barbosa**, pelo precioso auxílio e inúmeras orientações que convergiram para o aprofundamento e compreensão dos mecanismos computacionais e matemáticos da rede neural artificial, utilizada nesta pesquisa para investigação do objeto de estudo.

À **CAPES**, pelo apoio financeiro ao longo dos quatro anos como aluna de doutorado.

Aos membros da **Banca Examinadora**: Prof. Dr. Gustavo Augusto Lima de Campos, Profa. Dra. Antônia Dilamar Araújo, Profa. Dra. Paula Lenz Costa Lima e Prof. Dr. Ronaldo Manguiera Lima Júnior. A este último, devo um agradecimento especial pela riqueza de suas contribuições no tratamento estatístico dos dados e, notadamente, pelo ajuste preciso na classificação de alguns processos investigados neste trabalho.

Aos informantes da pesquisa, **alunos do Núcleo de Línguas Estrangeiras da UECE**, eles foram essenciais para a construção do objeto de estudo e suas análises.

Aos professores, **Carolina Bezerra de Andrade Lopes** e **Adailton Nunes de Moura**, por prestarem auxílio nas transcrições de áudio.

Aos alunos de iniciação científica da Universidade Federal do Piauí: **Atos Apollo Silva Borges**, **Washington Luís Pinho Rodrigues Filho** e **Matheus Rocha Barbosa**, por auxiliarem no tratamento computacional dos dados.

À minha linda **família** que celebra comigo todas as minhas vitórias.

Aos meus preciosos **amigos** que, de diferentes maneiras, me ajudaram a realizar este sonho.

“Porque melhor é a sabedoria do que os rubis;
e tudo o que mais se deseja não se pode
comparar com ela.”

(Provérbios 8.11)

RESUMO

Este estudo teve como objetivo geral identificar processos de transferência do Português do Brasil (PB) para o inglês língua estrangeira (L2) de estudantes brasileiros, considerando seu nível de proficiência e os dados fornecidos pela análise computacional de uma rede neural artificial. Os processos de transferência investigados foram: Apagamento de <h> no início de palavras começadas por <h> (AH); Apagamento de <h> no início de palavras começadas por <hy> seguido de substituição do ditongo [aj] pela vogal [i] (AHS); Pronúncia de <h> no início de palavras começadas por <hy> seguido de substituição do ditongo [aj] pela vogal [i] (PHS); Pronúncia de <k> com inserção da vogal [i] em palavras começadas por <kn> (PKCV); Pronúncia de <k> sem inserção da vogal [i] em palavras começadas por <kn> (PKSV). A base teórica adotada constitui-se do Conexionismo, representada por Rumelhart (1986), Haykin (2001), dentre outros. A teoria é subsidiada por estudos acerca dos processos de transferência da língua materna para a língua estrangeira assim como, em trabalhos sobre funcionamento da rede neural artificial de múltiplas camadas (RNA-MLP). A pesquisa abrange aprendizes que cursam desde o primeiro semestre até o nível avançado de língua inglesa do Núcleo de Línguas Estrangeiras da UECE. Como metodologia, realizou-se gravação de áudio de 76 alunos, os quais leram 30 palavras da língua inglesa, divididas em quatro grupos: palavras de alta e baixa frequência, palavras cognatas e não cognatas. Foi realizado o trabalho de transcrição para classificação e detecção dos processos de transferência e, em seguida, a contabilização dos mesmos foi submetida aos testes de análise de variância da ANOVA e teste *Tukey*. Também foi realizada uma simulação computacional, por meio de redes neurais artificiais, para confirmação dos fenômenos. Como resultado temos que: através das produções dos participantes foi possível identificar e categorizar processos de transferência que ainda não foram enumerados dentre os nove encontrados na literatura vigente. Verificamos diminuição significativa na incidência dos fenômenos em função do nível de proficiência. No que tange às variáveis de frequência e da presença de cognatos, verificamos que a primeira não influi significativamente para a incidência dos processos, enquanto a segunda é fator preponderante para a ocorrência dos mesmos. No que tange aos resultados, pela simulação computacional, confirmamos que a RNA-MLP foi treinada e aprendeu a identificar os cinco processos de transferência com percentual de acerto bastante satisfatório.

Palavras-Chave: Recodificação leitora. Conexionismo. Simulação computacional.

ABSTRACT

The aim of this study was to identify transfer processes from Brazilian Portuguese (PB) to the English foreign language (L2) of Brazilian students, considering their level of proficiency and the data provided by the computational analysis of an artificial neural network. The transfer processes investigated were: Deletion of <h> in the beginning of words starting by <h> (AH); Deletion of <h> in the beginning of words starting by <hy> followed by substitution of the diphthong [aj] for the vowel [i] (AHS); Pronunciation of <h> in the beginning of words starting by <hy> followed by substitution of the diphthong [aj] for the vowel [i] (PHS); Pronunciation of <k> with insertion of the vowel [i] in words beginning with <kn> (PKCV); Pronunciation of <k> without insertion of the vowel [i] in words beginning with <kn> (PKSV). The theoretical basis adopted is Connectionism, represented by Rumelhart (1986), Haykin (2001), among others. It is also subsidized by studies of transfer processes from mother tongue to foreign language as well as in works concerned to the functioning of the artificial neural network of multiple layers (RNA-MLP). The research investigated students from the first semester to the advanced level of English of Center for Foreign Languages of UECE. As methodology, audio recording of 76 students was carried out when they read 30 English words, divided into four groups: high and low frequency words, cognate and non-cognate words. Transcription of the words was done to classify and detect the transfer processes, then the accounting of the same was submitted to the ANOVA variance analysis and Tukey test. As a result we observed that: through the productions of participants it was possible to identify and categorize transfer processes that have not yet been enumerated among the nine found in the current literature. We found a significant decrease in the incidence of phenomena based on the level of proficiency. Regarding the variables of frequency and the presence of cognates, we verified that the former does not significantly influence the incidence of the processes, while the second is a preponderant factor for their occurrence. In the second part of the methodology, which concerns the computational simulation, we confirmed that ANN-MLP was trained and learned to identify the five transfer processes with a satisfactory average accuracy.

Key-Words: Phonological recoding. Connectionism. Computational simulation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Modelo de processamento distribuído em paralelo-PDP.....	30
Figura 2 -	Rede neural multicamada: padrões de entrada registrados por representações internas	35
Figura 3 -	Representação geométrica de discriminação do espaço de entrada por sistema conexionista.	37
Figura 4 -	Conexões lexicais para [end] em <i>send, lend, trend, blend e bend</i>	66
Figura 5 -	Conexões lexicais para [b] em <i>bee, bet, bed, bad, ban e bin</i>	66
Figura 6 -	Conexões fonológicas e semânticas submetidas ao passado simples regular em <i>played, spilled, spoiled, banned e rammed</i>	67
Figura 7 -	Resumo do fluxo de sinal do aprendizado <i>back-propagation</i>	72
Figura 8 -	Matriz de pixel representando a entrada da RNA	73
Figura 9 -	Representação esquemática de RNA reconhecadora de números	73
Figura 10 -	Caracteres que a RNA treinada reconhece (a) e que não reconhece (b).....	74
Figura 11 -	RNA <i>feedforward</i> totalmente conectada.....	83
Figura 12 -	Taxa de erro nas séries de treinamento e teste em função do número de neurônios na camada escondida.....	84
Figura 13 -	Exemplo de aproximação com MLP.....	84
Figura 14 -	Dispositivo de gravação (imagem de tela do <i>app</i> Gravador do <i>Iphone</i>).....	91
Figura 15 -	Tela de <i>slides</i> (extraído do <i>app</i> <i>Keynote</i>).....	92
Figura 16 -	Localização das palavras de alta frequência no corpus.	94
Figura 17 -	Localização de palavras de baixa frequência no corpus.	94
Figura 18 -	Script da RNA projetada para simulação do aprendizado dos fenômenos AHS/PHS.	99
Figura 19 -	Espectrograma com indicação dos formantes de sons vocálicos do inglês. ...	101
Figura 20 -	Seleção da região de investigação – palavra <hype> pronunciada corretamente por participante do semestre 1 – <i>software</i> Praat.	103
Figura 21 -	<i>Script</i> para extração automática no Praat da média dos formantes F1, F2, F3 e F4 de todas as palavras de um participante.....	105
Figura 22 -	Dados dos formantes e alvo pra processo AHS/PHI organizados em planilha.....	106
Figura 23 -	Topologia típica de uma Rede Neural Artificial totalmente conectada (<i>w</i> são os pesos sinápticos)	107

Figura 24 -	Representação da interface gráfica do ambiente Matlab: inicialização do toolbox e gráfico de treinamento da rede.....	108
Figura 25 -	Representação da interface gráfica do ambiente Matlab: estatísticas em tempo de treinamento.....	109
Figura 26 -	<i>Colormap</i> da incidência do processo AH.	134
Figura 27 -	<i>Colormap</i> da incidência do processo AHS.	135
Figura 28 -	<i>Colormap</i> da incidência do processo PHS.....	136
Figura 29 -	<i>Colormap</i> da incidência do processo PKCV.	137
Figura 30 -	<i>Colormap</i> da incidência do processo PKSV.....	138

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 -	Percentual de incidência dos processos por nível de proficiência	114
Gráfico 2 -	Percentual de ocorrência e linhas de tendência de ocorrência-AH, AHS e PHS	117
Gráfico 3 -	Percentual de ocorrência e linhas de tendência de ocorrência - PKSV e PKCV.....	118
Gráfico 4 -	Ocorrência de AH por palavra de alta frequência por nível de proficiência.	120
Gráfico 5 -	Ocorrência de AH por palavra de baixa frequência por nível de proficiência.	120
Gráfico 6 -	Ocorrência de AHS por palavra de alta frequência por nível de proficiência.	123
Gráfico 7 -	Ocorrência de AHS por palavra de baixa frequência em cada semestre.	123
Gráfico 8 -	Ocorrência do processo PHS em palavras de alta frequência.....	125
Gráfico 9 -	Ocorrência do processo PHI em palavras de baixa frequência.....	126
Gráfico 10 -	Ocorrência de PKCV por palavra segundo o nível de proficiência.	128
Gráfico 11 -	Ocorrência do processo PKSV por palavra segundo o nível de proficiência.	129
Gráfico 12 -	Dispersão dos formantes F1 e F2 para o grupo de dados das palavras iniciadas com <h>.....	141
Gráfico 13 -	Dispersão dos formantes F1 e F2 para o grupo de dados das palavras iniciadas com <hy>.....	142
Gráfico 14 -	Dispersão dos formantes F1 e F2 para o grupo de dados das palavras iniciadas com <kn>.....	143
Gráfico 15 -	Localização dos erros de teste da melhor RNA na dispersão dos formantes F1 e F2 para o grupo de dados das palavras iniciadas com <h>....	150
Gráfico 16 -	Localização dos erros de teste da melhor RNA na dispersão dos formantes F1 e F2 para o grupo de dados das palavras iniciadas com <hy>.....	154
Gráfico 17 -	Localização dos erros de teste da melhor RNA na dispersão dos formantes F1 e F2 para o grupo de dados das palavras iniciadas com <kn>.....	157

Gráfico 18 - Localização dos erros de teste da melhor RNA na dispersão dos formantes F1 e F2 para o grupo de dados das palavras iniciadas com <hy>.....	159
Gráfico 19 - Localização dos erros de teste da melhor RNA na dispersão dos formantes F1 e F2 para o grupo de dados das palavras iniciadas com <kn>.....	161

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 -	Tipos de transferência de conhecimento.....	51
Quadro 2 -	A natureza das transferências de conhecimento.	52
Quadro 3 -	Processos de transferência do PB para o inglês.....	56
Quadro 4 -	Processos de transferência do PB para o inglês propostos nesta tese.....	58
Quadro 5 -	Símbolo para consoantes em inglês.	62
Quadro 6 -	Símbolos para consoantes em português.....	63
Quadro 7 -	Questionário de Sondagem Linguística.	88
Quadro 8 -	Estrutura curricular do curso de extensão em língua inglesa no semestre 2015.1.....	89
Quadro 9 -	Total de alunos em cada semestre.....	90
Quadro 10 -	Codificação de alvo para aplicação da estratégia <i>Winner Takes All</i> , com indicação de neurônio vencedor e comparação de saída da RNA com saída alvo.....	98
Quadro 11 -	Configuração dos principais parâmetros de treinamento da RNA.....	99
Quadro 12 -	Especificação da RNA para simulações de identificação e classificação dos processos de transferência AH, AHS/PHI, PKSV/PKCV.....	145
Quadro 13 -	Erros de teste da melhor RNA para identificação e classificação do processo de transferência AH.	149
Quadro 14 -	Erros de teste da melhor RNA para identificação e classificação dos processos de transferência AHS/PHS.	153
Quadro 15 -	Erros de teste da melhor RNA para identificação e classificação dos processos de transferência PKSV/PKCV.....	156
Quadro 16 -	Resumos das hipóteses de pesquisa, resultados e comentários.....	175

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Processo de transferência AH.	95
Tabela 2 -	Processos de transferência AHS e PHS.	95
Tabela 3 -	Processos de transferencia PKSV e PKCV.....	95
Tabela 4 -	Incidência dos processos de transferência por nível de proficiência.	113
Tabela 5 -	Ocorrência do processo AH em palavras de alta e baixa frequência.	119
Tabela 6 -	Ocorrência do processo AHS em palavras de alta e baixa frequência.....	122
Tabela 7 -	Ocorrência do processo PHI em palavras de alta e baixa frequência.	125
Tabela 8 -	Ocorrência do processo PKCV em palavras de alta e baixa frequência.	127
Tabela 9 -	Ocorrência do processo PKSV em palavras de alta e baixa frequência.	129
Tabela 10 -	Teste Tukey referente ao processo AH (ANOVA <i>one-way</i>).	133
Tabela 11 -	Teste Tukey referente ao processo AHS (ANOVA <i>one-way</i>).	134
Tabela 12 -	Teste Tukey referente ao processo PHS (ANOVA <i>one-way</i>).....	135
Tabela 13 -	Teste <i>Tukey</i> referente ao processo PKCV (ANOVA <i>one-way</i>).	136
Tabela 14 -	Teste <i>Tukey</i> referente ao processo PKSV (ANOVA <i>one-way</i>).	137
Tabela 15 -	Resultados das simulações da RNA para identificação e classificação do processo de transferência AH.	147
Tabela 16 -	Resultados das simulações da RNA para identificação e classificação dos processos de transferência AHS/PHS.	151
Tabela 17 -	Resultados das simulações da RNA para identificação e classificação dos processos de transferência PKSV/PKCV.....	155
Tabela 18 -	Resultados das simulações da RNA para identificação e classificação do processo de transferência APHS.....	158
Tabela 19 -	Resultados das simulações da RNA para identificação e classificação do processo de transferência PK.....	160

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

PB	Português do Brasil
BP	<i>back-propagation</i>
AH	apagamento de <h>
AHS	apagamento de <h> e substituição do ditongo <ay> pela vogal <i>
PHS	pronúncia de <h> e substituição do ditongo <ay> pela vogal <i>
PKSV	pronúncia de <k> sem inserção da vogal
PKCV	pronúncia de <k> com inserção da vogal
APHS	mudança de <h> com substituição
PK	pronúncia de <k>
RNA	Rede Neural Artificial
MLP	<i>Multi-Layer Perceptron</i>
UECE	Universidade Estadual do Ceará
S	semestre
L2	segunda língua/língua estrangeira
L1	língua materna
ANOVA	Análise de Variância
PDP	processamento distribuído em paralelo
IL	Interlíngua
CV	consoante vogal
SOM	<i>Self Organizing Map</i>
COCA	Corpus do Inglês Americano Contemporâneo
LPC	<i>Linear Predictive Coding</i>
UFC	Universidade Federal do Ceará
IFCE	Instituto Federal do Ceará
IBM	<i>International Business Machines</i>

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	19
2	A TEORIA CONEXIONISTA	29
2.1	A TEORIA CONEXIONISTA E A LEITURA EM L2	29
2.1.1	Os componentes do sistema conexionista	29
2.1.2	Os princípios conexionistas	32
2.1.3	Recodificação leitora	38
2.2	RESUMO.....	42
3	PROCESSOS DE TRANSFERÊNCIA	43
3.1	PROCESSOS DE TRANSFERÊNCIA: O PERCURSO TEÓRICO.....	43
3.1.1	Processos de Transferência	49
3.1.2	Transferência fonético-fonológica e grafo-fônico-fonológico	55
3.1.3	Os processos de transferência AH, AHS, PHS, PKSV e PKCV	57
3.1.4	As palavras cognatas e a teoria conexionista	63
3.2	RESUMO.....	68
4	A REDE NEURAL ARTIFICIAL	69
4.1	A REDE NEURAL ARTIFICIAL: DEFINIÇÃO E COMPOSIÇÃO	69
4.1.1.	A trajetória do erro na RNA	71
4.1.1.1	A aprendizagem e a generalização da RNA	74
4.1.1.2	Estudos com aplicação de RNA	75
4.1.1.3	RNA de multicamadas (Multi-Layer Perceptron - MLP).....	82
4.2	RESUMO.....	85
5	METODOLOGIA.....	86
5.1	METODOLOGIA DO ESTUDO EMPÍRICO	86
5.1.1	Contexto da pesquisa.....	86
5.1.2	Definição da amostra.....	87
5.1.2.1	Instrumento de amostragem: Questionário de sondagem linguística	87
5.1.2.2	Critérios de inclusão	89
5.1.2.3	Critérios de exclusão.....	90
5.1.3	Materiais e equipamentos	90
5.1.3.1	Iphone	90
5.1.3.2	Ipad	91
5.1.4	Instrumentos utilizados.....	93

5.1.4.1	Teste oral: leitura de palavras	93
5.1.5	Especificações de projeto da RNA-MLP	96
5.2	METODOLOGIA DA SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL	100
5.2.1	Extração de características dos áudios	100
5.2.1.1	Extração da média dos formantes F1 e F2.....	102
5.2.2	Projeto da RNA-MLP.....	106
5.2.3	O treinamento da RNA	108
5.3	ASPECTOS ÉTICOS	110
5.4	RESUMO.....	111
6	RESULTADOS E ANÁLISE DO ESTUDO EMPÍRICO	112
6.1	ESTUDO EMPÍRICO	112
6.1.1	Processos de transferência AH, AHS, PHS, PKSV e PKCV	112
6.1.2	Linhas de tendência de ocorrência.....	117
6.1.3	O processo de transferência AH.....	118
6.1.4	O processo de transferência AHS.....	122
6.1.5	O processo de transferência PHS	124
6.1.6	O processo de transferência PKCV.....	127
6.1.7	O processo de transferência PKSV	128
6.1.8	Teste <i>Tukey</i> e <i>colormap</i>.....	133
6.2	RESUMO.....	138
7	SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL.....	139
7.1	APLICAÇÃO DE RNA PARA RECONHECIMENTO DE PADRÕES EM PROCESSOS DE TRANSFERÊNCIA.....	139
7.1.1	Dispersão de F1 e F2.....	140
7.1.2	Simulação da RNA para identificação e classificação dos processos AH, AHS, PHS, PKSV e PKCV.....	144
7.1.2.1	Especificação do número de neurônios na camada escondida	144
7.1.2.2	Simulação para 5 processos independentes: AH; AHS/PHS; PKSV/PKCV.....	146
7.1.2.2.1	<i>Simulação para processo AH.</i>	146
7.1.2.2.2	<i>Simulação para processos AHS/PHS.</i>	151
7.1.2.2.3	<i>Simulação para processos PKSV/PKCV.</i>	154
7.1.2.3	Simulação para estratégias de um mesmo processo: APHS (AHS/PHS); PK (PKSV/PKCV).....	158
7.1.2.3.1	<i>Simulação para processo APHS.</i>	158

7.1.2.3.2	<i>Simulação para processo PK.</i>	160
7.2	COMENTÁRIOS E DISCUSSÕES.....	162
7.3	RESUMO.....	167
8	CONCLUSÕES.....	168
	REFERÊNCIAS.....	178
	APÊNDICES	190
	APÊNDICE A - TERMO DE ANUÊNCIA.....	191
	APÊNDICE B - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO.....	194
	APÊNDICE C - TERMO DE ASSENTIMENTO.	196
	APÊNDICE D - QUESTIONÁRIO DE SONDAÇÃO LINGUÍSTICA APLICADO AOS ALUNOS.....	197
	APÊNDICE E - PALAVRAS SELECIONADAS PARA PESQUISA.....	198
	APÊNDICE F – AMOSTRA DE TRANSCRIÇÃO DAS PALAVRAS UTILIZADAS NA PESQUISA.....	200
	ANEXOS.....	201
	ANEXO A - PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP.....	202

1 INTRODUÇÃO

A teoria conexionista vem adquirindo relevo no cenário dos estudos cognitivos pela sua abordagem simples e que advoga o comportamento emergente da linguagem. A estratégia é fornecer um modelo geral e abstrato da arquitetura computacional do cérebro, a fim de desenvolverem-se algoritmos e procedimentos que possibilitem formular considerações acerca do funcionamento cerebral na construção do conhecimento.

A natureza emergencista da linguagem é confirmada nas simulações conexionistas, onde se demonstra que o processamento da linguagem é resultado do entrelaçamento de diversas informações - auditivas, motoras, articulatórias - existentes no ambiente e que interagem com o aparato cognitivo humano. A partir da exposição do indivíduo ao *input* linguístico, a estrutura cognitiva organiza esse conhecimento (*output*) e o sedimenta por meio dos pesos sinápticos, onde se encontra a base do aprendizado.

A perspectiva conexionista formula questionamentos sobre a arquitetura do cérebro e como isto pode auxiliar no desenvolvimento de algoritmos matemáticos tácitos na inteligência biológica e na vida mental humana. A estratégia principal da abordagem conexionista é tomar como unidade fundamental de processamento algo próximo a um neurônio abstrato e suas interconexões sinápticas (RUMELHART, 1998). Assim, havendo alterações destas conexões, há sempre um mecanismo candidato para a compreensão de aprendizagem e a mudança no seu desenvolvimento, caso necessário. Os princípios conexionistas norteadores desta pesquisa serão mais bem explicitados na seção 2, intitulada A TEORIA CONEXIONISTA.

Em consonância com os princípios conexionistas, que é a base teórica deste estudo, há uma compreensão de que o processo de leitura acontece sob o domínio do subconsciente, de forma automática, uma vez que o padrão elétrico foi ativado anteriormente (a sinapse foi reforçada). Entendemos que isso poderá ser ressaltado através do presente estudo, que tem como principal objetivo realizar a identificação de cinco processos de transferência manifestos na leitura de palavras, e que ainda não foram arrolados na literatura vigente e justificar a produção dos mesmos por meio da teoria conexionista. O trabalho mais completo na área dos processos de transferência do Português do Brasil (doravante, PB) para o inglês, sobretudo relevante para o delineamento do nosso objeto de estudo, é Zimmer (2003), onde são apontados nove

processos de transferência: simplificação de encontros consonantais resultando em epêntese; *schwa* paragógico; dessonorização terminal; mudança consonantal; não aspiração de plosivas surdas em posição inicial; deslaterização de líquidas laterais em posição de coda, vocalização das nasais finais; mudança vocálica e realização de consoante velar sonora seguindo a produção da nasal velar ŋ.

A partir dos fenômenos propostos por Zimmer (2003), percebemos outros processos não mencionados na literatura dos estudos linguísticos e que merecem atenção por parte de pesquisadores e professores da área de fonética e fonologia. São eles: 1) Apagamento de [h] no início de palavras começadas por <h>, como por exemplo, nas palavras: <*hilarious*>, <*humor*>, <*holocaust*>. 2) Escolha errada do fonema (para casos de grafema que representam mais de um fonema), por exemplo, em palavras como: *hygiene*, *hyper*. O aprendiz tende a pronunciar <y> como [i] ao invés de [aj], da mesma maneira como pronuncia em <higiene>, em PB, ou como pronuncia em *happy*, do inglês. Em palavras como <*character*> e <*charity*>, onde os grafemas <ch> correspondem a [k] e [tʃ] respectivamente, o aprendiz muitas vezes confunde e troca um por outro. 3) Pronúncia de letras mudas, por exemplo, em palavras como: <*know*>, <*gnome*>, <*mneumonic*> onde <k>, <g> e <m> deveriam ser mudos. Esses três processos mais gerais serão detalhados na seção 3, intitulada PROCESSOS DE TRANSFERÊNCIA, subseção 3.1.3.

Após consulta bibliográfica sobre o tema, notamos a ausência de estudos que expliquem os fenômenos que envolvem os segmentos [h] e [k] na produção de aprendizes do inglês, falantes de PB. A partir desta averiguação e, a partir da apresentação (no parágrafo anterior) dos três processos de forma abrangente, nós nos propomos analisar casos particulares em que eles ocorrem com vistas a preencher as lacunas vigentes: apagamento de [h] no início de palavras cognatas começadas por <h> (AH); apagamento de <h> no início de palavras começadas por <hy> seguido de substituição do ditongo [aj] pela vogal [i] (AHS); pronúncia de <h> no início de palavras começadas por <hy> seguido de substituição do ditongo [aj] pela vogal [i] (PHS); pronúncia de <k> com inserção da vogal [i] em palavras começadas por <kn> (PKCV); pronúncia de <k> sem inserção da vogal [i] em palavras começadas por <kn> (PKSV).

Ressaltamos que os fenômenos PKCV e PKSV são, na verdade, duas estratégias de um único processo, ao qual denominamos PK (pronúncia de <k>) e que AHS e PHS são duas estratégias do mesmo processo, para o qual empregamos o

acrônimo APHS (apagamento ou pronúncia de <h> e substituição do ditongo [aj] pela vogal [i]). No entanto, no corpo da tese, bem como no momento da apresentação e análises dos dados, nos referimos às estratégias PKCV, PKSV, AHS e PHS como sendo os processos propriamente ditos e não apenas estratégias. Assim fizemos para melhor compreensão do objeto de pesquisa e das análises desenvolvidas.

Em nossa proposta, o registro dos fenômenos se dará em uma pesquisa transversal, por meio da recodificação leitora de 30 palavras dispostas em quatro grupos: palavras de alta frequência e de baixa frequência, cognatas e não cognatas. Ressaltamos que fizemos uma sobreposição nos grupos de palavras quando das análises dos dados, assim, teremos: cognatas de alta frequência, cognatas de baixa frequência, não cognatas de alta frequência, não cognatas de baixa frequência. A partir dessas intersecções, desenvolvemos nossas considerações e inferências acerca da incidência dos processos na produção leitora dos alunos. Os participantes são estudantes, falantes nativos do português brasileiro, que cursam desde o primeiro semestre (nível básico) até o último (nível avançado) semestre de língua inglesa do Núcleo de Línguas Estrangeiras da UECE.

Complementando o estudo do objeto desta pesquisa, utilizamos a rede neural artificial (doravante RNA) de múltiplas camadas (*Multi-Layer Perceptron*, doravante MLP) para sua aplicação na confirmação e verificação da ocorrência de tais processos. O intuito é observar se os processos podem ser aprendidos, identificados e classificados, mediante treinamento da RNA, cuja alimentação advém do sinal de fala dos participantes da pesquisa. Mediante os resultados da RNA, desenvolveremos inferências acerca da aprendizagem de L2 coadunadas aos preceitos teóricos conexionistas.

Destarte, esta pesquisa é pertinente porque contempla processos ainda não identificados, categorizados e catalogados na área da fonética e fonologia com base na produção oral de palavras da língua inglesa por aprendizes falantes nativos de PB. Além disso, implementa uma aplicação mais eficaz da rede neural no que diz respeito à identificação dos processos de transferência, ou seja, a rede neural se utiliza das características do sinal de áudio dos alunos para identificar e classificar até mesmo os fenômenos que poderiam ser imperceptíveis aos transcritores.

Cabe salientar que no trabalho de Zimmer (2003), somente um dos nove fenômenos arrolados foi utilizado por suas redes neurais artificiais. Ou seja, o único fenômeno possível de ser analisado em Zimmer (2003) foi o processo 8: mudança

vocálica, os demais foram descartados. A autora descreve, em seu trabalho, o uso do programa LENS versão 2.6 para simular suas redes conexionistas *feedforward*, as quais foram denominadas G-F e FG-F. Não obstante, a contribuição da pesquisa é significativa para o campo dos estudos de aprendizagem de língua estrangeira sob a visão inovadora conexionista. Após esse trabalho, não temos conhecimento da publicação de outros estudos que tenham expandido a identificação de fenômenos de transferência, especialmente, através de simulações em redes neurais artificiais. A aplicação de RNA permite coadunar o seu conceito computacional com a concepção conexionista. Isso promoverá um aprofundamento da compreensão dos mecanismos cognitivos na aquisição de L2.

Outro trabalho que utilizou RNA foi a pesquisa de Silva A. C. C. (2010). Onde se aplicou rede de Kohonen, que são redes neurais artificiais auto-organizáveis, idealizadas no programa MatlabTM, para análise do conhecimento acentual em aprendizes brasileiros de língua inglesa. Gauthier (2009), igualmente, usou redes auto-organizáveis para verificar como crianças aprenderiam prosódia, focando a fala contínua. Também pode ser citado Capuano (2009), que realiza simulação computacional para medir o poder cognitivo da RNA modelo ART1, no momento da recuperação de informação de dados advindos de uma amostra de documentos. Esses trabalhos são descritos com maior detalhamento na seção 4, intitulada A REDE NEURAL ARTIFICIAL, subseção 4.1.1.2.

A partir da observação de trabalhos citados que utilizaram RNA, escolhemos a rede MLP. A razão da escolha deste modelo se deve ao fato de que as simulações são implementadas com vistas a permitir que o treinamento capacite a RNA para identificar a ocorrência e classificar os fenômenos a partir do sinal de voz do falante. A MLP é amplamente aplicada e com largo êxito em problemas de reconhecimento de padrões, como é o caso da nossa proposta. E isso se justifica porque na rede MLP *feedforward* “as informações fluem da entrada para a saída da rede, através das conexões sinápticas, de forma que as saídas da camada de entrada são totalmente conectadas às entradas da primeira camada intermediária” (BARBOSA, 2008, p.60) e assim prosseguem até ser alcançada a camada de saída. Essa configuração permite o processo de aprendizagem da rede de forma evolutiva conforme o aprendizado de um estudante que avança semestre após semestre.

Como nesta pesquisa a RNA será treinada com dados de voz onde já se tem o conhecimento da ocorrência ou não do processo de transferência, será aplicado o

aprendizado supervisionado (note-se que no aprendizado supervisionado são inseridos os padrões de dados na entrada em par com o dado que se deseja obter na saída). No aprendizado supervisionado a rede comporta-se como um aluno que desenvolverá sua aprendizagem de acordo com as orientações (entradas da rede e saída desejada) em sala de aula. Na linguagem da RNA, podemos traduzir a afirmação anterior dizendo que ocorrerá a distribuição de probabilidade dos modelos de entrada por meio dos neurônios da rede.

O treinamento de uma rede MLP utiliza um algoritmo de retro-propagação do erro. Assim, o erro apresentado na saída retorna em direção à entrada através das camadas ocultas, atualizando os parâmetros de todos os neurônios (*error back-propagation*) para ajustar os pesos sinápticos. Dessa maneira, se minimiza o erro entre saída da rede e saída desejada a partir de um conjunto de amostras durante os estágios de treinamento. Todo o processamento, ora descrito, é característico da RNA MLP tipo *feedforward* que permite que a rede aprenda e evolua. Vale ressaltar que este modelo aproxima-se do modelo conexionista também no que concerne a estrutura neuronal (vide Figura 11, seção 4.1.1.3), que se apresenta completamente ligada, fazendo analogia com o cérebro humano. Assunto que será abordado em seção mais adiante (vide A REDE NEURAL ARTIFICIAL-SEÇÃO 4).

Em suma, o presente trabalho propõe preencher as lacunas deixadas no registro dos processos de transferência e as lacunas existentes na aplicação da RNA. Foram utilizadas palavras-chave que correspondiam à área de linguística e à área de inteligência computacional, tanto em língua portuguesa quanto em língua inglesa, a fim de se verificar a existência de trabalhos que abordassem processos de transferência e a utilização de redes neurais artificiais para investigação dos mesmos. E, após uma busca exaustiva no Portal de Periódicos da Capes, na Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações, e no Google Acadêmico, não encontramos estudos que explicassem teoricamente os fenômenos que envolvem os segmentos [h] e [k] na produção de aprendizes, falantes de PB. Também foi feita uma busca por trabalhos que abordassem outras línguas, incluindo-se o Português Europeu. Mais comumente, encontramos manuais de fonética e fonologia do inglês para uso de professores em suas aulas, como os de Celce-Murcia (2010), Yavas (2006).

Ainda de acordo com nossa busca, encontramos trabalhos que exploram aquisição de L2 e os fenômenos cognitivos correspondentes aos nove processos

explicitados em: Zimmer *et al.* (2009), Zimmer (2003), Bauer (2010), Zimmer e Alves (2007), ou que usam outros modelos teóricos para explicar as transferências de conhecimento de L1 para L2, como Blank (2008), Camargo (2009), Martins (2005), Flege (1997), Flege (2001), Best (2001). Outro exemplo é a pesquisa de Kluge e Baptista (2008) que tratou da produção e percepção de sons de aprendizes de inglês como L2. Foram investigadas a produção e a percepção das nasais do inglês /m/ e /n/ em final de palavras, por um grupo de dez estudantes brasileiros em nível intermediário.

Notadamente, os fenômenos que permeiam [h] e [k] não foram explorados no campo dos processos de transferência, sobretudo nos contextos propostos nesta pesquisa. Igualmente, não há estudos que os investiguem sob o aparato da RNA e que tenham considerações a respeito das motivações cognitivas que permitem a realização de tais processos.

A pesquisadora deste estudo também percebeu a necessidade de se explorar os processos, ora mencionados, devido à recorrência dos mesmos nas produções de dezenas de alunos que, diariamente, matriculam-se em cursos de inglês. Nas aulas de língua inglesa que ministrava, em tópicos que abordavam pronúncia, a pesquisadora desta tese percebeu que muitos de seus alunos apresentavam uma produção distante do alvo proposto na língua estrangeira, o que provocava problemas com inteligibilidade e uma fala com sotaque. O arrefecimento do sotaque ainda é de interesse de muitos alunos que querem expressar-se de maneira mais próxima àquela do nativo. No caso de problemas com inteligibilidade, isso pode trazer dificuldades no ato da comunicação, provocando certo nível de precariedade no estabelecimento dos propósitos de fala.

Salientamos que esta pesquisa visa prestar auxílio ao aprendiz de língua inglesa na compreensão do sistema linguístico estrangeiro em seu aspecto grafo-fônico-fonológico. Esperamos que esta tese possa adentrar a sala de aula e favorecer o trabalho com os sons da língua inglesa - mais notadamente, os que representam desafios para os alunos em seu processo de aprendizagem -, como estes que são explicitados neste estudo. Nosso intuito é ainda trazer reflexões aos professores sobre os obstáculos enfrentados pelos alunos no que concerne à pronúncia/leitura em língua inglesa, e estimulá-los a discutir a respeito em suas práticas de ensino, permitindo que seus aprendizes sintam-se encorajados a superar tais obstáculos. Coadunado a isto, a partir da simulação realizada na RNA, acredita-se ser possível fazer inferências sobre o desenvolvimento da produção da fala no que diz respeito aos processos de transferência identificados, bem como

compreender como se comportam os fenômenos ao longo da aprendizagem da L2. Lembramos ainda que é apresentado um modelo de RNA como ferramenta de contribuição no campo da Linguística Aplicada, servindo para ampliação da discussão que abrange a teoria conexionista, a qual subjaz os princípios da rede aplicada.

Esta tese enquadra-se na linha 2 de pesquisa (Multilinguagem, Cognição e Interação) e está atrelada ao projeto intitulado “A Interação entre língua(gem), cognição e aprendizagem no desenvolvimento fonológico”, coordenado pelo orientador do presente trabalho, Prof. Dr. Wilson Júnior de Araújo Carvalho. A pesquisa também recebeu contribuições multidisciplinares da área de Engenharia, no estudo de Inteligência Computacional Aplicada, utilizadas nas simulações com RNA.

Para realização da pesquisa, pretende-se pôr em evidência alguns alvos, são eles:

Objetivo geral: Este estudo teve como objetivo geral identificar processos de transferência do Português do Brasil (PB) para o inglês língua estrangeira (L2) de estudantes brasileiros, considerando seu nível de proficiência e os dados fornecidos pela análise computacional de uma rede neural artificial.

Objetivos específicos:

- a) Verificar em que nível de proficiência os aprendizes realizam os processos AH, AHS, PHS, PKSV e PKCV;
- b) Verificar se as palavras de alta frequência e de baixa frequência influenciam de diferentes modos a realização dos processos AH, AHS, PHS, PKSV e PKCV nas produções dos alunos;
- c) Verificar se os fenômenos AH, AHS e PHS ocorrerão em palavras cognatas e não cognatas;
- d) Analisar as frequências dos formantes F1 e F2 para caracterizar os processos de transferência investigados, no intuito de codificá-los como entrada na RNA;
- e) Aplicar rede neural de forma que esta demonstre aprendizagem na identificação (ocorrência ou não do fenômeno) e classificação (qual fenômeno ocorreu) dos processos AH, AHS, PHS, PKSV e PKCV.

Consideramos oportuno também, enumerar, neste momento, as questões de pesquisa. Para que os objetivos sejam alcançados e, baseando-se na literatura que compõe este projeto de tese, elaboramos algumas questões. Iniciando com o questionamento central, indagamos que processos os aprendizes apresentarão em suas produções orais, por meio de leitura de palavras começadas por <h>, <hy> e <kn>, bem como, elencamos perguntas específicas, como as que seguem:

- a) Em quais níveis de proficiência os aprendizes realizam dos processos de transferência investigados?
- b) Como as palavras de alta frequência e de baixa frequência influenciam a realização dos processos AH, AHS, PHS, PKSV e PKCV nas produções dos alunos?
- c) Qual é a influência das palavras cognatas e não cognatas na realização dos fenômenos AH, AHS e PHS?
- d) De que maneira a descrição da frequência dos formantes F1 e F2 pode colaborar na caracterização dos processos de transferência investigados para a codificação dos mesmos na RNA?
- e) Como a rede neural artificial demonstrará aprendizagem necessária para classificação e identificação dos processos AH, AHS, PHS, PKSV e PKCV?

No que concerne às hipóteses aqui formuladas, destacamos que:

- a) Os participantes da pesquisa realizarão os processos de transferência em todos os semestres, apresentando menor incidência nos semestres S6 e S7.
- b) As palavras de baixa frequência contribuirão para a ocorrência dos processos AH, AHS, PHS, PKSV e PKCV nas produções dos alunos, o que não ocorrerá com as palavras de alta frequência.
- c) Os fenômenos AH, AHS e PHS ocorrerão somente em palavras cognatas, não sendo manifestos, portanto, em palavras não cognatas.
- d) A descrição da frequência dos formantes F1 e F2 poderá colaborar na caracterização dos processos de transferência investigados, para a codificação dos mesmos na RNA.

- e) A rede neural artificial, um modelo conexionista, quando treinada com informações sobre os processos de transferência, demonstrará aprendizado capaz de detectar detalhes sobre a ocorrência dos processos que seriam de difícil detecção humana.

Após apresentação desta seção introdutória (**SEÇÃO 1**), descrevemos as demais partes constituintes da tese.

Na seção **2 (A TEORIA CONEXIONISTA)**, são apresentadas as bases teóricas e a descrição dos princípios conexionistas, os quais são necessários para uma adequada abordagem dos mecanismos que subjazem a leitura e aprendizagem de L2. Na seção **3 (PROCESSOS DE TRANSFERÊNCIA)**, traçamos o percurso teórico, a partir do qual suscitaram as primeiras concepções acerca dos processos de transferência. Além disso, apresentamos os processos elencados em estudos vigentes, bem como os processos propostos na presente pesquisa. É também descrita a relação do conexionismo com a leitura de cognatos, uma vez que este tipo palavra também compõe o objeto de análise deste trabalho. Na seção **4 (A REDE NEURAL ARTIFICIAL)**, delineamos os elementos que constituem uma RNA, seus princípios gerais, além de apresentarmos a RNA utilizada neste estudo e sua aplicação, sob a ótica do referencial teórico adotado.

Na seção **5 (METODOLOGIA)**, apresentamos todos os estágios empregados para o desenvolvimento da pesquisa, tanto do estudo empírico quanto da simulação computacional: contexto de pesquisa, definição da amostra, materiais e equipamentos, instrumentos utilizados, projeto e configurações da RNA.

Na seção **6 (ESTUDO EMPÍRICO)**, apresentamos os dados da pesquisa e as análises desenvolvidas. Neste momento, submetemos os dados aos testes estatísticos da ANOVA, além disso, aplicamos o teste Tukey para verificação das relações entre os fenômenos nas turmas analisadas. Fizemos apresentação de resultados via tabelas, gráficos e retomamos cada uma das questões de pesquisa a fim de respondê-las, bem como os objetivos propostos, confrontando com a teoria conexionista. Ao final da seção, elaboramos nossas inferências à luz da teoria adotada.

Na seção **7 (SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL)** foram realizadas as simulações por meio de RNA. E foram descritas todas as especificações da rede, bem como o detalhado do seu treinamento. Os resultados foram apresentados através de gráficos de dispersão, quadros com informações acerca da RNA e tabelas onde são

demonstrados os desempenhos das redes para cada processo. Retomamos outro grupo de questões de pesquisa e os objetivos propostos remetendo-os à teoria adotada nesta pesquisa.

Na seção **8 (CONCLUSÃO)** apresentamos as conclusões do estudo, retomando os objetivos, as questões de pesquisa, tecendo inferências e apontando subsídios para o ensino de língua estrangeira. As hipóteses foram colocadas em pauta para corroboração ou negação (das mesmas) à luz da perspectiva conexionista. Além disso, a partir dos resultados obtidos, são apontadas as contribuições para a Linguística Aplicada, são elencados possíveis trabalhos que poderão utilizar-se desta tese como embasamento para outras aplicações, bem como é ressaltada a importância do prosseguimento do estudo de processos de transferência em pesquisas futuras.

2 A TEORIA CONEXIONISTA

Nesta seção, discorreremos sobre a teoria conexionista e a leitura em L2. Trazemos a literatura clássica, a partir da qual são lançados os fundamentos da teoria conexionista: Rumelhart (1998), MacClelland *et al.* (1986). Elman *et al.* (1997) aborda a aprendizagem concebida em termos da emergência da linguagem. Com Rogers (2014) temos um panorama do surgimento da ciência cognitiva e os preceitos conexionistas. Macwhinney (2001) ressalta a aquisição da língua materna e da língua estrangeira na concepção conexionista. Ainda destacamos Poersch (1999) e Broeder e Plunket (1994) que remontam questões sobre processamento da informação e diferenças da aprendizagem da linguagem respectivamente. Esses estudos norteiam a proposta da presente pesquisa e auxilia no delineamento do nosso objeto de estudo.

2.1 A TEORIA CONEXIONISTA E A LEITURA EM L2

O Conexionismo é a teoria adotada na condição de base para as explicações das operações cognitivas dos participantes da presente pesquisa, que acontecem pelas interações sinápticas no cérebro. É salutar apontar para o fato de que esta ciência cognitiva tem uma relação importante com o computador. Por meio dessa ferramenta tem sido possível expressar as teorias da atividade mental, bem como dispor de uma fonte de metáforas por meio da qual se passou a compreender e apreciar como as atividades mentais passam a surgir a partir de operações simples resultantes de seus elementos de processamento (RUMELHART, 1998). Reservamos a seção seguinte para o detalhamento de funcionamento do aparato conexionista para maior compreensão da dinâmica de seus elementos de processamento e dos seus princípios. Essa explanação servirá de auxílio para o aprofundamento dos preceitos conexionistas, os quais serão abordados e relacionados ao objeto de estudo desta pesquisa.

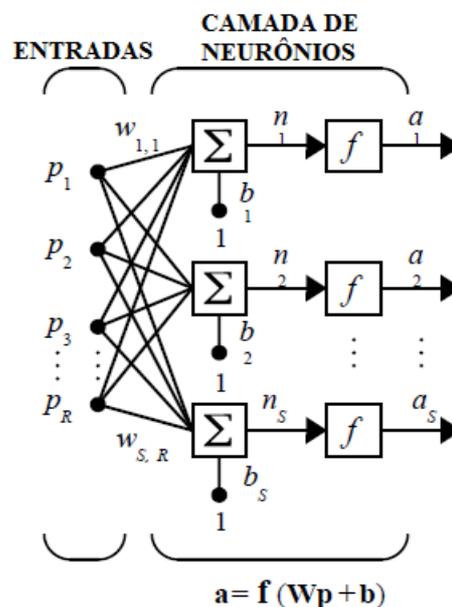
2.1.1 Os componentes do sistema conexionista

Há sete componentes principais em qualquer sistema conexionista, ou sistema de processamento distribuído em paralelo (doravante PDP), são eles: um conjunto de unidades de processamento (neurônios); um estado de ativação definido para as unidades de processamento; função de saída para cada unidade; um padrão de conectividade entre as unidades (sinapse); uma regra de ativação para a combinação das entradas que colide com uma unidade no seu estado atual para produzir um novo nível de ativação para a

unidade (função de treinamento); uma regra de aprendizagem pela qual os padrões de conectividade são modificados pela experiência (função de treinamento) e um ambiente em que o sistema tem que operar. Ou seja, a rede aprende a partir de exposição a itens de seu ambiente, e segue ajustando pesos de suas conexões com base em sinais de recompensa ou de erro de ativação.

Na Figura 1 é demonstrado um modelo de processamento distribuído em paralelo para R elementos de entrada e S neurônios.

Figura 1 - Modelo de processamento distribuído em paralelo-PDP



Fonte: Adaptada de Demuth, Beale e Hagan (2010).

Da Figura 1, o conjunto de unidades de processamento (neurônios) recebe conexões do vetor de entrada p através dos pesos w , que determina a intensidade do efeito do sinal de entrada sobre a unidade processadora. Cada unidade de processamento, em paralelo, reúne suas entradas p ponderadas pelos pesos w e um valor de desvio b - usado para aumentar o grau de liberdade e promover melhor adaptação - para formar a seu próprio valor de ativação escalar n . Esse valor de ativação é passado através da função f para produzir um valor de saída a . Esse valor de saída pode ainda ser passado para outras unidades do sistema, quando ocorrer uma próxima camada de neurônios. Todas as entradas devem ser combinadas em cada unidade de processamento (neurônio), e juntamente com o seu valor de ativação atual determinará seus novos valores de ativação através de uma função de treinamento e de uma regra de aprendizagem. Os

pesos podem sofrer alteração em função da experiência, logo, o sistema é flexível uma vez que os padrões de interconexões variam suas performances.

A partir da estrutura apresentada na Figura 1, podemos vislumbrar que as operações neurais e suas interconexões sinápticas são dispostas à semelhança do aporte cerebral. Todavia, reforçamos que os modelos de PDP não são formulados para um único nível de neurônio, mas para capturarem aspectos fundamentais de todo o processamento neural de forma simplificada, sempre com foco em abstrair muitos detalhes dos sistemas neurais reais (ROGERS, 2014). Com um pequeno número de unidades (dezenas de milhares), o sistema modera os tipos de estados informativos que possam existir em populações muito maiores (até dezenas de milhares de milhões) de neurônios reais (MACCLELLAND *et al.*, 1986).

Assim, um fator preponderante no desenvolvimento do PDP foi a exploração da possibilidade de que as características de capacidades cognitivas humanas (todas as quais representam desafios para a visão de que a mente é uma máquina de processamento de símbolo discreto como um computador série digital) podem ser abordadas por meio de investigações das capacidades computacionais de sistemas não inspirados pelo computador digital, mas pelas características dos sistemas neurais (ROGERS, 2014).

A arquitetura conexionista é baseada em análises de como o cérebro pode funcionar. O novo direcionamento proporciona um modelo geral e abstrato da contextura computacional do cérebro, com o objetivo de desenvolverem-se algoritmos e procedimentos apropriados para esta arquitetura conexionista. A partir de então, torna-se possível realizar simulações em um computador e explorá-las como hipóteses acerca da natureza do sistema de processamento da informação humana.

Conexionistas como Rumelhart (1989), MacClelland *et al.* (1986) e MacClelland (1986) vão além e propõem substituir a metáfora do computador pela metáfora do cérebro. Através de dados resultantes de análises do funcionamento cerebral, os estudos conexionistas formulam questionamentos sobre a arquitetura do cérebro e como esta pode ajudar no desenvolvimento de algoritmos que subjazem a inteligência biológica e a vida mental humana. A estratégia principal da abordagem conexionista é tomar como unidade fundamental de processamento algo próximo a um neurônio abstrato (RUMELHART, 1998).

Nessa perspectiva, neurônios comportam-se como processadores relativamente simples que mapeiam informações de muitas fontes diferentes, proporcionando um mecanismo potencial para a compreensão de comportamentos que podem ser modelados por muitas restrições simultaneamente. Eles (os neurônios) apresentam operação em paralelo, permeados por forte interligação entre si (pelas sinapses), de modo que posicionamentos complexos de neurônios podem fazer com que estes se limitem mutuamente conforme a necessidade de resposta esperada, a saber: efeitos de contexto, e sensibilidade à estrutura e conteúdo.

A excitação de grandes populações de neurônios individuais e a variação da intensidade das conexões sinápticas entre eles proporcionam respostas neurais a contento. A fluidez da atividade de um sistema neural é determinada pelas sinapses que conectam os neurônios. Assim, havendo alterações destas conexões, há sempre um mecanismo candidato para a compreensão de aprendizagem e a mudança no seu desenvolvimento, caso necessário.

Em termos práticos computacionais, imagina-se que a computação é realizada por meio de interações simples entre essas unidades neuronais. Basicamente, a ideia é que esses elementos de processamento comuniquem pelo envio de números ao longo das linhas que os conectam. Este fornecimento numérico possibilita a previsão de algumas restrições importantes sobre os tipos de algoritmos que podem subjazer a mente humana (RUMELHART, 1998).

Após a apresentação dos componentes que compõem a estrutura PDP e como eles funcionam nas simulações conexionistas, serão apresentados, na seção seguinte, os princípios que têm norteado o desenvolvimento da teoria conexionista e que têm servido de instrumento para as simulações que tentam mapear os aspectos dos processos neurais detalhadamente.

2.1.2 Os princípios conexionistas

Um dos princípios que norteia a teoria conexionista é a propagação de ativação entre as unidades. Isto é, no processamento cognitivo, a propagação de ativação ocorre por meio de conexões ponderadas em uma rede neural. Ou seja, todos os comportamentos cognitivos, em última análise, surgem do mesmo processo subjacente. Este pode ser descrito como sendo o ajuste de unidades que tomam seus estados atuais de

ativação de acordo com a soma ponderada de seus pesos e, juntamente com o seu valor de ativação atual, determinam seus novos valores de ativação através de determinada função F . Esta ativação acontece de forma bidirecional, o que nos remete ao segundo princípio da estrutura PDP, o processo é interativo. Em outras palavras, se uma unidade **A** envia uma conexão para uma unidade **B**, esta enviará uma conexão de volta para **A**, direta ou indiretamente. Isso implica dizer que a transformação de um dado de entrada não se finaliza em um único passo, mas, evolui para outras camadas de unidades até a saída (ROGERS, 2014).

O terceiro princípio afirma que representações ativas são padrões de ativação distribuídos sobre conjuntos de unidades. Isso significa que qualquer coisa que incita a atividade de um órgão (seja uma percepção visual, auditiva, etc) é tomada para ser representada como um padrão de ativação distribuído ao longo de muitos neurônios em várias áreas diferentes do cérebro, e, cada neurônio é planejado para participar na representação de inúmeros itens diferentes. Além disso, a distribuição da informação acontece de forma paralela (POERSCH, 2005) e com armazenagem desta nas redes neurais através da frequência de apresentação do dado linguístico. Assim, o cérebro seria como “um processador distribuído em paralelo formado de unidades simples, o qual possui uma propensão natural para estocar experiência de conhecimento e fazê-lo disponível para uso.” (HAYKIN, 2001, p.24).

O quarto princípio deriva do fato de que o conhecimento é armazenado nos pesos da rede e a aprendizagem decorre da mudança dos mesmos. Assim sendo, a aprendizagem implica em um reforço sináptico, o qual promove reajustes nas redes neuronais que compõe o cérebro. Aprender significa um ajuste sináptico quando do processamento da informação e é resultado de delicadas mudanças entre os neurônios (onde se encontram as sinapses). Ou seja, podemos dizer que aprender, de fato, ocorre quando é chegada uma informação, a qual é alocada junto a um conhecimento já existente e provoca o surgimento de uma nova conexão interneuronal (POERSCH, 1999). A construção do conhecimento linguístico, por exemplo, acontece por meio do processo ora descrito, porém, não é algo repentino. O cérebro absorve informação advinda de trocas do indivíduo com o ambiente, onde se encontram outros falantes, os quais fornecem dados de natureza fonológica, sintática, semântica (ZIMMER, 2003). Assim,

O desenvolvimento da percepção e produção da fala, à luz desse novo paradigma, é visto como um processo de integração entre o conhecimento fonético-fonológico da língua já codificado em conexões neuronais - que vão sendo ativadas à medida que a

criança ouve/e ou fala - e o conhecimento de novos fonemas, codificado através da alteração na força das sinapses. (ZIMMER, 2003, p.22).

O quinto princípio assevera que a aprendizagem depende da estrutura estatística do ambiente e da frequência. Em outras palavras, aprendizagem se efetiva a partir dos padrões de ativação que surgem dentro de redes neurais e dos padrões de erros ou expectativas violados. Tais ativações são geradas na experiência diária. Assim, fenômenos cognitivos dependem da natureza da estrutura estatística presente na experiência do dia a dia e como esta estrutura é explorada pela aprendizagem em sistemas de PDP. A teoria ainda sugere que a frequência de exposição do *input* o torna um elemento rico e suficiente para estabelecer as regularidades do sistema e direciona a aprendizagem e a generalização espontânea a partir de experiências iniciais. São essas experiências de cada indivíduo que justificam as diferenças na aprendizagem e aquisição da linguagem (BROEDER; PLUNKETT, 1994).

No referido paradigma é inexistente a percepção de que processos mentais possam ser estudados sem levar em conta seu suporte físico e o ambiente onde se estabelece o sistema em que eles ocorrem. Assim, adota-se a compreensão de que processos mentais subjazem processamentos simultâneos da informação.

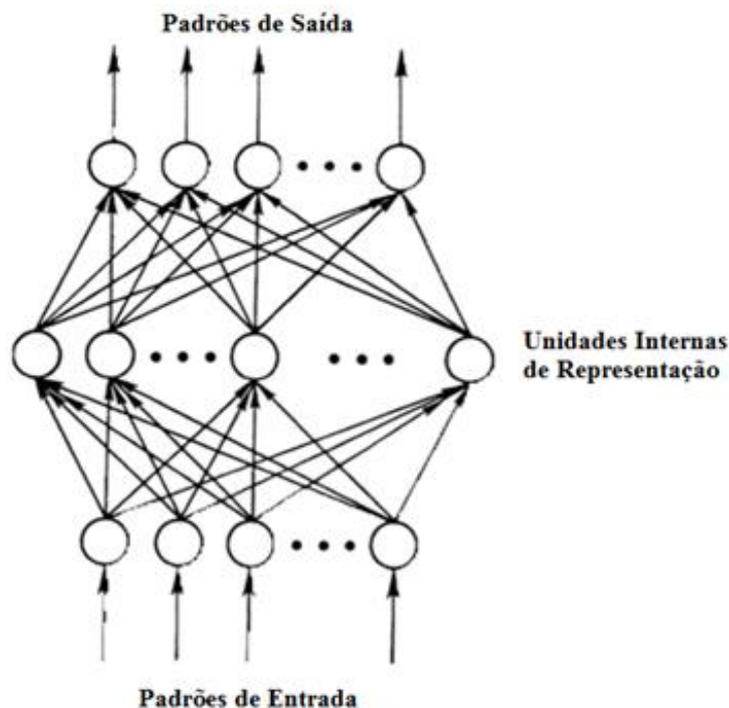
É importante ressaltar que se faz necessário descrever com clareza como é representada a ideia do ambiente no conexionismo. A compreensão de ambiente é abstrata e posta como uma função estocástica variando no tempo sobre o espaço de padrões de entrada. Ou seja, os conexionistas imaginam que em qualquer ponto no tempo, há alguma probabilidade de qualquer um dos possíveis conjuntos de padrões de entrada coincidir com as unidades de entrada.

Esta função de probabilidade pode, em geral, depender da história de entradas para o sistema, bem como das saídas do sistema. Porém, na prática, a maioria dos modelos conexionistas envolve uma caracterização muito mais simples do que seja o ambiente. Tipicamente, este é caracterizado por uma distribuição de probabilidade estável ao longo do conjunto de padrões de entrada possíveis, independente de entradas passadas e de respostas passadas do sistema (RUMELHART, 1998). Para uma melhor compreensão da ideia de ambiente na teoria conexionista, esta argumentação será retomada na seção que trata de rede neural artificial e a Figura 7 (seção 4.1.1) poderá auxiliar em complementação a este entendimento.

No sexto princípio apregoa-se que a aprendizagem é contínua e intrinsecamente variável. No caso da aprendizagem da língua materna (L1) e a da língua estrangeira (L2), a concepção conexionista a estuda como um processo construtivo e guiado por dados (MACWHINNEY, 2001), ou seja, é de interesse conexionista tomar conhecimento da natureza dos mecanismos cognitivos que subjazem à aprendizagem dos processos fonológicos, semânticos e sintáticos. Entendendo-se a aprendizagem de L2 como “cronologia da aprendizagem de qualquer língua adquirida depois da materna” (STERN, 1983, p. 12).

O sétimo princípio configura-se como a capacidade de generalização espontânea, isto é, a capacidade de fazer generalizações usando como apoio experiências anteriores. Tal assertiva justifica as diferenças entre cada indivíduo e a performance destes no que concerne ao desenvolvimento cognitivo e a execução de atividades como a leitura (BROEDER; PLUNKETT, 1994). Para ilustrar esse fundamento conexionista de aprendizagem e generalização espontânea usaremos a Figura 2, a qual representa uma simulação conexionista.

Figura 2 - Rede neural multicamada: padrões de entrada registrados por representações internas



Fonte: Rumelhart (1998).

A Figura 2 representa uma simulação conexionista que é constituída basicamente de um conjunto de entradas, um conjunto de camadas escondidas e um conjunto de saídas. Tomando como base a Figura 2, vamos ter em mente algumas

simulações já realizadas que abrangeram aquisição da linguagem: a aquisição do passado dos verbos do inglês (RUMELHART; MCCLELLAND, 1986), a aquisição da fonologia (JOANISSE, 2000), a leitura em voz alta na língua inglesa (SEIDENBERG; MCCLELLAND, 1989; HARM; SEIDENBERG, 1999), a aquisição da forma passiva do português do Brasil (PB) e do inglês (GABRIEL, 2001), etc. Em todas essas simulações foram empregadas camadas escondidas. Descrevendo, simplificada, o aprendizado e a generalização espontânea, temos que: são fornecidos padrões de dados para a entrada da rede, os quais são mapeados pelas camadas escondidas. Se tivermos as conexões certas das unidades de entrada para um largo conjunto de unidades escondidas, será sempre possível dispor de uma representação que irá realizar qualquer mapeamento da entrada para a saída.

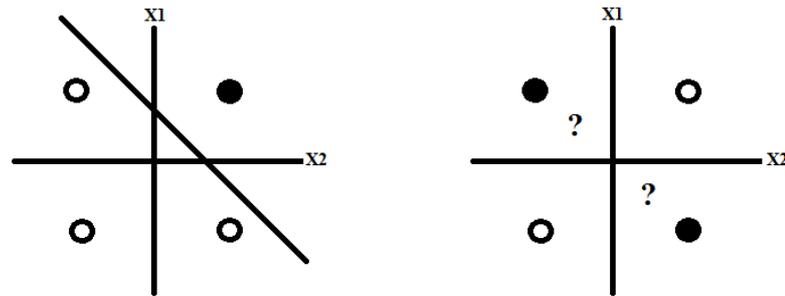
Kröse e Smagt (1996) asseveram, inspirados nos estudos de Minsky e Papert (1969), que simulações sem camadas escondidas apresentam potencial de representação de grandeza linear. O que significa ter uma estrutura que não tem capacidade de resolver problemas mais complexos. Este modelo linear não é de interesse para nosso estudo, a informação, ora posta, se presta a comparar com o modelo não linear. Neste último, há inserção de uma camada de predicados que são ligados a todas as entradas, o que pode aumentar a ordem no espaço de simulação conexionista, ou seja, a estrutura de múltiplas camadas é capaz de resolver problemas complexos, incluindo-se o problema proposto em nossa pesquisa: identificar e classificar processos de transferência.

Como exemplo do que foi dito, considera-se o que é apresentado na Figura 3, onde há a representação geométrica de um espaço de dados. Mostramos a representação geométrica de discriminação do espaço de entrada por sistema conexionista. Assim, temos que: em a) a discriminação é através de representação linear; e em b) a discriminação é através de representação não linear (KRÖSE; SMAGT, 1996).

A proposta é que o sistema conexionista possa discriminar os dois grupos (ou seja, separar os pontos negros dos pontos brancos no espaço de busca). Um sistema conexionista simulado sem camadas escondidas pode discriminar espaços somente de forma linear. É o que se pode ver na parte 'a' da Figura 3. Em relação à parte 'b' da Figura 3, uma única reta não seria solução para a discriminação proposta, sendo exigida uma resposta geométrica mais complexa. Um sistema conexionista com camada escondida, que pode responder a sistemas não lineares, é utilizado para obtenção de uma resposta a contento. A camada escondida finda por dar uma ordem maior às respostas do

sistema conexionista. Para nossa pesquisa é essencial uma rede neural com camadas escondidas para que possamos obter respostas de grande complexidade, no caso, a identificação e classificação de processos de transferência que, numa estrutura sem camada escondida não seria factível.

Figura 3 - Representação geométrica de discriminação do espaço de entrada por sistema conexionista.



Fonte: Adaptada de Kröse e Smagt (1996).

Finalizada a exposição dos princípios da estrutura PDP, vale complementar que através de simulações em redes conexionistas, demonstrou-se que a fala, expressa em unidades básicas, pode ser aprendida através da exposição ao *input* acústico (ZIMMER, 2003). Ou seja, a junção entre os sistemas auditivo e articatório na percepção da fala desemboca na concomitância do espaço acústico com a linguagem ambiente. Assim, o destaque nesta teoria é a “emergência de fenômenos cognitivos complexos – como a linguagem – originados no nível atômico por unidades simples” (ZIMMER, 2003, p.12). O sentido se delinea a partir de complexos modelos de atividades entre os neurônios, cuja importância repousa na formação do aprendizado e da memória.

Além disso, as simulações conexionistas concentram-se em: (a) verificar se o *input* linguístico é rico o suficiente em informações para fornecer apoio à representação de regularidades que norteiam os seres humanos na aprendizagem da linguagem; b) questionar a importância dos preceitos simbólicos explícitos como elementos estruturais do sistema de aprendizagem linguística (ZIMMER, 2003). Segundo os pesquisadores conexionistas, os modelos e simulações extremamente simples são uma tentativa de “capturar o conjunto de princípios sobre a natureza da aprendizagem e do processamento no sistema cognitivo humano” (ZIMMER, 2003, p.11). No entanto, como postula Poersch (2005):

As técnicas de simulação conexionista colaboraram para compreender melhor a maneira como as funções mentais são adquiridas, armazenadas e, em certos casos, perdidas. Os modelos conexionistas baseiam-se num processamento distribuído em paralelo (PDP). Apesar de suas evidentes e valiosas contribuições, o conexionismo está longe de apresentar uma solução definitiva para todos os problemas da

cognição. Somos da opinião de que esse paradigma corresponde mais a uma força explicativa do que corresponde a uma simulação perfeita dos verdadeiros processos cerebrais. (POERSCH, 2005, p.163).

Ainda segundo o autor, o conexionismo evoluiu em seus preceitos nas últimas décadas e tornou-se não somente um método adicional, mas uma alternativa de modelo de pensamento. Baseado em uma linha neural, o conexionismo explicita que o cérebro constitui-se de largo número de processadores simples, os neurônios, que são densamente interconectados formando uma rede complexa (POERSCH, 2005). Como mencionado anteriormente, essa rede estabelece a base da memória e do aprendizado através do ajuste dos pesos sinápticos e do armazenamento (ZIMMER, 2003). Afirma-se que “o significado se forma a partir de complexos padrões de atividades entre os neurônios, que são responsáveis, em última instância, pela formação do aprendizado e da memória” (ZIMMER, 2003, p.12).

Para encerrarmos a exposição dos preceitos conexionistas, afirmamos que o objetivo precípuo da investigação dessa teoria na aquisição da linguagem é examinar a natureza dos mecanismos cognitivos que subjazem à aprendizagem dos processos fonológicos, semânticos e sintáticos (ZIMMER, 2003) privilegiando o estudo do desenvolvimento no processo de aquisição da linguagem (ELLIS, 1999). Nota-se que a aprendizagem é concebida nos termos da emergência da linguagem (ELMAN *et al.*, 1997; MACWHINNEY, 2002), demonstrando a importância do ambiente na aprendizagem da linguagem e da interação entre o aparato cognitivo, a regularidade e a frequência do estímulo linguístico.

Finalizada a exposição dos princípios conexionistas, segue-se para a próxima seção, onde apontaremos a relação dessa teoria com a questão da leitura de palavras.

2.1.3 Recodificação leitora

Quanto às questões que permeiam a leitura em língua materna (L1) e em língua estrangeira (L2), eclodem indagações com respeito à existência ou não de dois sistemas linguísticos diferentes funcionando simultaneamente durante a leitura em língua estrangeira. Ou talvez a implementação de estratégias de processamento utilizadas para a leitura nas duas línguas: materna e estrangeira. Mesmo diante de questões tão complexas, estudos sobre a leitura em língua estrangeira normalmente são alocadas em um segundo

plano. Isso acontece porque esta atividade talvez seja vista como um elemento sem tanta importância e que é proveniente da leitura em língua materna.

Para nossa pesquisa, no entanto, acredita-se que a leitura imprime a junção de diferentes elementos psicolinguísticos e fatores outros – a serem explicitados a seguir, como em Kato (1995), Alderson (1984) – que tornam a leitura L2 uma atividade com características próprias que merecem um olhar mais atento. E sob a percepção do conexionismo, afirma-se que

o mecanismo da leitura se realiza através da ativação de um padrão elétrico advindo de uma sinapse anteriormente formada, possibilitando ao leitor o reconhecimento da palavra [...] para essa teoria, o processamento da informação está atrelado a fatores como o grau de experiência do sujeito com o idioma e o perfil biológico no aparato cognitivo de cada um. (ROCHA, 2012, p.33).

Estudiosos como Kato (1995), defendem que seu desenvolvimento é um processo de integração entre conhecimento dado (armazenado em esquemas) e conhecimento novo (depreendido do texto). E na ótica do conexionismo, corresponde ao “reforço de conexões já existentes – que são ativadas à medida que o leitor lê – e à construção de novas conexões, que codificam o conhecimento novo. Dessa forma, em uma concepção de aprendizagem de cunho conexionista, o conhecimento prévio já adquirido possui caráter fundamental” (ZIMMER, 2006, p.106) entendendo-se que todo o dado novo é inserido a algum conhecimento já existente, ocorrendo, ao mesmo tempo, instituição de novas conexões interneuronais e reajustes em redes já previamente estabelecidas.

Destarte, conforme Zimmer (2003), a aprendizagem aduz uma dependência do *input* bem como do conhecimento prévio, que constitui informações tanto de caráter linguístico como não linguístico.

De acordo com as reflexões feitas acima, entende-se que alguns elementos interferem na leitura em L2, como por exemplo, diferenças relativas ao conhecimento prévio – linguístico e enciclopédico – de cada indivíduo; diferenças no modo como se processam os fenômenos de transferência de conhecimento de L1 para L2 em seus aspectos ortográficos, fonológicos, morfossintáticos, etc; e diferenças de âmbito social, onde as práticas de leitura se desenvolvem de maneira bastante diversificada (ZIMMER, 2003).

Pesquisadores tentaram trabalhar tais questões, começando por ALDERSON, (1984), que indagou se a leitura em L2 apresentava problemas mais próximos ao escopo

da leitura ou mais próximos ao escopo da língua. Ele mesmo responde dizendo que “fica cada vez mais evidente que a leitura em L2 é um problema de língua para os níveis mais básicos de competência linguística na língua estrangeira” (ALDERSON, 1984, p.24). Zimmer (2003) afirma que o processamento da linguagem na manifestação da transferência de conhecimento é o fator que mais influencia na leitura em L2 (a transferência de conhecimento é explicitada na seção 3).

Outros estudiosos apoiaram-se no questionamento de Alderson (1984) e formularam suas hipóteses, como Bernhardt e Kamil (1995) que afirmaram ser necessário desenvolver certo nível de competência linguística para aprender a ler em L2 (Hipótese do Limiar Linguístico). Outra hipótese que também vigorou chama-se Hipótese da Interdependência Linguística, momento em que se afirmou haver um compartilhamento de desempenho entre L1 e L2, ou seja, uma vez adquirida a habilidade de leitura em L1, esta seria transferida para L2.

Após muitas reflexões a respeito da leitura em L2, o modo de conceber essa atividade voltou-se para uma compreensão cognitiva que envolve subáreas de habilidade automática de reconhecimento de palavras (sendo esta a habilidade que interessa para nosso trabalho), conhecimento estrutural e de vocabulário, conhecimento de mundo, capacidade de síntese e avaliação, conhecimento metacognitivo, entre outros (GRABE, 1991). Essas habilidades, quando aplicadas na prática de leitura de L1, demandam pouca capacidade de processamento no leitor que demonstra fluência em sua língua materna. No entanto, utilizadas na leitura de L2, essas habilidades exigem mais do leitor e levam mais tempo para serem automatizadas (KODA, 1992; HARRINGTON; SAWYER, 1992).

Esses processos cognitivos que subjazem a leitura continuam na pauta das investigações psicolinguísticas e permitem outras abordagens teóricas, como as três estratégias mencionadas a seguir, utilizadas por cada leitor: a estratégia ascendente (*bottom-up*); a estratégia descendente (*top-down*) e a estratégia integradora (CHUN, 1996).

Na primeira, o significado da informação está contido no texto, ou seja, o leitor se apoia no reconhecimento das letras, sílabas e palavras para construção de sentido. Na segunda, é dada ênfase na interpretação e conhecimento prévio do leitor, isto é, o texto é lido para confirmar as pressuposições presentes na mente do leitor. E a terceira é a interação entre as duas primeiras, quando as diversas ferramentas se

completam para promover uma leitura hábil, em outras palavras, os processos cognitivos descendentes e ascendentes interagem.

Lembramos que o presente trabalho não abordará a compreensão de textos, mas vai focar somente a leitura de palavras, onde se insere a estratégia de leitura *bottom-up*. No entanto, consideramos salutar reportar as três estratégias para que seja mais completo o panorama – e a compreensão – do desenvolvimento dos estudos da leitura, apreciada sob o conjunto de processos cognitivos.

Importante frisar também que existem muitos questionamentos ainda não respondidos quanto à leitura em L2, especialmente se essa L2 é a língua inglesa, que é considerada uma das línguas com menos transparência no mapeamento grafema-fonema. Essa característica implica no surgimento de dificuldades enfrentadas pelos aprendizes no momento da leitura, como diz Goswami (1999, p. 61), a leitura em língua inglesa “implica uma luta constante contra a inconsistência e a irregularidade”. Zimmer (2003) amplia os argumentos sobre essa relação grafema-fonema indagando que:

As teorias psicolinguísticas de leitura de palavras explicam de diferentes formas o mapeamento grafema-fonema durante a recodificação leitora, com vistas a responder à seguinte questão: a habilidade do leitor em explorar a consistência grafema-fonema – gerando uma pronúncia plausível para sequências desconhecidas de letras – é melhor explicada em termos do conhecimento de regras abstratas ou pela exploração da estrutura estatística da linguagem? É necessário que se postule diferentes mecanismos para lidar com um domínio de estrutura semi-sistemática como aquela presente no mapeamento grafo-fonêmico de palavras? (ZIMMER, 2003, p.36).

Tentando responder a essas perguntas, a abordagem conexionista, teoria na qual nos apoiaremos, é entendida como teoria sublevada para justificar de que maneira a informação linguística será assimilada e produzida pelos aprendizes nos diferentes níveis de proficiência, como serão acionadas as generalizações espontâneas na leitura de diferentes vocábulos e as implicações da frequência de apresentação do *input*.

O Conexionismo – linha teórica na qual “a computação toma a forma de interações cooperativas e competitivas entre um grande número de unidades simples de processamento semelhantes aos neurônios” (ZIMMER, 2003, p.38) – pode explicar os possíveis fenômenos que figurarão na produção dos sujeitos investigados.

Com base nisso, buscamos justificar a presença de processos de transferência no que concerne à realização dos sons consonantais [h] e [k] (sendo o primeiro em início de palavra e o segundo, representado pelo grafema <k>, em início de palavra seguido de

nasal [n]) e como se estabeleceu a relação entre a produção correspondente ao alvo de L2 e a frequência com que o aprendiz é exposto ao *input*.

2.2 RESUMO

Finalizamos esta seção ressaltando que, no que tange à revisão da literatura da teoria conexionista, fizemos um levantamento dos seus princípios e os inserimos na perspectiva da leitura em língua estrangeira, fazendo uma relação direta com nosso objeto de pesquisa. Demos destaque ao processamento da linguagem nas produções de cognatos, e também focamos a aprendizagem de L2 como sendo resultado do entrelaçamento de diversas informações – auditivas, motoras, articulatórias – existentes no ambiente e que confluem para o aparato cognitivo humano.

Os principais pontos que constituem a presente seção são: a relação da teoria conexionista com a leitura em L2; os componentes básicos que compõem o sistema conexionista, os quais possibilitam as simulações desta pesquisa; tratamos ainda do detalhamento dos princípios conexionistas e, por fim, da recodificação leitora, que foi o mecanismo utilizado para a construção do objeto de pesquisa.

A seguir, discorreremos sobre os processos de transferência e a relação dos mesmos com a base teórica ora explicitada, pois o conexionismo postula que na aquisição de uma L2 verificam-se traços de uma L1 (GASSER, 1990; JENKINS, 2001).

3 PROCESSOS DE TRANSFERÊNCIA

Nesta seção abordamos os processos de transferência de L1 para L2, apresentando o percurso teórico por que passou a compreensão dos fenômenos que envolvem transferência de conhecimento. Para isso utilizamos os estudos de Fries (1945) e Lado (1957), de Selinker (1972), Weinreich (1953), Dulay e Burt (1974) e também pesquisas de Larsen-Freeman (1991). Prosseguimos com nossa fundamentação traçando um panorama de classificações dos processos, apresentando trabalhos de Salazar (2006), Chaplin Krawiec (1984), Bichlery Snowman (1992), Wittig (1991) e Schunk (1997). No âmbito das classificações, damos destaque aos tipos de transferência: fonético-fonológico e grafo-fônico-fonológico, que constam em trabalhos como Zimmer *et al.* (2009), Bauer (2010), Zimmer (2003) e é o tipo adotado por nossa pesquisa. E finalizamos esta seção apresentando os processos propostos pela pesquisadora, autora desta tese, ressaltando as características dos mesmos dentro do contexto fonotático das duas línguas em questão: português e inglês.

3.1 PROCESSOS DE TRANSFERÊNCIA: O PERCURSO TEÓRICO

Para maior aprofundamento do termo “processo de transferência”, delineamos a trajetória histórica porque passou a compreensão dos fenômenos manifestos em produções de aprendizes, quando da aquisição de L2, até as abordagens atuais.

Deste modo, algumas teorias empenharam-se em explicar as trajetórias percorridas por aprendizes na aquisição de segunda língua (L2). Dentre os trabalhos nesta área, destacam-se a Hipótese da Análise Contrastiva (FRIES, 1945; LADO, 1957) que postula que as semelhanças entre L1 (língua materna) e L2 (língua estrangeira) são inseridas facilmente no momento da aprendizagem de L2, ao passo que as diferenças suscitam dificuldades. Nessa perspectiva contrastiva, é possível determinar as diferenças e as semelhanças entre L1 e L2 e prever quais problemas o aprendiz pode enfrentar no processo de aquisição de L2 (GARGALLO, 1993).

A visão contrastiva, também defendida por Vandresen (1988), tinha como seu objetivo precípua construir uma gramática que hierarquizasse as correspondências dos diferentes níveis gramaticais entre língua materna (L1) e língua estrangeira (L2). Sua finalidade era classificar as dificuldades no aprendizado e as possibilidades de interferência. Os estudos realizados dentro dessa visão contrastiva são de cunho estruturalista e behaviorista, pois a teoria caracteriza-se por destacar semelhanças e

diferenças entre dois sistemas linguísticos – nos níveis fonológico, morfológico e sintático –, elencando prováveis erros que o aprendiz possa cometer, bem como acertos frente a estruturas mais simples de serem adquiridas. Nesse sentido, a facilidade e/ou a dificuldade na aquisição de uma L2 reside no grau de diferenças/semelhanças pertencentes à L1 em relação à L2, e tais diferenças são denominadas de pontos críticos na Análise Contrastiva (FIALHO, 2005).

Algumas críticas a essa abordagem foram esboçadas por Vandresen (1998), que afirma que nem todos os erros do aprendiz são ocasionados pelas interferências da língua materna (L1) sobre a língua estrangeira (L2). Para ele, os erros advêm, muitas vezes, da própria estrutura intralinguística da L2. Como por exemplo: quando o aprendiz não consegue identificar se um verbo no passado da língua inglesa é regular ou irregular, ele vai tender a inserir a estrutura - ed - no final de todos os verbos, sem atentar para os inúmeros casos da forma irregular que possuem estrutura distinta (FIALHO, 2005).

Outra crítica apontada à época foi a falha nas previsões de erros muitas vezes não confirmados ou, quando estes surgiam, logo eram superados, sem causar grande problemas à aprendizagem da L2. Acrescenta-se a isso o fato da abordagem contrastiva não proporcionar o desenvolvimento da comunicação entre os aprendizes em sala de aula, pois o foco era destacar os erros e corrigi-los.

Apesar das críticas, a Análise Contrastiva proporcionou contribuições no âmbito do ensino de língua estrangeira. Segundo Vandresen (1998), sob a perspectiva audiolingual: a) a comparação da L1 com a L2 auxiliou na preparação de cursos de língua estrangeira; b) a comparação permitiu a construção de hipóteses acerca de pontos críticos específicos na aprendizagem de L2 e acerca de possíveis erros a serem cometidos; c) a comparação orientou a confecção de livros didáticos e disciplinas, levando em consideração o que seria mais fácil e mais difícil para o aluno quando do trato com os dois sistemas (L1 e L2); d) a comparação permitiu ao professor a identificação de problemas e suas causas, e a buscar estratégias para superação dos mesmos.

A Análise Contrastiva foi reformulada com o intuito de auxiliar no reparo de erros que figuravam na aprendizagem de uma L2. Agora denominada de Análise de Erros (Versão Fraca), apodera-se de um *corpus* produzido por aprendizes como base para suas postulações. O veículo do *corpus* são gravações e/ou textos através dos quais o professor pode: apontar e classificar erros, determinar a frequência dos mesmos; elencar possíveis causas de acordo com a tipologia; definir se são erros sistemáticos ou não sistemáticos;

traçar estratégias pedagógicas para superação das dificuldades. A partir desse momento, consideraram que os erros poderiam ser originados de interferência da língua materna, de generalizações já consolidadas anteriormente, e até mesmo erros causados por esquecimento.

O leque de variáveis foi ampliado, elementos como idade, nível de tensão, motivação, dentre outros, passaram a ser considerados e não somente a interferência da língua materna. A citação de Freitas (2008) corrobora essa linha de pensamento, dizendo que:

Ao longo da aprendizagem de uma nova língua o aprendiz vai construindo um sistema linguístico, profundamente, influenciado pelo seu repertório linguístico, isto é não só pela sua língua materna, mas por todas as línguas que ele domina e com que ele contata ou que está a aprender, pela relação que as línguas em contato estabelecem entre si e que podem ser de proximidade ou de distanciamento. Ainda este sistema linguístico em construção é influenciado por conhecimentos não linguísticos, tais como as realidades históricas, culturais e socioeconômicas que informam a visão do mundo do aprendiz. O repertório linguístico contribui em grande ou em pequena medida para a aprendizagem da nova língua (FREITAS, 2008, p.84, tradução nossa).

Muitos trabalhos na área de língua espanhola estão contemplando as teorias de Análise Contrastiva e Análise de Erros com o objetivo de investigarem as interferências da L1 na L2. Podemos citar alguns como: Almeida Filho (1995), Calvi (2004), Espiga (1997), Matzenauer-Hernandorena (2001), Fernández (2001), Natel (2001), Nieves Fernádes (2001). Fialho (2005) defende que, apesar das críticas à Análise Contrastiva e à Análise de Erros, estas teorias devem ser conhecidas dos professores porque são ferramentas de apoio aos alunos na aquisição de L2. Através delas é possível detectar dificuldades dos alunos no processo de aprendizagem de elementos fonológicos e sintáticos.

Outra compreensão acerca de processos cognitivos que envolvem as relações entre L1 e L2 refere-se à Hipótese da Interlíngua, com destaque para os estudos de Corder (1971) e Selinker (1972). Este modelo afirma que o aprendiz é autor de um “sistema linguístico de regras distintas tanto da L1 quanto da L2 (Interlíngua)” (ZIMMER, 2003, p.53).

Percebe-se que, no final da década de 60 e início de 70, o aprendiz deixou de ser considerado um produtor de linguagem imperfeita, pulverizada de erros e passou a ser alguém criativo que gerencia sua aprendizagem por meio de períodos de aquisição lógicos e sistemáticos. Ou seja, aquilo que era considerado erro ganha uma nova

roupagem, um novo status. As produções dos aprendizes começam a ser examinadas como algo progressivo que possibilita a testagem e formulação de hipóteses por parte desse aprendiz mais autônomo. O objetivo deste é galgar passos que o aproximem do sistema usado por nativos, o que resulta na criação de outro sistema linguístico legítimo (ALVAREZ, 2002).

A partir do surgimento do termo “Interlíngua” (IL), os estudos sobre o tema prosseguiram apresentando novas formulações. Com Selinker (1972) tem-se a denominação de interlíngua como um sistema linguístico individual que se apoia na produção observável do aprendiz. Tal sistema é resultado do esforço para produzir o padrão da língua-alvo e, assim, estabelecer a comunicação.

Nesse contexto, são apresentados alguns processos fundamentais que permeiam a estrutura psicológica do aprendiz em relação aos elementos fossilizáveis (traços permanentes) que envolvem o desenvolvimento da interlíngua: prática de novas estruturas; redução do sistema de língua-alvo e desvio de categorias consideradas sem relevância como estratégia de aprendizagem e generalizações errôneas da gramática de L2 (ALVAREZ, 2002).

Quando o aprendiz inicia o estudo de outra língua, são ativadas as estratégias para o desenvolvimento de sua aprendizagem, momento em que se torna presente o “sistema aproximativo”, segundo Nemser (1971). O autor afirma ainda que tais aproximações acontecem de forma gradual rumo à língua-alvo em função do nível de proficiência desta.

Corder (1974) define a interlíngua como um dialeto transitório, instável e próprio e, portanto, distinto da língua-alvo. Ressaltamos que é possível encontrar nessa língua, isto é, na produção do aprendiz, características da L1. O que nas palavras de Besse & Pourquier (1991) é uma habilidade de comunicação não nativa individualizada. Tal habilidade para construir o sistema intermediário da IL esta relacionada à competência de comunicação nativa e à experiência da língua-alvo. Na definição de Brabo (2001), a interlíngua é uma competência linguístico-comunicativa através da qual são expressos progressos, retrocessos, instabilidades, transferências linguísticas e criação de regras próprias.

Fernández (1997) sintetiza os pressupostos da interlíngua, afirmando que esta se constitui: de uma etapa obrigatória na aprendizagem de uma L2; é um sistema

interiorizado que evolui para níveis cada vez mais complexos. É um sistema linguístico diferente da L1 e da língua-alvo (L2), embora se apresente como uma mistura das duas. Além disso, possui duas características divergentes entre si: a sistematicidade e a variabilidade. É sistemática pelo fato de, como em toda língua, ser possível encontrar nela um conjunto de regras de natureza linguística e sociolinguística que são, em parte, coincidentes com a língua-alvo e em parte não. É variável no sentido de que, em cada estágio de aprendizagem, as produções dos alunos seguem mecanismos e hipóteses sistemáticos, porém, essa sistematicidade é variável, uma vez que as hipóteses vão sendo reestruturadas.

Observa-se, a partir da Interlíngua, a visão de erro sendo mais abrangente e a compreensão da transferência de conhecimento atuando como elemento que trabalha organizando a aquisição da L2. Assim, por influência da língua materna, a transferência linguística é responsável por itens fossilizáveis (traços permanentes), regras e subsistemas que ocorrem ao longo do desenvolvimento da interlíngua.

De acordo com Ellis (1985), autores como Richards (1974) consideram a transferência como um processo organizador incorporado a outros processos cognitivos, e que opera frente ao sistema linguístico que o aprendiz já possui. Brown (1987, 1994) caracteriza os períodos iniciais de aprendizagem de uma L2 de acordo com a transferência interlingual da L1 ou interferência interlingual não somente da L1, como também da L2 na aprendizagem de uma L3. No entanto, o erro ainda é insumo linguístico e é considerado recorrência de uma forma não só incorreta, mas também, provavelmente, impossível de ser mudada durante a produção da língua-alvo, independente do tempo de exposição a que o aprendiz seja submetido (à língua estrangeira). Para ele, estabelece-se a fossilização do erro na produção do aprendiz, ou seja, traços incorretos se cristalizam em definitivo.

Sumarizando o que foi dito acerca da interlíngua, nas palavras de Weinreich (1953), a fossilização é um caso de transferência que se torna permanente tendo em vista que as formas da L1 são erroneamente identificadas como formas equivalentes da L2 e assim transferidas. Em estágios posteriores, estas formas ficam estabilizadas e eventualmente se fossilizam.

As pesquisas seguem e adentram ao cenário a Hipótese da Construção Criativa (DULAY; BURT, 1974) que declara que o aprendiz de L2 realiza processos

cognitivos bastante semelhantes aos que são utilizados na aquisição de L1, mas que a aprendizagem de L1 e a aprendizagem de L2 são dois processos cognitivos autônomos. Nessa perspectiva, os erros prováveis na produção de L2 são considerados um processo de construção criativa, onde o aprendiz constrói regras e, aos poucos, elimina as diferenças entre o que ouve e o que produz de fato.

É notória a contribuição das teorias mencionadas, porém, elas destacaram com mais veemência a observação de erros cometidos pelos aprendizes de L2 sem, contudo, evidenciarem a atuação positiva de L1, que servia como um “andaime cognitivo na construção do conhecimento acerca da L2.” (ZIMMER, 2003, p. 56). Ainda assim, a partir dessas primeiras asseverações, buscou-se investigar o papel da transferência de conhecimento, de traços linguísticos de uma língua (L1) para outra (L2), compreendendo que os aprendizes recorrem deliberadamente à sua língua materna para construir elos até a L2. Assim,

no transcorrer do anos 60 e 70, a maioria dos estudos se voltou quase que exclusivamente para a observação dos erros intralinguísticos, e os experimentos conduzidos nessa época buscavam comprovar que a aquisição da L1 era igual ou semelhante à aquisição da L2. Como os estudos sobre o papel da transferência linguística na ALE (aquisição de língua estrangeira) foram praticamente banidos, a credibilidade da noção de transferência só foi recuperada nos anos 80, e agora é vista como desempenhando um papel fundamental no processo de aprendizagem da L2. (ZIMMER, 2003, p. 54).

Corroborando a citação acima, afirmamos que a despeito das pesquisas ulteriores à Análise Contrastiva terem concluído que a transferência não poderia ser vista apenas sob o prisma de dificuldades do aprendiz, e – apesar do papel da L1 na aprendizagem de uma L2 ser, ainda, uma questão controversa no domínio dos estudos linguísticos –, sempre que um processo de aquisição de uma língua estrangeira se inicia, “tanto em contextos bilíngues, como em processos formais de ensino e aprendizagem de línguas não maternas, emergem exemplos de transferência linguística, por isso não foi (e não é) possível prescindir desse conceito” (DURÃO, 2008, p. 80).

Assim, os estudos sobre transferência de conhecimentos recobram forças e continuaram com pesquisadores como Larsen-Freeman (1991). Esta afirma que as semelhanças entre o sistema da L1 e o da L2 auxiliam na aquisição, e, contrário a isto, as diferenças entre esses dois sistemas dificultam a aquisição da L2. O fato de o aprendiz ter domínio sobre o conhecimento da sua L1 influencia na aprendizagem da L2, seja de forma positiva ou negativa. Quando a estrutura do sistema linguístico da L1 é semelhante

à da L2, há uma facilitação na aquisição da língua estrangeira, e a transferência é, portanto, uma transferência dita positiva.

A seção seguinte foi separada para explicitar, mais minuciosamente, alguns processos de transferência. Também serão abordadas questões divergentes a esta classificação, como os trabalhos de Flege (2002), Meyer e Schiller (2003), Best *et al.* (2001), que em suas pesquisas referentes à produção e percepção da fala em L2 mostram resultados que caminham para outro entendimento dos processos de transferência.

3.1.1 Processos de Transferência

Para Salazar (2006), a transferência ocorre independente do conhecimento que o aprendiz adquiriu anteriormente e independente se esse *background* vai auxiliar ou dificultar na aprendizagem de uma nova língua. Nos casos em que esse conhecimento prévio facilita a aprendizagem de uma L2, afirma-se que ocorreu uma transferência positiva. O contrário disto implica uma transferência negativa (CHAPLIN; KRAWIEC, 1984; BICHLER; SNOWMAN, 1992).

Outros estudiosos como Wittig (1991) e Schunk (1997) apontam a existência de uma terceira manifestação de transferência definida como transferência zero, também denominada nula ou neutra. Esta transferência pode advir de uma aprendizagem anterior que não influi em uma nova aprendizagem ou, ainda, a combinação das transferências negativa e positiva, mutuamente, anuladas.

Somadas a estes três tipos de transferência, se encontram em outras pesquisas: a transferência próxima e a transferência distante. A primeira diz respeito a situações formais de aprendizagem onde o fenômeno ocorre, situação onde há consciência do esforço para a aprendizagem de determinada língua. O contexto da segunda transferência é exatamente o oposto, uma vez que ocorre em situações espontâneas de fala, onde não há reflexão sobre o que se usa na comunicação (SALAZAR, 2006).

Schunk (1997) apresenta ainda dois outros tipos de transferência: transferência literal e transferência figurada. Para a primeira, o aprendiz utiliza-se de uma habilidade e a transfere literalmente ao outro sistema linguístico. Na figurada, portanto, a transferência é de parte do conhecimento geral apreendido, o qual é utilizado para reflexão e aplicação em outro contexto linguístico.

A classificação prossegue com outros seis tipos elencados no trabalho de Salazar (2006), são listados como se segue: transferência vertical (habilidade aprendida anteriormente contribui de forma direta na nova aprendizagem) e lateral (a habilidade anterior é utilizada para resolver problemas similares aos apresentados no início do processo de aprendizagem), transferência de alta profundidade (ocorre quando há a transferência de forma automática para outra situação), transferência de baixa profundidade (requer esforço mental frente a uma nova situação de aprendizagem), transferência de alcance posterior (o aprendiz pondera sobre as possibilidades de aplicação do que aprendeu em situações futuras), transferência de alcance anterior (o aprendiz busca informação para resolver uma situação do presente).

No Quadro 1 está o resumo dos tipos de transferência de conhecimento de acordo com os estudiosos mencionados no corpo desta seção.

Para Salazar (2006), os processos ora descritos são pertinentes no contexto de ensino-aprendizagem da L2 por várias razões. Na transferência positiva, por exemplo, as habilidades do aprendiz em sua L1 servem como ponte no caminho até a L2, facilitando a aprendizagem dessa nova língua. E no caso da transferência negativa, o professor pode prever contextos linguísticos nos quais o aprendiz é mais suscetível a cometer erros e aplicar estratégias para superação dos mesmos. Nas transferências próxima e longe, o professor pode implementar estratégias que podem guiar o aprendiz a determinar quão similares ou diferentes são os conhecimentos adquiridos em L1 e os conhecimentos de L2, e assim, o aprendiz pode tentar gerenciar essas diferenças em prol da aquisição da nova língua.

Para a transferência de alta profundidade, o professor deve buscar as conexões entre a experiência prévia (que o aprendiz possui em sua L1) com a experiência nova em L2, estabelecendo relações que ajude o aluno a adquirir a língua estrangeira estudada. Na transferência de alcance anterior o professor pode estimular os alunos a montarem um panorama retrospectivo sobre seus conhecimentos em L1 e, a partir desses conhecimentos, retirarem soluções para problemas apresentados em L2.

Quadro 1 - Tipos de transferência de conhecimento.

TIPOS DE TRANSFERÊNCIA	CARACTERÍSTICAS
POSITIVA	A aprendizagem prévia beneficia ou facilita alguma execução posterior
NEGATIVA	A aprendizagem anterior dificulta de alguma maneira ou interfere na aprendizagem nova
NULA	Ausência de qualquer efeito da aprendizagem anterior sobre a aprendizagem nova
PERTO	As situações formais de aprendizagem são semelhantes à situação de transferência
DISTANTE	Transferir a aprendizagem prévia a uma situação que é muito diferente daquela na qual a aprendizagem inicial teve lugar
LITERAL	Transferir tal e qual uma habilidade ou um conhecimento a outra tarefa
FIGURADA	Utilizar somente algum dos conhecimentos gerais para refletir ou aprender com certo problema
VERTICAL	Uma capacidade previamente aprendida contribui de maneira direta na aquisição de uma capacidade mais complexa
LATERAL	Uma capacidade previamente aprendida é utilizada para resolver um problema similar aos problemas que foram enfrentados durante a aprendizagem inicial, mas em um contexto diferente
DE BAIXA PROFUNDIDADE (De ordem inferior)	A aprendizagem prévia, de maneira automática e inconsciente, é transferida a outra situação, a qual quase sempre ocorre com a prática de habilidades que quase não demandam um pensamento reflexivo
DE ALTA PROFUNDIDADE (De ordem superior)	Os aprendizes de maneira conscientes estabelecem conexões entre o que aprenderam numa situação prévia e a nova situação de aprendizagem. É consciente e requer atenção e certo esforço mental
DE ALCANCE POSTERIOR (Para frente)	O sujeito pensa acerca das possibilidades de aplicação do que aprendeu em situações futuras
DE ALCANCE ANTERIOR (Para trás)	O sujeito busca informações para resolver problemas do presente

Fonte: Adaptado de Salazar (2006).

O Quadro 2 mostra a natureza das transferências ora arroladas:

Quadro 2 - A natureza das transferências de conhecimento.

TIPOS DE TRANSFERÊNCIA	PARÂMETROS DE CLASSIFICAÇÃO
POSITIVA	Caráter utilitário (benefício/prejuízo)
NEGATIVA	
NULA	
PERTO	Grau de similaridade entre tarefas
LONGE	
LITERAL	Proporção de ajustes de conhecimento adquirido
FIGURADA	
VERTICAL	Grau de relação de complexidade
LATERAL	
DE BAIXA PROFUNDIDADE (De ordem inferior)	Grau de consciência do sujeito
DE ALTA PROFUNDIDADE (De ordem superior)	
DE ALCANCE POSTERIOR (Para frente)	Caráter prospectivo/retrospectivo da transferência
DE ALCANCE ANTERIOR (Para trás)	

Fonte: Adaptado de Salazar (2006).

Todavia, a compreensão de fenômenos de transferência como fatores que atuam de forma positiva ou negativa foi refutada por outros estudiosos, os quais adotaram uma linha de investigação cognitiva. Com Wode (1978) tem-se que o uso do conhecimento prévio da L1 só ocorrerá se existirem estruturas entre L1 e L2 com semelhança crucial. Partindo-se desse pressuposto, a perspectiva agora é que o aprendiz delibera sobre as estratégias a serem usadas no momento da aprendizagem de L2.

Outras pesquisas foram desenvolvidas colocando em pauta as estruturas ditas marcadas e não marcadas das línguas. Isto resultou na compreensão de que estruturas do tipo não marcadas, comuns à maioria das línguas do mundo, são normalmente as primeiras a serem adquiridas. Assim, no caso de uma L2 com número de estruturas marcadas superior ao número daquelas em L1, a dificuldade de aprendizagem da L2 seria maior, uma vez que é proporcional ao conjunto de estruturas marcadas. O contrário é

igualmente verdadeiro, ou seja, se a L2 apresenta menos estruturas marcadas que a L1, há facilidade na aquisição de determinada L2. Não importando quão distintos sejam os dois sistemas, a aprendizagem seria facilitada pelo equilíbrio no número de estruturas marcadas e não marcadas entre L1 e L2 (WHEATLEY, 1987; KELLERMAN, 1984).

Outras contribuições foram ganhando relevo no que se refere aos fenômenos de transferência no campo fonológico e fortaleceram os pressupostos de Wode (1978). Dentre os estudos que foram desenvolvidos temos: o Modelo de Aprendizagem da Fala, elaborado por Meyer e Schiller (2003); o Modelo de Assimilação Perceptual de Best *et al.* (2001) e o modelo denominado Ímã da Língua Materna, formulado por Kuhl e Iverson (1995) e Kuhl (2000).

O primeiro modelo assevera que, à medida que a percepção dos fones da L1 vai se processando e se desenvolvendo no período da infância e da adolescência, é mais provável a incorporação dos traços fonéticos da L2, pois esse é um período da vida mais propício à aquisição de língua.

O segundo modelo afirma que a habilidade na identificação dos fones pode ter relação com o grau de similaridade fonético-articulatória entre os fones de L1 e L2. Podemos estender esse entendimento afirmando que adultos percebem sons não nativos e, portanto, não familiares, fazendo uma comparação entre as semelhanças e as diferenças de padrões articulatorios ou gestuais da L2 e da L1. Essa estratégia pode ser implementada, especialmente, quando o ouvinte/aprendiz tem pouca experiência linguística com a L2.

O terceiro modelo afirma que a percepção das características dos sons da fala é estabelecida pela experiência com os mesmos na infância, na verdade, isso é comum aos três modelos. Vale, porém, ressaltar que eles ainda trazem a novidade – especialmente, o modelo apresentado por Meyer e Schiller (2003) – de que, quanto mais próximo de um som da L1 for o novo som da L2, mais difícil será a aquisição da L2, sobretudo pela necessidade, e habilidade que o aprendiz precisará ter, de formar uma nova categoria fonética. Esta compreensão mostra-se contrária aos preceitos da Análise Contrastiva e afins, que dizem que o mais diferente é o mais difícil.

Nossa pesquisa não se aterá a nenhum dos modelos, ora explicitados. No entanto, consideramos oportuno fazer um levantamento das abordagens teóricas que envolvem os processos de transferências, a fim de apresentar a origem das primeiras

definições, bem como dar relevo à nossa linha teórica adotada, expandi-la e explicá-la. A classificação contida neste trabalho para os processos de transferência é constituída de duas categorias: transferência fonético-fonológica e grafo-fônico-fonológico. Estas serão detalhadas na seção (seção 3.1.2).

Na definição de Ruiz (2001), processo de transferência é um fenômeno que ocorre quando da transferência de padrões da língua materna para uma língua-alvo. É o uso do conhecimento linguístico prévio para aquisição ou produção de uma L2. Para se obter maior compreensão desses fenômenos de transferência, é necessário perceber que a linguagem é fruto do entrelaçamento de diversos tipos de processamentos de informações que fluem de vários sistemas – auditivo, motor, visual, articulatório –, bem como do genético ao neuronal (ZIMMER, 2003).

E, em se tratando de elemento motor, Flege (2002) afirma que não tem sido dada a devida atenção a questões de ordem motora e, também, de ordem articulatória, ambas requeridas na aprendizagem de uma L2. Para ele, uma boa pronúncia da língua-alvo está diretamente ligada à capacidade do aprendiz de fazer ajustes articulatórios sutis. No caso de o aprendiz ser adulto, e é este o perfil dos participantes da presente pesquisa, esses ajustes demandam esforços ainda maiores, pois, os mesmos já possuem um sistema articulatório previamente sedimentado. Assim, na tentativa constante de realizar os sons da L2, conforme estes são propostos, o aprendiz se utiliza da sua língua materna como ferramenta de auxílio. Isto resulta em produções distantes do alvo requerido e marcadas por traços da língua materna.

Estudos que envolvem a transferência do conhecimento fonológico começaram a se expandir, pois se trata de um terreno complexo e desafiador. Professores ainda se veem às voltas com as dificuldades enfrentadas por aprendizes frente a um sistema fonológico de L2 diferente daquele com qual são familiarizados. Nesse contato com o sistema fonológico diferente e o seu próprio, como é explicitado no terceiro modelo de aprendizagem, mencionado anteriormente, “tende a haver certo grau de transferência entre esses dois sistemas” (ZIMMER, 2003, p.57). Essas transferências se dão em dois tipos: transferência fonético-fonológica e grafo-fônico-fonológico.

Esses dois modos (transferência fonético-fonológica e grafo-fônico-fonológico) serão detalhados na próxima seção (seção 3.1.2) e é a classificação de processos de transferência adotada nesta pesquisa. Entretanto, vale dizer que o conhecimento do sistema fonológico de uma língua estrangeira proporciona o

estabelecimento de uma comunicação efetiva com os falantes nativos dessa língua. O que permitirá o fluir de tal comunicação é o domínio da estrutura fonética da língua que se deseja adquirir, assim, o aprendiz da língua estrangeira poderá falar de modo próximo ao falante nativo (STEINBERG, 1985).

3.1.2 Transferência fonético-fonológica e grafo-fônico-fonológico

Alguns tipos de transferência de língua materna (L1) para uma segunda língua (L2) podem afetar o entendimento da oralidade em língua estrangeira. Segundo Zimmer (2003) e Bauer (2010), esse processo de transferência de conhecimento L1-L2 pode ocorrer em dois níveis principais, a saber: no nível fonético-fonológico e no nível grafo-fônico-fonológico. Relembremos uma vez mais que, são nesses níveis onde situam-se os fenômenos investigados nesta pesquisa.

O primeiro nível se justifica pelas diferenças de sons entre a língua L1 do aprendiz e a língua-alvo L2. Essas diferenças afetam percepção e produção, ocasionando: desvio de pronúncia, fala com sotaque e problemas de inteligibilidade. O segundo trata de questões que dizem respeito à forma grafada, que “induz o aprendiz a produzir a palavra em função dos padrões de correspondência entre grafema e fonema da língua materna.” (BAUER, 2010, p. 27). As transferências supracitadas são recorrentes e, muitas vezes, não percebidas pelos aprendizes, o que retarda o alcance ao alvo proposto pela L2.

Em trabalhos como Zimmer *et al.* (2009), Bauer (2010), Zimmer (2003) estão registrados nove processos de transferência classificados como grafo-fônico-fonológicos, conforme expostos no Quadro 3.

Os processos 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 8 foram observados em pesquisas que envolveram aprendizes do inglês, falantes de outras línguas, inclusive, falantes do PB. Estas pesquisas foram citadas em Zimmer (2003). Também foram acrescentados os processos 7 e 9 por Zimmer (2003) que se valeu da observação das produções de seus alunos em sua prática de ensino.

Podemos afirmar que os processos representam algumas das dificuldades que os nativos, falantes de PB, enfrentam frente ao sistema fonético-fonológico, sobretudo em relação à organização fonotática da língua inglesa. O aprendiz depara-se com as diferenças entre os sistemas linguísticos português-inglês e não obtém êxito na realização

dos sons da L2. A ocorrência de processos como 4, e 8, por exemplo, pode causar problemas de compreensão, e a ocorrência de processos como o 5 expressam uma fala com sotaque.

Quadro 3 - Processos de transferência do PB para o inglês

PROCESSOS DE TRANSFERÊNCIA	DEFINIÇÃO E EXEMPLOS
1. Simplificação de encontros consonantais resultando em epêntese	O aprendiz, nativo do PB insere o elemento epentético no início da palavra, como, por exemplo, em <i>speak</i> a produção registrada é [ispiki] ao invés de [spɪk].
2. Schwa paragógico	Inserção de schwa [ə] após obstruintes em posição final ou inclusão da vogal final como estratégia de reparo silábico. Ex: [singi], [tongi] ~ [singə], [tongə] para a pronúncia das palavras <i>sing</i> e <i>tongue</i> .
3. Dessonorização terminal	Perda do traço sonoro em algumas obstruintes em posição final. Ex: [dʌs] ao invés de [dʌz] (<i>does</i>)
4. Mudança consonantal	Substituição de uma consoante por outra, no caso da fricativa dental em palavras como <i>think</i> , substituir [θ] por [t], ou por [f], ou até por [s], resultando na seguinte produção: [tɪŋk], [fɪŋk], [sɪŋk]
5. Não aspiração de plosivas surdas em posição inicial	Trata-se de não aspiração de plosivas surdas. Apesar de normalmente não implicar em contraste entre fonemas, a ausência da aspiração pode incorrer num entendimento errôneo por parte do nativo, bem como numa pronúncia com sotaque. Ex: [ti:] ao invés de [t ^h i].
6. Deslaterização de líquidas laterais em posição de coda	Ex: well [wew] ao invés de [wel]
7. Vocalização de nasais finais	Uma adequação à vogal, o que Zimmer (2003) considera pura transferência da L1 para L2. Ex: beam [bĩy] ao invés de [bi:m].
8. Mudança vocálica	Em palavras como <i>ship</i> , temos a pronúncia [ʃi:p] ao invés de [ʃɪp].
9. Realização da consoante velar sonora seguindo a produção da nasal velar	No português brasileiro (PB) a nasal velar não é produzida em coda final como acontece regularmente no inglês. Ex: a palavra <i>sing</i> é produzida como [sɪŋg] e não [sɪŋ]

Fonte: Adaptado de Zimmer (2003).

Para complementação dos processos explicitados, na próxima seção (3.1.3), introduziremos os processos de transferência propostos pela pesquisadora, autora desta pesquisa, e que ainda não constam em estudos vigentes na área.

3.1.3 Os processos de transferência AH, AHS, PHS, PKSV e PKCV

Antes da descrição dos cinco processos propostos nesta pesquisa, vale reafirmar como ocorre o processo de transferência na perspectiva adotada, isto é, na perspectiva conexionista. Desta maneira afirma-se que a transferência da L1 para L2 se dá quando: os novos padrões da L2 sofrem a influência de padrões da L1, mais antigos e já consolidados nas ligações sinápticas cerebrais. Isto torna o conhecimento prévio (L1) um fator essencial, um ponto de partida, uma vez que o dado novo é inserido ao conhecimento já existente, provocando, concomitantemente, a instituição de novas conexões interneuronais e reajustes em redes já previamente estabelecidas, o que se traduz pelo estabelecimento da aprendizagem.

Ainda de acordo com a percepção conexionista, admitimos também que outros elementos contribuem para a transferência de conhecimento de L1 para L2 na leitura das palavras em inglês pelos participantes desta pesquisa. Relembramos que são estes: diferenças relativas ao conhecimento prévio – linguístico e enciclopédico – de cada indivíduo; diferenças cognitivas no modo como se processam os fenômenos em seus aspectos ortográficos, fonológicos, morfossintáticos, etc; e diferenças de âmbito social, onde as práticas de leitura se desenvolvem de maneira bastante diversificada (ZIMMER, 2003).

Acrescenta-se a isso o fato de que, quanto aos traços da L1 na fala em L2, há transferência indevida de aspectos articulatórios da língua de origem (L1) para a língua-alvo (L2). Neste momento, o aprendiz gerencia os novos itens lexicais como se fossem constituídos de seqüências de unidades acústico articulatórias da L1.

É possível pensar a questão da transferência da L1 para a L2 como sendo um elemento que pode influenciar na produção do aprendiz, bem como pode trazer interferências linguísticas no seu desempenho como falante de segunda língua. A depender da língua que o aprendiz está adquirindo, tais características tanto podem ser facilitadoras como podem apresentar mais dificuldades no ato da produção oral (ZIMMER, 2006).

Partindo desse pressuposto, é que a pesquisadora, responsável por esta tese, observou a incidência de outros processos de transferência – além dos que já foram apresentados – na produção oral de seus alunos nos cursos de inglês em que lecionou e elenca cinco desses fenômenos ainda não registrados na literatura investigada, e que são, portanto, a inovação deste trabalho. Concomitante a isto, propõe aplicação de rede neural artificial, RNA, tipo MLP *feedforward*, para classificação e confirmação de tais processos. Os processos elencados no presente trabalho são apresentados no Quadro 4.

Quadro 4 - Processos de transferência do PB para o inglês propostos nesta tese

PROCESSOS DE TRANSFERÊNCIA	DEFINIÇÃO	EXEMPLOS
1. Apagamento de <h>	Trata-se do apagamento da fricativa glotal [h] em início de palavras cognatas.	hilarious, humor, Haiti.
2. Escolha errada do fonema (para casos de grafema que representam mais de um fonema)	Grafema <y> – fonemas /aj/, /i/ e /j/.	hygiene, happy, yes.
	Grafema <w> – fonema /w/ e <w> apagado.	widow, whose.
	Grafema <ch> – fonemas /k/ e /tʃ/.	character, charity.
	*poderia considerar como subcategoria deste o que Zimmer (2003) denomina Mudança Vocálica – MV: Grafema <a> - /ej/ e /e/; Grafema <i> - /aj/ e /i/; Grafema <u> - /ʌ/ e /ju/.	make, many. kite, pit. must, music.
3. Pronúncia de letras mudas	<k>, <g>, <m> (em início ou final de palavra), <p>, quando pronunciadas antes de <n>.	know, gnome, mnemonic, autumn, pneumonia.
	Demais casos <ps> e <mb>.	psychologist, comb.
4. Sonorização	Trata-se da sonorização de <s>, ou seja, pronúncia de [z] onde deveria ser [s].	basic, case, fantasy, useful, mouse, blouse, house.

Fonte: Elaborado pela autora.

O processo 4 denominado ‘Sonorização’ não foi investigado nos participantes desta pesquisa, no entanto, consideramos oportuno registrá-lo (no Quadro 4) para complementação e catalogação junto aos que já estão apresentados no tempo vigente.

Seguem, portanto, os casos específicos em que os fenômenos 1), 2) e 3), do Quadro 4, foram investigados: apagamento de [h] no início de palavras começadas por <h> (AH); apagamento de <h> no início de palavras começadas por <hy> seguido de substituição do ditongo [aj] pela vogal [i] (AHS); pronúncia de <h> no início de palavras começadas por <hy> seguido de substituição do ditongo [aj] pela vogal [i] (PHS); pronúncia de <k> com inserção da vogal [i] em palavras começadas por <kn> (PKCV); pronúncia de <k> sem inserção da vogal [i] em palavras começadas por <kn> (PKSV).

Para o primeiro fenômeno, explicitado no parágrafo anterior, temos as palavras: <Haiti>, <hilarious>, <humorist>. Para o segundo e o terceiro processo, temos como exemplo as palavras: <hyper>, <hygiene>. E para o quarto e quinto processo, temos como exemplo as palavras: <knob>, <know> e <knack>.

Tais fenômenos são decorrentes das diferenças entre os sistemas, como mencionado anteriormente, e expressam obstáculos a serem vencidos pelos aprendizes no período de aquisição da língua inglesa.

Assim como vários outros processos, estes (apresentados no Quadro 4) podem acarretar problemas de inteligibilidade quando o aprendiz tentar se fazer entender, bem como podem demonstrar uma fala com sotaque. Destacamos que todos os fenômenos investigados nesta pesquisa representam transferência de conhecimento de nível grafo-fônico-fonológico.

Destarte, propusemos investigar os fenômenos AH, AHS, PHS, PKCV, PKSV, supracitados, para maior compreensão dos mesmos, na tentativa de oferecer subsídios aos aprendizes para uma produção mais próxima do alvo proposto. Observamos também, como a língua materna auxiliou ou dificultou a produção dos aprendizes, especialmente no que diz respeito a palavras cognatas.

A ideia de L2 como suporte para L1 é defendida por pesquisadores como Zimmer (2008) ao afirmar que

A transferência na aquisição da língua estrangeira é um fenômeno muito mais comum e complexo do que se imaginava há algumas décadas. No processo de aprendizagem da língua estrangeira, os aprendizes baseiam-se no conhecimento que têm de sua língua materna para compreender como a língua estrangeira é estruturada – seja no nível fonológico, morfossintático, semântico ou pragmático – e para

produzi-la. Esse processo é chamado de transferência de propriedades da L1 para a L2. (ZIMMER, 2008, p.4).

A transferência de propriedade da L1 para a L2 foi investigada nesta pesquisa em estudantes brasileiros com idades entre 15 e 50 anos e matriculados no Núcleo de Línguas Estrangeiras da Universidade Estadual do Ceará-UECE. A natureza dos processos já foi explicitada nesta subseção, no entanto, vale ressaltar

que essas duas formas de transferência de conhecimento não devem ser vistas como realidades totalmente distintas e dissociadas, uma vez que a aquisição de um único aspecto fonético/fonológico da L2 pode implicar ambas as formas de transferência simultaneamente. Muitas vezes, a tarefa teórica de separar ambas as formas de transferência mostra-se, também, bastante difícil. Entretanto, a distinção conceitual entre esses dois tipos de transferência é pertinente, pois possibilita um maior entendimento, para o professor de inglês como língua estrangeira, do sistema de interlíngua de seus aprendizes. (ZIMMER, 2006, p.117).

As expressões fonéticas desviantes, ou seja, aquelas que se distanciam das formas tidas como alvo, podem ser consequências tanto da interferência do modelo fonológico do português brasileiro, como também de uma inclinação do aprendiz, de transferir os padrões de correspondência existente entre as letras e os sons do português para o inglês, assim

Essa dificuldade caracteriza-se como um processo de transferência fortemente relacionado com a percepção, uma vez que o aprendiz tende a associar os segmentos da L2 ao padrão segmental da sua língua, em função da forte experiência lingüística prévia, a partir do qual os sons da L2 são percebidos como se fossem aqueles da L1. (ZIMMER, 2006, p.118).

Tarone (1987) afirma que aprendizes de língua estrangeira, na idade adulta, se valem de estratégias e conhecimentos oriundos do exercício de leitura em sua língua materna. Assim, imagina-se que os leitores transportam seu próprio conhecimento da relação grafema-fonema da língua materna, bem como seus mecanismos correspondentes de processamento fonético-fonológico, para a recodificação leitora, definida por Zimmer (2003, p.2) como a “capacidade de fornecer uma produção sonora para uma palavra impressa”.

A transferência grafo-fônico-fonológica pode ser compreendida como a propensão do aprendiz, durante a leitura oral em L2, de imputar aos grafemas que constituem as palavras da L2 a mesma ativação fonético-fonológica implementada para tais grafemas em sua língua materna L1.

Para ilustrar, tomamos como exemplo de transferência de conhecimento grafo-fônico-fonológico os processos descritos neste trabalho, começando por AHS

(apagamento da fricativa glotal [h], bem como a conseqüente substituição do ditongo [aj], que o acompanha, por a vogal frontal alta [i]). Neste processo, observa-se a palavra <hygiene>, onde a pronúncia no inglês americano é [ˈhaɪdʒi:n] e torna-se [ˈi:dʒien] na pronúncia de alguns falantes de PB estudantes de inglês. Ou seja, o aprendiz associa <y> ao [i], o que reforça a ideia de uma associação grafo-fônica motivada, neste caso, pelas relações estabelecidas entre escrita e fala da língua portuguesa, mais notadamente pela influência das palavras cognatas.

Assim, o apagamento de [h] se dá pela inexistência de uma forma sonora correspondente ao grafema <h> na língua portuguesa, especialmente nas palavras cognatas como: hiper, hidrante e hidrogênio (no inglês <hyper>, <hydrant>, <hydrogen>), etc; e também pela existência de <h> mudo em início de algumas palavras em inglês como *hour*.

O processo PHS vai, justamente, na direção oposta ao processo anterior AHS no que concerne à <h>. No primeiro temos o apagamento de <h>, no segundo, registra-se a pronúncia do referido grafema. As razões para este fenômeno podem recair sobre o fato de termos no inglês uma correspondência sonora para <h>, como em: <house>, <hope>. Isso influi no momento da leitura em palavras de língua inglesa.

Para a substituição do ditongo [aj] pela vogal [i], presente nos dois processos (AHS e PHS), podemos apontar outra motivação bastante relevante para a pronúncia de [i] onde deveria ser [aj] que: seriam as relações grafo-fônicas do próprio inglês que, em determinados itens lexicais apresentam a pronúncia de <y> como [i] em palavras de considerável frequência, como <happy>, <history>, <physics>, <heavy>, etc. E, em outros itens, apresenta a relação de <y> em correspondência com /aj/ como em <hyper>. Não é possível mensurar a proporção de <y> associado a /i/ e a /aj/ na língua inglesa, daí advêm os equívocos nas produções dos aprendizes falantes de PB.

Outro processo proposto na presente pesquisa e que igualmente é classificado como transferência de conhecimento grafo-fônico-fonológico, é o apagamento da fricativa glotal [h] em início de palavra cognata. Como o <h> não tem valor sonoro correspondente no português, o leitor lida com o grafema seguinte, recodificando <i> em [i] ou <u> em [u] respectivamente. Fenômeno denominado nesta pesquisa de AH (apagamento de [h]), como nas palavras <hilarious> e <humorist>.

O quarto e quinto processos de transferência propostos nesta pesquisa (PKSV e PKCV) apresentam a pronúncia da (plosiva) velar <k> que deveria ser muda. Contudo, no primeiro processo é manifesta a elocução de <kn>, enquanto no segundo processo ocorre a inserção da vogal [i] entre <kn>. Como, por exemplo, nas palavras <know> e <knob>, o falante de PB aprendiz de língua inglesa, tende a produzir o fonema [k] no contexto fonológico em que deveria ser muda. Além disso, em alguns casos, inserem a vogal [i], formando o padrão silábico CV(consoante-vogal) do PB.

Primordialmente, isso acontece porque no PB a letra <k> em posição inicial é pronunciada, assim como no inglês, e, somente é mudo quando seguido da nasal [n] em palavras de origem inglesa, como é o caso de <know-how> e <knock-out>. Segundo, a inserção da vogal [i] é uma maneira de estruturar sílaba considerando a organização fonotática do PB.

Para melhor visualização dos sons consonantais que compõem as línguas inglesa e portuguesa brasileira, especialmente, para visualização daqueles sons que envolvem os processos AH, AHS, PHS, PKSV e PKCV, apresentamos os símbolos fonéticos pertencentes aos dois sistemas. No Quadro 5, estão dispostos os símbolos para consoantes em inglês com destaques para os sons testados em nossa pesquisa. No Quadro 6, os símbolos para consoantes em português, com destaque para os sons envolvidos em nossas investigações. É possível observar que as consoantes [k] plosiva velar e [h] fricativa glotal estão presentes nas duas línguas.

Quadro 5 - Símbolo para consoantes em inglês.

Símbolos para consoantes do inglês								
Lugar Modo	Bilabial	Labiodental	Dental	Alveolar	Alveolar Posterior	Palatal	Velar	Glotal
Plosiva	p b			t d	t ʃ		k g	
Nasal	m			n			ŋ	
Fricativa		f v	θ ð	s z	ʃ			h
Aproximante				ɹ		j	ɰ	
Lateral				L				

Fonte: Adaptado de Associação Internacional de Fonética-IPA (2005).

Todavia, é necessário explicitar que a gramática de cada língua especifica qual combinação de sons é permitida ou não. Como exemplo, temos que em determinadas línguas são autorizadas combinações complexas de consoantes (CCCVCCC) (OLIVEIRA, 2007). Como demonstração dessa estrutura, tomamos o exemplo da palavra *sixths* (CVCCCC) do inglês. Isso para mostrar extremos e ressaltar que há inúmeros

sistemas fonotáticos, os quais possuem organização linguística distinta a depender dos padrões estabelecidos por cada um.

Quadro 6 - Símbolos para consoantes em português

Símbolos para consoantes do português brasileiro							
Lugar \ Modo	Bilabial	Labiodental	Dental / Alveolar	Palato Alveolar	Palatal	Velar	Glotal
Oclusiva	p b		t d			k g	
Africada				tʃ			
Fricativa		f v	s z	ʃ ʒ		x ɣ	h ɦ
Nasal	m		n		ɲ ɣ̃		
Tepe			r				
Retroflexiva			ɻ				
Lateral			l ɭ		ʎ ɻʲ		

Fonte: Adaptado de Silva T. C. (2010).

Como consequência, as percepções dos aprendizes também serão distintas diante do novo sistema. Desta maneira, alguns dos fenômenos propostos nesta pesquisa, podem ocorrer devido a diferenças fonológicas e fonotáticas entre os dois sistemas português e inglês.

A RNA, neste contexto, funcionou como ferramenta de representação conexionista que explica os fenômenos envolvidos em todos os processos propostos. Gasser (1990) afirma que a transferência dos padrões da L1 para a L2 é um dos aspectos que as simulações conexionistas conseguem com mais facilidade revelar. Nessa linha teórica, compreende-se que a transferência de padrões de L1 para L2 ocorre porque novos padrões, os da L2, sofrem a influência de padrões da L1, mais antigos, mais fortemente estabelecidos. Esses fenômenos realçados no momento da aquisição de L2 são considerados como um dos objetos da linguística cognitiva mais adequados para a simulação conexionista, especialmente, pela grande capacidade de generalização das redes neuronais (GASSER, 1990).

Na seção 3.1.4 trataremos da questão dos cognatos e sua relação com nossa pesquisa.

3.1.4 As palavras cognatas e a teoria conexionista

Cognatas são palavras que derivam da mesma origem, com grafias iguais ou semelhantes, e que também possuem o mesmo significado, algumas vezes com pequenas

discrepâncias. O interessante dessas palavras é que elas possuem o mesmo radical em duas línguas diferentes e pertencem à mesma família etimológica.

Na presente pesquisa, empregamos a definição adotada por Carroll (1992), o qual assevera que “os pares cognatos devem ser caracterizados em termos de processamento – que ocorre durante a compreensão da língua – como uma forma de ativação automática de entradas lexicais que têm forma igual ou similar” (CARROLL, 1992, p. 114). Essa definição nos remete ao fato de que, quando um aluno lê um cognato, enquanto aprendiz de língua inglesa, ele busca similares do seu arcabouço lexical relacionados à forma e ou pronúncia do item lido. Este aprendiz não busca questões etimológicas armazenadas junto ao seu conhecimento enciclopédico. A justificativa para essa busca por representações do próprio léxico será investigada nesta pesquisa, mais especificamente nos processos AH, AHS e PHS.

Partiremos da premissa de que os cognatos têm duas vertentes: servem como facilitadores ou servem como obstáculos na aprendizagem de L2. Na primeira concepção, os pares cognatos são mais facilmente reconhecidos do que palavras desconhecidas ou não cognatas. Na segunda concepção, podem interferir negativamente nessa aprendizagem no que se refere à relação grafema-fonema, confundindo o aprendiz quanto ao reconhecimento do som na língua-alvo.

É salutar aprofundar essa reflexão, chamando a atenção também para o fato de que, às vezes, a forma como o aluno adquire a L2 e formula hipóteses sobre a fonologia da mesma, pode levá-lo a erros. Com isso, investigamos as razões que levam os aprendizes a lerem palavras cognatas de língua inglesa, utilizando transferência grafo-fônico-fonológica de L1 para L2 e fazemos sua relação com a teoria conexionista, para termos ferramentas que nos possibilitem apresentar inferências sobre os processos aqui postos à investigação.

Dada a natureza do léxico de conter informações de nível fonológico, semântico, sintático, morfológico e de abranger as relações grafo-fônico-fonológicas (não sendo apenas um conjunto de palavras estocadas), na aquisição de uma segunda língua em um ambiente formal de sala de aula, percebe-se a dificuldade de trabalhar com todas as esferas por que passa o domínio lexical. Ou seja, o *input* – definido por Dubois (2004) como sendo o conjunto de informações que chegam a um organismo, passa por um processo cerebral e se transforma em saída (*output*) – é trabalhado dentro do contexto de uso, mas, como o número de palavras apresentado nas aulas de inglês é demasiadamente

grande, muitas vezes, o professor vê a necessidade de abordar o vocabulário de forma mais breve e superficial.

Um exame mais detido e a produção oral de tantas outras palavras não são possíveis de serem contempladas, e, a falta do trabalho com determinadas palavras, notadamente os cognatos, implica o aparecimento de interferências de L1 sobre as produções de L2. Como se tratam de cognatos, os aprendizes recorrem ao conhecimento que possuem em sua língua materna e aplicam na língua estrangeira.

Pensando em todos os aspectos da caracterização lexical, o acesso ao léxico, bem como sua representação, é apresentado em trabalhos onde são desenvolvidos alguns modelos – o Modelo *Cohort* (MARSLEN –WILSON, 1989), o Modelo da Fonologia do Uso (Bybee, 2001), o modelo Conexionista – na tentativa de conseguir entender como o léxico é representado e como ele é acessado (DE DEUS, 2009). Para nossa pesquisa elegemos como perspectiva teórica o conexionismo e, apesar de certo nível de complementaridade entre os modelos citados, o modelo conexionista é o que mais apropriadamente subsidia nossas aplicações.

O modelo *Cohort*, de Marslen-Wilson, (1989), refere-se a um princípio de ativação que ocorre quando os primeiros sons de um item lexical são emitidos. Segue-se a essa emissão, a ativação de detectores que possuem aquela mesma sequência acústica inicial. Os elementos de reconhecimento são responsáveis por deixarem o conteúdo da entrada lexical disponível para o sistema.

Para tornar mais clara a dinâmica desse processamento, tomamos como base o exemplo de Singleton (1999): a palavra <elephant>- /'elɪfənt/, apresenta a sequência inicial / 'elɪ/. Tal sequência ativaria a sequência inicial de palavras como <elevate> e <element>, contudo, com a entrada do som /f/ define-se o ponto onde esta palavra é identificada, ou seja, este é o ponto singular da palavra <elephant>, e as outras são descartadas neste momento.

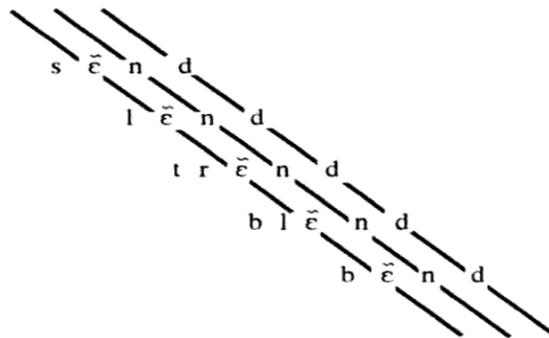
Pode-se então sintetizar o modelo *Cohort* afirmando que este “processa as entradas lexicais no sistema à medida que essas vão sendo disponibilizadas para o sistema” (DE DEUS, p.10, 2009). O próximo modelo explicitado, a Fonologia de Uso (BYBEE, 2001), processa o léxico na perspectiva de uso do mesmo, dando destaque para a frequência.

Para Bybee (2001), o léxico é organizado numa “estrutura de rede complexa, onde o armazenamento dos itens lexicais não acontece em listas, mas em uma rede de conexões que inter-relaciona os itens e promove um armazenamento muito mais eficiente” (DE DEUS, p.11, 2009).

Corroborando a ideia de rede complexa, Bybee (1985) apresenta esquemas que permitem visualizar as relações presentes nas conexões lexicais. Tais relações podem pertencer aos âmbitos fonológico ou semântico. Esse modelo de organização permite um armazenamento múltiplo de palavras, a partir da generalização linguística realizada pelo falante. Seguimos com três exemplos de esquemas em três categorias distintas:

- a) O primeiro esquema apresenta uma conexão lexical para [End] nas palavras, conforme na Figura 4: *send, lend, trend, blend e bend*.

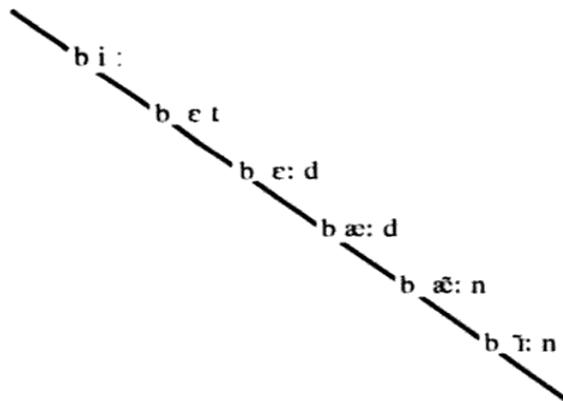
Figura 4 - Conexões lexicais para [end] em *send, lend, trend, blend e bend*.



Fonte: Bybee (2001).

- b) No segundo esquema há conexões lexicais para [b] nas palavras, conforme na Figura 5: *bee, bet, bed, bad, ban e bin*.

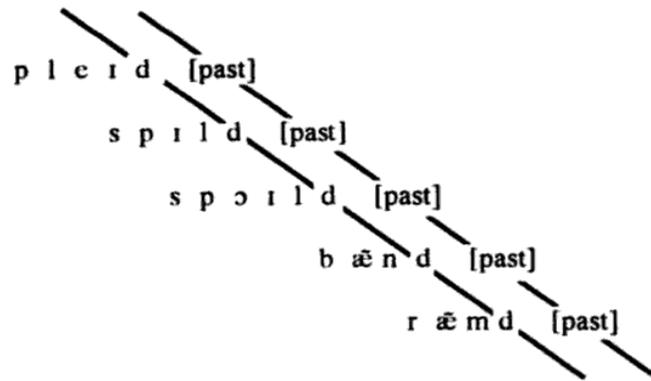
Figura 5 - Conexões lexicais para [b] em *bee, bet, bed, bad, ban e bin*.



Fonte: Bybee (2001).

- c) No terceiro esquema, percebem-se conexões semântico-fonológicas com o passado regular dos verbos, conforme na Figura 6: *play*, *spill*, *spoil*, *ban* e *ram*.

Figura 6 - Conexões fonológicas e semânticas submetidas ao passado simples regular em *played*, *spilled*, *spoiled*, *banned* e *rammed*.



Fonte: Bybee (2001).

Notadamente, neste modelo, a ativação de uma palavra leva obrigatoriamente à ativação de palavras similares, pois, as palavras estão inseridas em esquemas, o que implica dizer que estão posicionadas num espaço próximo. Desta maneira, quando um novo sinal é apresentado, o mesmo é classificado de acordo com sua similaridade aos exemplos já armazenados e a categorização dependerá da relação dos agrupamentos existentes com seus vizinhos.

No tocante à compreensão das conexões que envolvem o modelo de Bybee, é oportuna a apresentação do último modelo, o conexionista, onde são colocadas em relevo as redes neuronais e suas conexões sinápticas. Não serão descritos seus princípios neste momento, tendo em vista que os mesmos foram apresentados na seção 2.1. O que será explicitada é a relação da palavra cognata contida em três dos cinco processos de transferência propostos nesta pesquisa (AH, AHS e PHS) com a teoria de base adotada.

Assim, numa abordagem conexionista, a compreensão de leitura em L1 e L2 é uma questão de processamento cerebral e sua eficácia depende da experiência linguística do indivíduo. Nessa perspectiva, a leitura de cognatos em L2 poderá resultar numa produção que recorre à L1, onde as conexões neurais representacionais das relações de grafemas e fonemas são mais fortes (ROCHA, 2012). A partir desse entendimento, observamos as produções leitoras dos participantes à luz da teoria adotada, e comparamos aos seus níveis de experiência na língua-alvo.

3.2 RESUMO

Finalizamos esta seção relembrando que os processos de transferência foram apresentados, obedecendo a uma trajetória que se iniciou com a compreensão de erro e velhos hábitos do aprendiz no processo de aprendizagem de uma segunda língua. Essa perspectiva ganhou nova roupagem no seu percurso de estudos e a verificação dos fenômenos adentrou o campo da fonologia.

A concepção do papel da L1 passou a ser vista como estratégia utilizada para aquisição da L2, e os fenômenos de transferência de conhecimento ganharam relevo dentro dos estudos da ciência cognitiva. No bojo dessa questão, apresentamos os processos de transferência descritos nos estudos linguísticos, bem como aqueles propostos pela autora desta tese.

Os tópicos apresentados foram os seguintes: os processos de transferência e seu percurso teórico (neste momento apresentamos as primeiras definições no que tange aos fenômenos de transferência de conhecimento de L1 para L2); em seguida, contemplamos os processos de transferência vigentes – e suas classificações –, oriundos de algumas pesquisas já descritas no presente trabalho; apresentamos os processos de transferência investigados neste estudo (AH, AHS, PHS, PKSV e PKCV) e, por fim, tratamos de palavras cognatas e sua relação com a teoria adotada.

Prosseguimos para a próxima seção (4), onde terá destaque o aparato estrutural das simulações a serem realizadas: a rede neural artificial (RNA). Serão apresentados seus princípios, suas funções, as características da RNA MLP utilizada nesta pesquisa e as aplicações que serão desenvolvidas no experimento.

4 A REDE NEURAL ARTIFICIAL

Na presente seção descrevemos os princípios de funcionamento das redes neurais artificiais (RNA), e o funcionamento da rede MLP utilizada em nossa pesquisa. Os estudos clássicos que nortearam os preceitos da RNA foram: os trabalhos de Haykin (2001) onde são preconizados os fundamentos teóricos; Rumelhart e Hinton (1986) que deram relevo à questão da retro-propagação do erro nas redes neurais; Rumelhart, Hinton e Williams (1986) que descreveram as etapas do fluxo de informação e o algoritmo de aprendizagem da RNA. Apresentamos ainda o trabalho de Freeman e Skapura (1991) onde é demonstrada a capacidade de uma RNA de reconhecer a escrita humana.

Para compor nossa argumentação teórica na revisão de literatura, fizemos um levantamento de outros trabalhos que utilizaram RNA e contribuíram para a atualização dos estudos linguístico-computacionais. São eles: Honkela (1997), Adámek (2002), Mafra (2002), Zimmer (2003), Li, Farkas e MacWhinney (2004), Muller (2006), Rumelhart e McClelland (1986), Poersch (2005), Silva A. C. C. (2010), Gauthier, Shi e Xu (2009), Capuano (2009). Assim, iniciamos o aprofundamento da compreensão de RNA a seguir.

4.1 A REDE NEURAL ARTIFICIAL: DEFINIÇÃO E COMPOSIÇÃO

A Rede Neural Artificial (RNA) é uma estrutura constituída de unidades que processam dados previamente apresentados, mapeando-os e modelando-os. O conjunto dos dados a ser mapeado é denominado padrões de treinamento. Podemos dizer também que uma RNA é um sistema composto por camadas de neurônios ordenados e interligados por pesos sinápticos, os quais ponderam sobre a ligação entre dois neurônios. Estes últimos, presentes na entrada, recebem dados externos, e, outro grupo de neurônios, presente na saída, fornece resposta para a rede.

Entre as duas camadas (de entrada e de saída) utiliza-se outra camada, chamada camada oculta ou intermediária (*hidden*), importante composição na resolução de problemas. A rede em que se encontra essa estrutura é a chamada *feedforward*, onde as informações convergem da entrada para a saída de forma que: as saídas da camada de entrada são interligadas às entradas da primeira camada intermediária e assim seguem as informações até a camada de saída. Conforme Barbosa (2013),

para se obter o melhor projeto de RNA, em geral, são realizados diversos ensaios comparando o desempenho da rede para cada variação dos valores dos parâmetros de projeto. A configuração com melhor desempenho nos testes é selecionada para

realizar o mapeamento desejado. No entanto, o algoritmo de aprendizagem utilizado e os padrões de dados para o treinamento são fatores de influência sobre o desempenho de uma RNA (BARBOSA, 2013, p.116).

Ampliando a consideração da citação acima, temos que: padrões de dados representam as características do problema pela relação estabelecida entre os vetores (grosso modo, os vetores são linhas que contém números que são as características dos dados, no caso da nossa pesquisa, contém as características dos áudios dos alunos) de entrada (x) e de saída (y). “Estes padrões são utilizados como referência para a RNA ajustar seus pesos, mediante processo de aprendizagem. O objetivo é apresentar em sua saída um valor concordante com o padrão de entrada fornecido.” (BARBOSA, 2013, p.116).

Desta forma, o aprendizado de uma rede neural requer o uso de dados como representativos de determinado problema no processo de treinamento (sobre este último, falaremos logo adiante). Deve-se salientar ainda que o tamanho da amostra a ser utilizada no treinamento deve ser levado em consideração uma vez que, aumentando a complexidade do problema, deve-se aumentar também a quantidade de dados. Com isso, torna-se possível a obtenção de uma modelagem mais eficiente fornecida pela rede (BARBOSA, 2013).

Aprendizagem para uma RNA significa o estabelecimento da saída da rede mediante apresentação de certo número de exemplos no período de treinamento. O treinamento é a etapa onde são feitos os ajustes dos pesos sinápticos (repetidas vezes) com o objetivo de se conseguir as relações desejadas entre entrada e saída. Para que sejam determinadas tais relações, faz-se uso de um algoritmo de treinamento da rede que, no caso da MLP, chama-se algoritmo de retro-propagação do erro (*error back-propagation*, doravante BP), desenvolvido e popularizado por Rummerhart e Hinton (1986). O objetivo do algoritmo BP é demarcar e adequar um vetor de pesos sinápticos que minimize o erro entre a saída desejada e a entrada da rede, mediante um grupo de amostras apresentadas neste período de treinamento.

A nomenclatura *back-propagation* se justifica pelo fato de os neurônios serem associados a um parâmetro, cuja finalidade é atribuir determinado valor ao erro calculado e possibilitar a atualização dos pesos para a correção do valor de erro. O erro apresentado na saída retorna em direção à entrada através das camadas escondidas, atualizando os parâmetros de todos os neurônios contidos em cada camada, por isso, deu-se o nome de retro-propagação (*back-propagation*).

No caso da nossa pesquisa, são fornecidas à RNA informações sobre os processos de transferência e o que se espera em sua saída, ou seja, a identificação e classificação dos fenômenos. Enquanto a RNA não consegue aprender a executar e resolver essa problemática, as informações retornam através das camadas escondidas, realizando todo o procedimento descrito nesta seção, até a RNA ser capaz de fornecer a solução para o problema proposto.

Na próxima seção (4.1.1) explicaremos com mais detalhes a trajetória do erro na RNA e reforçaremos a compreensão do que seja o treinamento.

4.1.1 A trajetória do erro na RNA

Um algoritmo de aprendizagem bastante conhecido, o BP, é largamente usado nos modelos PDP (RUMELHART; HINTON; WILLIAMS, 1986). Sob uma ótica geral, o processo de retro-propagação do erro pode ser exemplificado na forma de seus fluxos de informações. Pela Figura 7 é possível acompanhar a trajetória, onde a parte superior implica no avanço da informação pelas ligações da MLP e a retro-propagação é representada pela parte inferior da figura (conforme as setas indicativas).

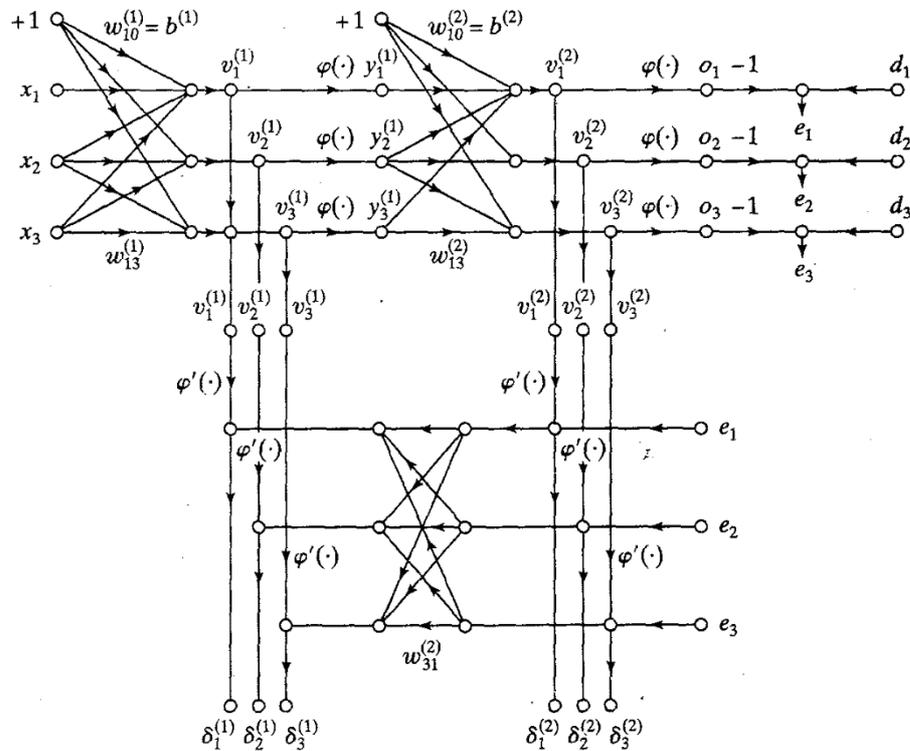
A etapa anterior ao treinamento diz respeito à configuração inicial da rede de forma que nenhuma informação prévia seja considerada neste momento. Depois, são apresentados os dados de treinamento. Para cada amostra apresentada, é executada uma sequência de fluxo de informação, havendo assim, avanço de tais informações e os valores internos da MLP vão sendo calculados até gerarem um primeiro erro. Esse é o momento em que se computa a diferença da saída da rede com o valor que é desejado.

Este valor de erro é retro-propagado e utilizado para o cálculo de novos valores internos da MLP a fim de se corrigir o primeiro erro calculado, de acordo com as regras de treinamento utilizadas. Este processo pode se repetir com a apresentação de uma nova amostra para a rede. E isso é feito até que se atinja um critério de parada do treinamento, ou seja, a RNA aprendeu, pois foi alcançado o valor desejado.

Por meio de treinamento a RNA aprende e são dois os processos de aprendizagem utilizados por ela: supervisionado e não supervisionado. Ambos lidam com a minimização do erro entre a entrada da RNA e da saída desejada. No entanto, na aprendizagem supervisionada, os padrões de dados apresentados possuem informações relativas ao estímulo de entrada e ao que se deseja na saída. Na aprendizagem não

supervisionada há uma distribuição de probabilidade de padrões de entrada aplicada aos pesos dos neurônios da rede (BARBOSA, 2013). Este segundo tipo não será utilizado nesta pesquisa e, portanto, não serão dadas explicações do funcionamento do mesmo.

Figura 7 - Resumo do fluxo de sinal do aprendizado *back-propagation*.



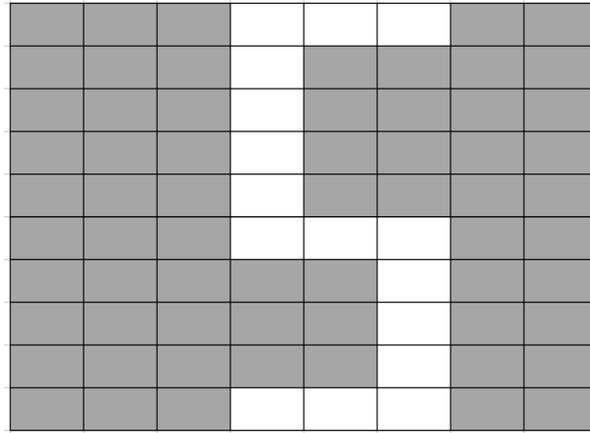
Fonte: Haykin (2001).

As informações dispostas até agora podem dar a dimensão do potencial de uso de RNA. Para ilustrar a abrangência desse potencial, no livro de Freeman e Skapura (1991) há exemplo de uso de RNA no reconhecimento de escrita. Para tanto, considerou-se que números de 0 a 9 poderiam ser manuscritos por uma pessoa e a imagem de 80 pixels destes números (na forma de uma matriz de pixel 8x10) poderia ser a entrada da rede, conforme Figura 8.

Dessa forma, cada pixel carrega uma informação sobre o número, ou seja, cada pixel assume valor 1 se há ausência da imagem nos quadrinhos que compõem o número e assume valor 0 se há presença de imagem nestes mesmo quadrinhos. Isso define as características de entrada da RNA. Como a saída é o reconhecimento de números de 0 a 9, há uma definição de como será a saída da RNA: podendo ser 10 unidades, cada uma representando um dos dígitos, onde a unidade que estiver ativa na saída indicará o número que a RNA está reconhecendo em sua entrada. A camada

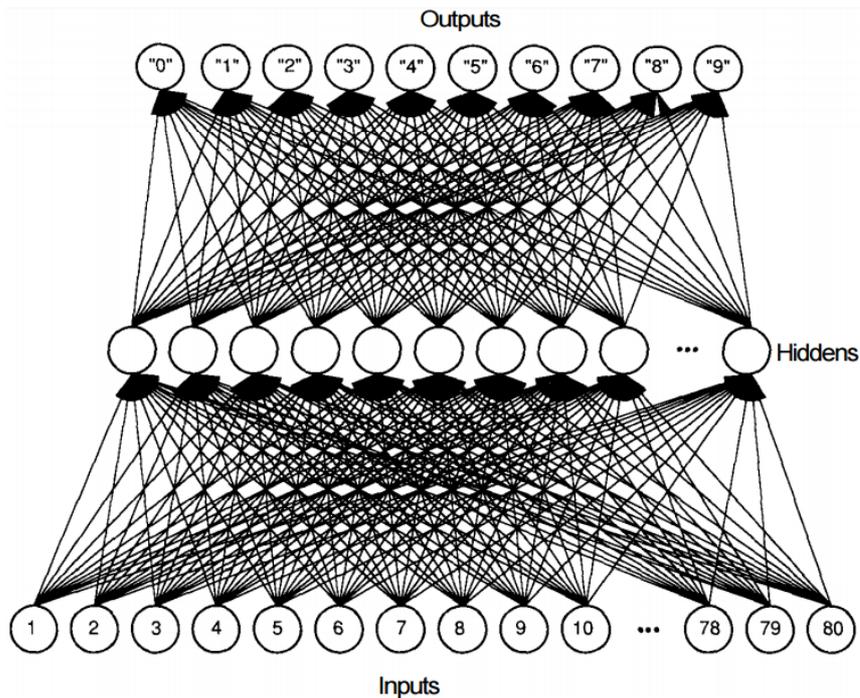
escondida é definida, em tempo de projeto, para se adequar aos melhores resultados. Um esboço de como seria a conexão da RNA, neste caso, é definida na Figura 9.

Figura 8 - Matriz de pixel representando a entrada da RNA



Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 9 - Representação esquemática de RNA reconhecadora de números



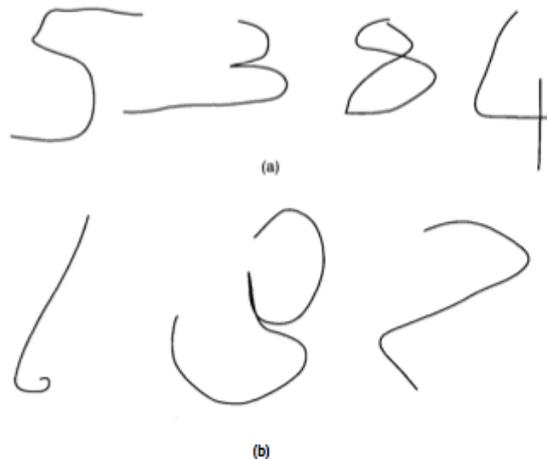
Fonte: Freeman e Skapura (1991).

Como foi dito anteriormente, a entrada é composta de informações contidas em vetor de formato de matriz 8x10, por isso vemos na figura números de 1 a 80. Eles compõem o fluxo de informações, que são os padrões de dados apresentados à rede. A forma como se dá a aprendizagem, veremos na próxima subseção (4.1.1.1).

4.1.1.1 A aprendizagem e a generalização da RNA

Neste exemplo do reconhecimento de números de 0 a 9, cada padrão de entrada aplicado à RNA pode ativar vários neurônios escondidos e a atividade relativa na camada escondida causa na camada de saída a excitação de um neurônio de saída que represente o padrão a ser identificado. Uma vez que a RNA é treinada adequadamente, imagens de números escritos por pessoas, cuja escrita não foi usada para treinar a rede, podem ser identificados e apresentados na camada de saída. A Figura 10 ilustra caracteres que a rede treinada pode reconhecer (os números 5, 3, 8 e 4), bem como outros que não pode (6, 3 e 2). A RNA reconhece qualquer número escrito que esteja aproximado do padrão aprendido por ela.

Figura 10 - Caracteres que a RNA treinada reconhece (a) e que não reconhece (b)



Fonte: Freeman e Skapura (1991).

É possível observar uma vantagem significativa na utilização de RNA na resolução de um problema: não é preciso um processo bem definido para conversão de uma entrada para uma saída. Basta um conjunto de exemplos representativos e a tradução (descrição do problema) desejada. A RNA, em seguida, adapta-se para reproduzir os resultados desejados quando são aplicados exemplos de entradas, respondendo, inclusive, mesmo quando apresentados exemplos que nunca viu antes.

Apesar do potencial da RNA em lidar com problemas de reconhecimento de padrões complexos, isso não esgota potenciais outros da mesma, podendo ser usada para diagnosticar problemas de sintomas, e até aprender a reconhecer e reproduzir uma sequência temporal de padrões. Todas estas redes são baseadas nos princípios de

construção simples discutido anteriormente, ou seja: uma entrada, camadas escondidas e uma saída.

Aglutinar conhecimentos linguístico e matemático (através de equações matemáticas para imitar as conexões neuronais cerebrais) é uma proposta teórico-metodológica que pode ajudar a solucionar problemas de pronúncia, especialmente, aqueles representados pelos nove fenômenos de transferência, aos quais acrescentamos outros cinco: Apagamento de [h] no início de palavras começadas por <h> (AH); Apagamento de <h> no início de palavras começadas por <hy> seguido de substituição do ditongo [aj] pela vogal [i] (AHS); Pronúncia de <h> no início de palavras começadas por <hy> seguido de substituição do ditongo [aj] pela vogal [i] (PHS); Pronúncia de <k> com inserção da vogal [i] em palavras começadas por <kn> (PKCV); Pronúncia de <k> sem inserção da vogal [i] em palavras começadas por <kn> (PKSV). Estes cinco fenômenos foram utilizados na alimentação da RNA desta pesquisa. A rede foi aplicada na confirmação e classificação dos fenômenos que foram previamente identificados pelos transcritores, e na observação da incidência de tais processos de transferência em função do nível de proficiência dos participantes.

Na próxima subseção, serão apresentados outros trabalhos que utilizaram RNA em estudos linguísticos. Após a descrição dos mesmos, retomaremos a descrição da RNA MLP utilizada em nosso experimento. O propósito na apresentação de outros estudos é para que tenhamos uma visão geral do que já foi realizado na área de estudos linguísticos computacionais. E assim, delimitar com maior precisão nossa aplicação na presente tese.

4.1.1.2 Estudos com aplicação de RNA

Outras pesquisas também foram desenvolvidas com a utilização de RNA, são elas: Honkela (1997) que mostra um estudo de Mapas Auto-Organizados (Self-Organizing Map - SOM) de Kohonen. A organização é feita a partir da medida de similaridades de pequenos contextos entre palavras. O estudo focaliza o uso de SOM no processamento de linguagem natural, comparando com métodos amplamente utilizados em pesquisas que envolvem inteligência computacional.

A aplicação principal do trabalho é a recuperação de informação e mineração de dados textuais para organizar uma coleção de documentos que objetiva fornecer uma visão geral da mesma, facilitando a navegação interativa. O estudo mostrou que palavras

interligadas tendem a se agrupar na mesma vizinhança durante o processo de auto-organização, classificando tais palavras em uma mesma categoria, ainda que nenhum rótulo de classe seja fornecido a priori.

Adámek (2002) apresenta a descrição de um ambiente de aprendizagem de redes neurais artificiais do tipo *perceptron* com treinamentos realizados por técnicas de gradiente conjugado e *Levenberg-Marquardt*. O objetivo foi treinar a rede neural para ser usada em situação de texto para fala (*text-to-speech/TTS*), em um sistema checo chamado Epos que está dentro de um sistema maior chamado Bang 3. A rede neural poderia então auxiliar aqueles que, mesmo não entendendo a programação do sistema, pudessem manuseá-lo. Assim, um indivíduo poderia falar diante do dispositivo e a rede identificar a prosódia do checo.

A rede foi treinada não para acertar de imediato, mas para fazer generalizações, ou seja, responder corretamente a *inputs* que não fizessem parte do treinamento. Em sua metodologia, o processo de treinamento e aprendizagem é iniciado com a apresentação de 18 frases de extensões variadas lidas por três participantes, um dos quais leu as 18 sentenças duas vezes, resultando num total de 72 frases, em tom neutro, inseridas como entrada da rede. A saída da rede era em formato F_0 retiradas das 36 leituras do participante que leu em dois momentos.

O autor relata que o treinamento foi suficiente e, portanto, finalizou quando a aptidão da rede atingiu seu ponto máximo e não mais melhorou. Assim, foi encontrada a menor diferença entre a entrada dos pares e a saída da rede. Além disso, o erro não diminuiu para um determinado número de rodadas e o tempo utilizado para o treinamento foi suficientemente longo. Ele afirmou que a maioria das redes aprendeu bem o comportamento do falante nos finais das sentenças, mesmo em momentos em que ele reduz fortemente a sua voz. A partir da aprendizagem da rede, outros falantes poderiam emitir frases para a rede e, em resposta, seria identificada a prosódia no checo.

No estudo de Mafra (2002) são apresentados conceitos e algoritmos que fazem parte da aplicação de um *software* de Reconhecimento Automático de Locutor independente de texto. Na metodologia é utilizado um processamento de sinais de voz e a retirada dos atributos primordiais destes sinais para posterior reconhecimento. Em seguida, é explicitado como a voz de cada locutor passa por modelagem através de rede neural de arquitetura denominada Self-Organizing Map (SOM), bem como o método de

comparação entre as respostas dos diferentes modelos quando da apresentação de um locutor desconhecido.

Por último, é descrita a formação do *corpus* de vozes a ser usado no treinamento e nos testes dos modelos das redes e nos resultados obtidos na tarefa de identificação do locutor. Os resultados dos testes permitem afirmar que as redes com mais unidades possuem maior capacidade discriminativa e respondem com menores erros de quantização no período do treinamento e maiores índices de acertos no momento dos testes. Mafra também apontou para o fato de se obter melhores resultados em treinamentos de maior duração.

O trabalho de Zimmer (2003) analisa, sob a perspectiva conexionista, a transferência de conhecimento grafo-fônico-fonológico do português brasileiro (PB) para o inglês durante a leitura de palavras de 156 adultos (divididos em quatro grupos de proficiência: básico, intermediário, pré-avançado e avançado), falantes monolíngues do PB e estudantes de inglês como língua estrangeira.

O estudo transversal investigou a incidência de nove processos de transferência nas produções dos participantes durante sessões de leitura: de não palavras, de palavras regulares, de palavras exceção e de palavras de alta e de baixa frequência. Em paralelo, é realizada uma simulação computacional dos fenômenos observados através de redes conexionistas do tipo *feedforward*. Zimmer (2003) conclui que aprendizes adultos podem não produzir a leitura oral e/ou a fala sem sotaque numa segunda língua, e a razão disso repousa no fato de que seu sistema cognitivo foi amplamente empregado na resolução de outros problemas, inclusive na compreensão e na produção de sua língua materna.

Quanto à aplicação da rede neural, foram usadas redes do tipo G-F e FG-F, rodadas no simulador LENS versão 2.6, porém, somente um dos nove fenômenos arrolados foi utilizado pela rede (o único processo analisado pela rede de Zimmer (2003) foi o processo 8: mudança vocálica).

Li, Farkas e MacWhinney (2004) têm como objetivo em seu estudo apresentar o DevLex, uma rede neural auto-organizável para desenvolvimento lexical inicial. Na metodologia é explicitado que a rede consiste de dois mapas auto-organizáveis: um semântico e um fonológico. Ambos são conectados por links associativos mediante “aprendizagem hebbiana” (cf. Haykin (2001)). O modelo apresentado é capaz de perceber

fenômenos de aquisição lexical inicial em crianças. Em seus resultados, o autor menciona que obteve representações topograficamente organizadas para categorias linguísticas ao longo do tempo, além de modelos lexicais em função da densidade da palavra e similaridade semântica. Por consequência, mostra os efeitos da idade de aquisição ao longo da aprendizagem de um léxico em expansão.

Poersch (2005) descreve três simulações, dentre as quais supervisionou duas no Centro de Pesquisas Linguísticas da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUCRS), onde na primeira, à semelhança da pesquisa de Rumelhart e McClelland (1986), abordou-se a aquisição de construções passivas e testou-se a produção e a compreensão de 300 falantes monolíngues, adultos e crianças, de português e de inglês. Duas técnicas foram utilizadas: análise de dados empíricos e simulação computacional de processamento neural. Uma rede neural conexionista foi construída, contando com o pressuposto de que a aprendizagem é baseada em processos associativos envolvendo pesos sinápticos modificáveis e conexões entre redes de unidades simples de computação.

Nesse estudo destacou-se a necessidade de constante intercâmbio entre os dados empíricos, achados neurológicos e técnicas computacionais. Na segunda simulação, foram coletados e analisados alguns dados empíricos de alunos de graduação que aprendem Inglês como língua estrangeira no Brasil e nos Estados Unidos. Os resultados mostraram que existe uma clara diferença entre os dois grupos de estudantes em termos de suas representações de texto e geração de inferências. A terceira simulação refere-se ao trabalho de Zimmer, orientada por Plaut, cuja descrição já foi mencionada anteriormente.

A tese elaborada por Muller (2006) apresenta uma investigação de técnicas computacionais que possibilitam a formulação de uma simulação para compreensão de frases faladas. Sua tese apoia-se no estudo Neurocognitivo de Processamento da Audição de Frases (MNPAF) que descreve como se dá o processamento cerebral quando da interpretação auditiva de frases. A partir desse estudo, foi implementado um protótipo computacional para representar o processo de compreensão da fala chamado COMFALA. Este sistema funciona de forma análoga às fases do processamento cerebral e apresenta quatro módulos: 1-processamento do sinal de fala, 2-análise sintática, 3-análise semântica e 4-avaliação das respostas das análises. Ou seja, o modelo proposto,

denominado COMFALA, foi projetado de forma a automatizar o processo de geração de padrões de fala e com eles possibilitar as análises sintática e semântica.

O objetivo foi indicar uma modelagem computacional que represente a organização do processamento cerebral da audição de frases. Como metodologia, foi selecionado um locutor para fazer a leitura de cinco frases, cada frase contendo cinco palavras. As frases foram gravadas duas vezes, sendo consideradas aquelas da primeira gravação, de onde foram selecionadas treze palavras (o, a, da, do, que, viu, gato, gostou, mordeu, menina, menino, cachorro, perseguiu), as quais foram segmentadas para formação de outras frases, como por exemplo: ‘o cachorro gostou da menina’, ‘o gato perseguiu o cachorro’, etc. As frases foram alocadas em cinco grupos: A-frases treinadas; B-frases gramaticalmente corretas, não treinadas e com sintagma nominal trocado; C-frases não treinadas com colocação do sintagma verbal no final; D-frases com erros graves de estrutura; E-sequências de palavras repetidas sem intenção de formar frases.

De posse das palavras/frases, foi realizada a codificação da entrada das redes neurais artificiais, responsáveis pela análise sintática e semântica da linguagem: 1- No módulo do processamento de sinal foi realizado o uso de onduletas no *software* Matlab. Assim, o módulo recebeu um sinal da frase falada (FF), em seguida, aplicou-se um algoritmo para obtenção dos coeficientes fonéticos (CF), e aplicou-se outro algoritmo para obtenção de coeficientes prosódicos (CP); 2- No módulo de processamento sintático, utilizou-se o sistema conexionista denominado SARDSRN-RAAM. Este sistema toma os CFs como padrões de entrada para processar na rede a análise sintática (ANS), assim, obtendo-se uma frase semelhante sintaticamente (FSS) àquela utilizada na entrada; 3- No módulo de processamento prosódico-semântico que fornece uma representação de fala (RF), as entradas foram os CFs e os CPs; 4- No módulo de avaliação, foram feitas ponderações das saídas sintática e prosódico-semântica com intuito de fazer-se uma aproximação textual e conceitual da frase falada.

Os resultados mostraram que é viável o desenvolvimento de um sistema conexionista para a compreensão de fala, uma vez que o mesmo é adequado por tratar de padrões numéricos que são extraídos do sinal de fala. No que tange à prosódia, entende-se que ainda há muito a ser aperfeiçoado, especialmente com a construção de modelos matemáticos mais robustos que representem de forma mais condizente as novas proposições advindas do campo neurocognitivo.

Gauthier *et al.* (2009) usam o modelo conexionista para explorar se e como crianças podem aprender o foco da prosódia diretamente da entrada de fala contínua. Foco é uma função comunicativa que serve para colocar ênfase em uma determinada parte de um enunciado, ou seja, é um meio prosódico de enfatizar uma parte específica de uma palavra ou frase em contraposição ao restante dos componentes do enunciado.

Neste estudo foi examinada uma questão específica sobre esse processo de desenvolvimento, isto é, se a fala do adulto contém estrutura fonética suficientemente informativa – correspondente às categorias do foco em nível de palavra –, de tal forma que seja possível para crianças adquiri-los através de aprendizagem não supervisionada. Foram usadas redes auto-organizáveis em três simulações para tentar superar também a dificuldade que consiste em diferentes intervalos de modulação utilizados por cada falante, o que dificultaria a identificação do foco.

Na primeira simulação, as redes foram treinadas com frases produzidas por um falante feminino adulto. Na segunda simulação foi apresentada à rede uma entrada produzida por quatro falantes adultos do sexo masculino. Na terceira simulação, a rede foi alimentada com 3.840 sentenças declarativas produzidas por quatro homens e quatro mulheres (falantes nativos de Mandarim em todas as simulações), para verificação de como o som-alvo poderia ser aprendido a partir de sinais acústicos contínuos produzidos por vários falantes. Todas as entradas das redes são F_0 e D_1 , que são os tamanhos das sentenças e a velocidade das mesmas, respectivamente.

Os resultados desse trabalho demonstraram que redes neurais não supervisionadas são capazes de realizar agrupamentos específicos tomando como base sinais de fala dinâmicos contínuos gerados por vários falantes em diversas condições de tom lexical. Além disso, a taxa de reconhecimento da rede era análoga à do desempenho humano.

No que diz respeito à aprendizagem das crianças, conclui-se que é possível para elas desenvolver categorias fonéticas que permitem o reconhecimento do nível de palavra, a partir da entrada F_0 contínua para um nível que se aproxima do desempenho de ouvintes normais adultos. Além disso, pode-se prever que as crianças pequenas devem ser capazes de discriminar variações de F_0 devido ao foco, mas a habilidade de contrastar diferentes categorias de foco, levando-se em conta a variação da entoação, apenas emerge quando da aquisição total do tom.

Outro trabalho que pode ser citado é Capuano (2009), que realiza simulação computacional para medir o poder cognitivo da rede neural modelo ART1, no momento da recuperação de informação de dados advindos de índices textuais de uma amostra de documentos. Esses documentos utilizados no experimento constituem uma amostra de resumos das apresentações dos encontros IA Summit realizados nos EUA de 2005 a 2008. Seis pessoas foram designadas para fazer a consulta no banco de dados, ou seja, cada uma das seis pessoas inseriram três sintagmas nominais por consulta, semelhantes a palavras-chaves, para localizar o texto desejado.

O objetivo principal da pesquisa é demonstrar a utilidade das redes neurais de Carpenter e Grossberg (1988) baseadas no conceito da Teoria da Ressonância Adaptativa que é um paradigma de rede neural desenvolvido por eles na Universidade de Boston. Este paradigma tem como principal característica a semelhança com os processos de aprendizagem humana. Partindo deste pressuposto, a rede aplicada no experimento apresentaria o poder da resolução semântica, conseguindo identificar sintagmas nominais de até três termos.

No trabalho de Capuano (2009), o *software* de rede neural foi simulado para automação do processo de ordenação e apresentação de resultados, além de uma interface homem-máquina interagindo no processo de consulta. Escolheu-se um padrão simples de correlação entre sinais gráficos do idioma inglês e números binários, incluindo-se, além de 26 letras do alfabeto inglês, o espaço em branco (entre termos), o traço, a apóstrofe e os sinais de interrogação e exclamação.

O resultado do experimento apresentou desempenho promissor no uso dos recursos propostos para um sistema de recuperação da informação. O estudo também concluiu que sistemas com essas características e com entradas e aprendizado contínuos – no modo não supervisionado – apresentam capacidade de clusterização (agrupamento) on-line variável.

Na pesquisa de Silva A. C. C. (2010) aplicou-se rede de Kohonen, que são redes neurais auto-organizáveis, implementadas no programa Matlab, para análise do conhecimento acentual em aprendizes brasileiros de língua inglesa. A proposta do trabalho consistiu em, inicialmente, "quantificar" as elocuições dos aprendizes de L2 por meio de coeficientes LPC (Linear Predictive Coding, uma técnica de codificação paramétrica do sinal de voz) e retirar outras características linguísticas/fonéticas que

tornassem possível representar o fenômeno investigado: a transferência do conhecimento prosódico do português para o inglês.

Após a conclusão dessa etapa, os dados extraídos foram inseridos na rede neural para análise das propriedades (regularidades) estatísticas do grupo de falantes como um todo. Finalmente, conseguiu-se visualizar a forma como a rede organizou os falantes e os alocou em grupos (e.g. nível de proficiência, determinada característica ou propriedade da fala, etc). Os resultados das simulações demonstraram que a rede SOM é uma ferramenta que pode ser usada para avaliar o grau de distância a que um grupo de aprendizes está do grupo de falantes nativos, ou seja, uma rede neural pode vir a ser utilizada para determinação de nível de proficiência em língua estrangeira.

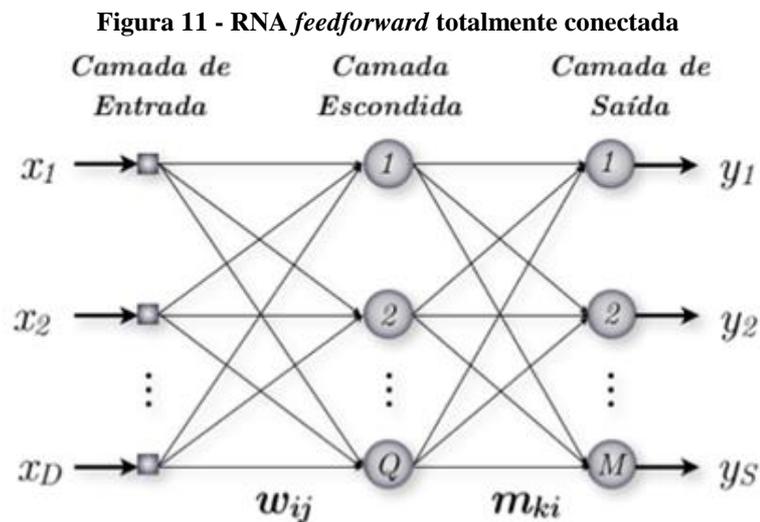
Na nossa pesquisa será utilizada a rede neural tipo MLP (*Multi-Layer Perceptron*) com treinamento Levenberg-Marquardt tipo *feed forward*, sobretudo, pelas razões já citadas anteriormente e reafirmadas na próxima subseção (4.1.1.3). O processo de aprendizagem a ser utilizado nesta pesquisa é o modo supervisionado que, ao lado da teoria conexionista, oferece alternativas que podem determinar, além de níveis de proficiência linguística de aprendizes, fenômenos de transferência. Vejamos, a seguir, as considerações sobre a RNA utilizada na nossa pesquisa.

4.1.1.3 RNA de multicamadas (*Multi-Layer Perceptron - MLP*)

A razão da escolha deste modelo de RNA se deve ao fato de que as simulações permitem que o treinamento habilite a RNA para identificar a ocorrência (e classificar) dos fenômenos a partir do sinal de voz do falante. A MLP é amplamente aplicada com largo êxito em problemas de reconhecimento de padrões, como é o caso dessa proposta. E isso é possível porque na rede MLP *feedforward* “as informações fluem da entrada para a saída da rede, através das conexões sinápticas, de forma que as saídas da camada de entrada são totalmente conectadas às entradas da primeira camada intermediária” (BARBOSA, 2008, p.60) e assim prosseguem até ser alcançada a camada de saída. Essa configuração permite o processo de aprendizagem da rede de forma evolutiva conforme o aprendizado de um estudante que avança semestre após semestre.

Conforme Figura 11, esta rede neural é constituída pela camada de entrada em conjunto com os nós que formam a interface de entrada (x); pela camada ou camadas intermediárias ou escondidas; e pela camada de saída (y).

As conexões sinápticas, representadas pelas setas entre as camadas, mantêm uma ligação entre as camadas da rede, sendo assim temos: o peso sináptico w_{ij} associando a entrada j e ao neurônio i ($i=1, \dots, Q$), onde Q é o número de neurônios da camada escondida. O peso sináptico m_{ki} conecta o neurônio i ao neurônio k da camada de saída ($k=1, \dots, M$), onde M é o número de neurônios da saída (BARBOSA, 2013).



Sob um conjunto de neurônios fortemente conectados, a análise de uma MLP ocorre através da distribuição de unidades não lineares, incluindo-se aí as camadas escondidas. Se a quantidade de neurônios é insuficiente, a MLP torna-se muito simples e sem habilidade para resolução de um problema mais complexo; situação denominada *underfitting*. Em contra partida, um número excessivo de unidades escondidas leva a rede a focar em detalhes irrelevantes das amostras apresentadas no período do treinamento, dificultando o processo de generalização da rede; a esta situação dar-se o nome de *overfitting*.

Um contexto importante de se observar sobre a capacidade de generalização da MLP e que influi diretamente nos fenômenos de *underfitting* e/ou *overfitting* diz respeito ao número de unidades na camada escondida, que mantém relação com o período de treinamento da MLP e com o período de teste. Na Figura 12 há a comparação da taxa de erro em relação ao número de neurônios na camada escondida para a série de dados de treinamento e de teste. Nota-se que à medida que se aumenta o número de neurônios escondidos tem-se uma diminuição nesta taxa de erro para os dois grupos de dados (treinamento e teste). Porém, o aumento indiscriminado de neurônios escondidos pode levar ao conhecido efeito de pico, que continua a promover diminuição da taxa de

aprendizagem na série de treinamento enquanto piora a taxa de erro no grupo de teste. Isso significa um prejuízo na generalização da MLP.

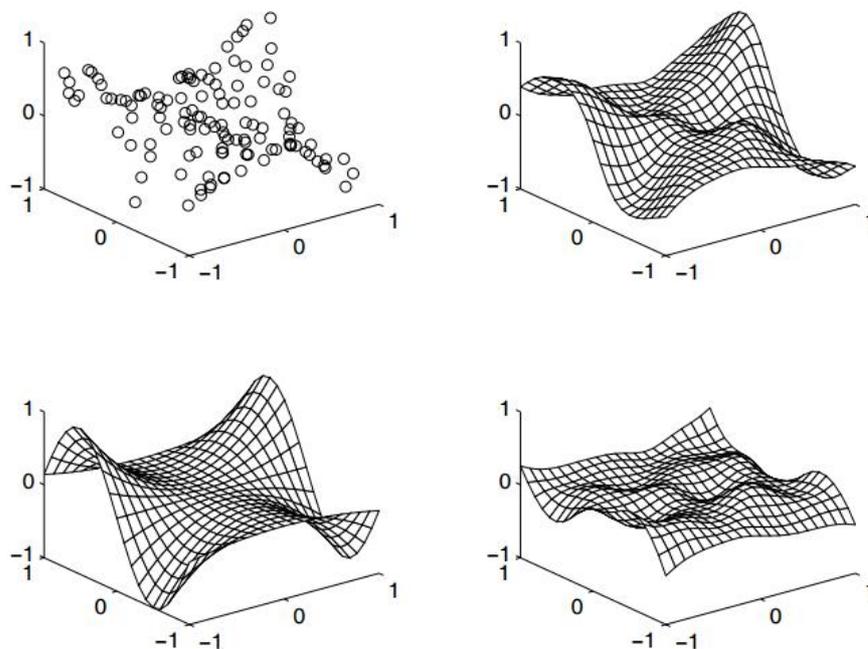
Figura 12 - Taxa de erro nas séries de treinamento e teste em função do número de neurônios na camada escondida.



Fonte: Adaptada de Kröse e Smagt (1996).

Como exemplo, podemos apresentar a Figura 13, onde se vê na parte superior esquerda os dados originais a serem representados pela RNA, tipo MLP, em uma proposta de aproximação de função.

Figura 13 - Exemplo de aproximação com MLP.



Fonte: Kröse e Smagt (1996).

Tal proposta exige que a MLP seja capaz de descobrir a função matemática que pode formar a representação geométrica que passe por todos os pontos no espaço tridimensional fornecido como entrada. No canto direito superior da Figura 13, é

mostrada a figura geométrica de aproximação alcançada pela MLP após o treinamento e teste.

Para efeito de comparação, na esquerda inferior, observa-se a função tridimensional original de onde os pontos de entrada foram extraídos como amostra de treinamento e teste da MLP. No último gráfico da figura, inferior direita, está o erro calculado, ou seja, a diferença entre a função tridimensional original e a aproximação da MLP. Podemos afirmar que a aproximação é bem semelhante à representação gráfica original, e isso se reflete pelo formato do gráfico de erro em torno de zero que é obtido no último gráfico.

4.2 RESUMO

Finalizamos esta seção afirmando que as redes neurais artificiais constituíram ferramenta computacional para identificação e classificação dos processos de transferência propostos nesta pesquisa, e funcionaram como aparato para compreensão do comportamento de fenômenos da transferência L1/L2 no processo de leitura de palavras de alta e baixa frequência, cognatas e não cognatas.

A ordem de apresentação dos tópicos constituintes desta seção são elencados a seguir: definimos e apresentamos a composição da RNA; descrevemos a trajetória do erro, bem como discorremos sobre a sua aprendizagem e generalização; também apresentamos algumas pesquisas que utilizaram redes neurais artificiais e finalizamos com a descrição da RNA implementada no presente estudo.

A seguir, iniciaremos a seção de metodologia, onde serão descritos todos os procedimentos utilizados na estruturação e aplicação do experimento.

5 METODOLOGIA

Esta seção é dividida em duas partes principais, a saber: 5.1 METODOLOGIA DO ESTUDO EMPÍRICO, onde descrevemos os estágios necessários à realização da coleta de dados e dos testes estatísticos aplicados; e 5.2 METODOLOGIA DA SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL, onde descrevemos as especificações da RNA, o processo de tratamento de dados e sua aplicação nas realizações das simulações para identificação e classificação dos processos de transferência propostos.

5.1 METODOLOGIA DO ESTUDO EMPÍRICO

Classificamos esta pesquisa como sendo descritiva; realizada de forma transversal. O estudo empírico é a etapa de definição da amostra, do desenvolvimento do teste de leitura, da aplicação da coleta de dados, da transcrição fonética e da aplicação de testes estatísticos aos dados coletados.

5.1.1 Contexto da pesquisa

Para aplicação do experimento, foi selecionado o Núcleo de Línguas Estrangeiras da UECE. Localizado na cidade de Fortaleza, no bairro de Fátima, atende alunos de diversas faixas etárias que pretendem estudar língua estrangeira. Ressaltamos que o Núcleo de Línguas Estrangeiras é um projeto de extensão que está diretamente ligado ao Curso de Letras da UECE. Com o objetivo de proporcionar oportunidade de estágio para os alunos das licenciaturas das línguas inglesa, francesa e espanhola, também apoia projetos acadêmicos e culturais da Universidade.

Os cursos ofertados pelo Núcleo são: 6 semestres de inglês (do básico ao intermediário) e 1 avançado, 7 de francês, 6 de espanhol e 1 avançado, 6 de japonês e 1 avançado, 3 de latim e 3 de grego. No edital de 2015.1 também foi ofertado o alemão. Em nossa pesquisa, trabalhamos com os semestres de língua inglesa. A admissão nesses cursos se dá de duas formas: teste de nível, com vagas ofertadas a partir do semestre II, ou teste de seleção, onde são ofertadas 25 vagas para cada curso.

Para realização dos trabalhos, solicitamos permissão ao Núcleo de Línguas, por meio de Termo de Anuência da Coordenação (APÊNDICE A), que foi assinado pelo coordenador para posterior submissão ao Comitê de Ética da UECE. Os participantes, menores de idade, precisaram assinar Termo de Assentimento (APÊNDICE C) e, ao

mesmo tempo, seus pais ou responsáveis assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (APÊNDICE B). Os participantes adultos, por sua vez, assinaram apenas o último termo citado. O projeto foi aprovado pelo comitê, conforme o parecer nº 1.379.854 (ANEXO A).

5.1.2 Definição da amostra

Os participantes da pesquisa são alunos do Núcleo de Línguas Estrangeiras da UECE, dos semestres: 1, 2 e 3 (nível básico de proficiência); 4, 5 e 6 (nível intermediário de proficiência) e 7 (nível avançado de proficiência).

Foi aplicado um questionário (APÊNDICE D), elaborado pela própria pesquisadora, a fim de se obter informação sobre a experiência dos participantes com línguas estrangeiras. Perguntas como ‘se aluno possui reprovação’, ‘se estuda ou estudou outra língua estrangeira’ foram feitas e, a partir de suas respostas, foram incluídos no experimento aqueles que apresentaram os pré-requisitos estabelecidos. Os critérios de inclusão e exclusão dos participantes serão descritos nas seções 5.1.2.2 e 5.1.2.3.

5.1.2.1 Instrumento de amostragem: Questionário de sondagem linguística

O questionário de sondagem (APÊNDICE D) serviu para coletar informação sobre a trajetória do participante no que concerne aos seus estudos de língua estrangeira. Aplicado no momento da aula para as turmas que correspondem aos três níveis de proficiência (básico: semestres 1, 2, 3; intermediário: 4, 5, 6 e avançado: 7), constitui-se das seguintes questões, conforme mostrado no Quadro 7.

Foi importante fazer a pergunta 4 porque, caso o participante estudasse (ou tivesse estudado) uma outra língua, isso poderia significar um número diferenciado de informações acumuladas na experiência cognitiva do mesmo, o que poderia, de algum modo, interferir na produção oral dos vocábulos em inglês e distorcer os resultados. Assim, tiveram seus dados coletados em áudio os alunos que estudavam somente inglês como L2.

No caso de resposta afirmativa para a questão 5, o aluno também não teria seus dados coletados. A reprovação pode proporcionar certo nível de experiência com a fonologia ministrada no semestre anterior (cursado pelo aluno), o colocando à frente daquele que está cursando pela primeira vez. Ou poderia, na verdade, significar uma

dificuldade do aluno na aprendizagem de L2, isso acarretaria em distorção dos resultados. Mesma observação para o participante que marcar o item ‘fazendo curso de inglês na questão 6’ e “Sim” na questão 8. As questões 1, 2, 3 e 7 serviam apenas para breve identificação e formação do perfil, porém, com manutenção de sigilo. O ideal na aplicação deste experimento é que os sujeitos tenham, como experiência mais significativa com inglês, aquela iniciada no Núcleo de Línguas Estrangeiras da UECE.

Quadro 7 - Questionário de Sondagem Linguística.

QUESTIONÁRIO DE SONDAÇÃO LINGUÍSTICA	
1.Nome:	_____
2.Semestre:	_____
3.Idade:	_____
4.Estuda (ou estudou) outra língua além do inglês?	Sim () Não ()
5.Possui alguma reprovação no curso de inglês no Núcleo de Línguas?	Sim () Não ()
6.Como era seu contato com o inglês antes de entrar no Núcleo de Línguas?	
	() através de música () estudando a gramática do inglês
	() através de filmes () através da internet
	() fazendo curso de inglês
7.Há quanto tempo estuda inglês?	_____
8.Já morou em país de língua inglesa?	Sim () Não ()

Fonte: Elaborado pela autora.

Devido a tal variedade de modelos para definição de nível de proficiência de um aprendiz, Gass e Selinker (1993) afirmam que, muito comumente, há discordância na nomeação de categorias definidoras dos níveis. Elas podem ser consideradas avançadas para um pesquisador e intermediárias para outro. A existência de muitos testes que servem como padrão de aferição de proficiência aplicados em estudantes de L2, torna

complexa a comparação e definição de nível de proficiência. Uma vez que não existe uma demarcação exata entre os níveis, não há uma aceitação plena pelos pesquisadores.

Para definir o critério que estabelece o nível de proficiência dos sujeitos desta pesquisa, tomamos como base alguns estudos como Thomas (1994) que explicita quatro formas de verificar proficiência linguística em L2, sendo elas: (a) julgamentos impressionistas; (b) *status* institucional; (c) testes criados especificamente para um determinado experimento; e (d) testes normatizados, bastante difundidos e utilizados por grande número de instituições (TOEFL, *Michigan Proficiency Test* etc).

Assim, optamos pelo status institucional, ou seja, tomamos como base de cálculo a quantidade de horas-aula acumulada no curso de inglês pelo aluno. Esse método já foi adotado por outros pesquisadores, como Ellis (1982), Praxedes Filho (2007) e Silva A. C. C. (2010).

No Quadro 8, é apresentada a proposta de nível de proficiência do curso de extensão em língua inglesa do Núcleo de Línguas Estrangeiras da UECE. A grade curricular é organizada por semestre e toma as horas-aula de cada semestre cursado como base para determinação de nível de proficiência.

Quadro 8 - Estrutura curricular do curso de extensão em língua inglesa no semestre 2015.1.

Semestre	Horas-aula por nível	Nível de proficiência	Horas Acumuladas
1	60 h-a	Iniciante	60
2	60 h-a	Iniciante	120
3	60 h-a	Iniciante	180
4	60 h-a	Intermediário	240
5	60 h-a	Intermediário	300
6	60 h-a	Intermediário	360
7	60 h-a	Avançado	420
Total de horas-aula	420 h-a	-	-

Fonte: Elaborada pela autora.

5.1.2.2 Critérios de inclusão

Tiveram seus dados coletados em áudio os alunos que estudavam somente inglês como L2, que apresentassem nível de proficiência de acordo com o que estabelecido pela instituição e que não tivessem estudado em outro curso além do Núcleo de Línguas Estrangeiras da UECE.

5.1.2.3 Critérios de exclusão

Caso o participante estudasse (ou tivesse estudado) outra língua, ou mesmo a língua inglesa (no Brasil ou no exterior) seu áudio não seria coletado, pois, este conhecimento linguístico poderia interferir na produção oral dos vocábulos em inglês e distorcer os resultados. Em caso de reprovação, o participante também não faria parte da pesquisa, pelas razões já explicadas anteriormente.

De acordo com os critérios postos, participaram da pesquisa 76 alunos matriculados nos semestres do Núcleo de Línguas da UECE. O que resultou em previsão de gravações de 2.280 palavras para análise. No Quadro 9, apresentamos o número de alunos para cada turma analisada:

Quadro 9 - Total de alunos em cada semestre.

SEMESTRE	Nº DE ALUNOS
S1	14
S2	14
S3	10
S4	15
S5	8
S6	8
S7	7

Fonte: Elaborado pela autora.

5.1.3 Materiais e equipamentos

5.1.3.1 Iphone

O equipamento de gravação é um *app* Gravador, nativo do *smartphone Iphone* da *Apple* e foi utilizado para registrar a produção oral, por meio da leitura, dos alunos.

Para acessar o dispositivo de gravação é necessário apenas um *click* no ícone indicado: botão vermelho em formato circular no centro da tela (e botão de forma quadrada para concluir a gravação), conforme mostra a Figura 14.

À medida que o aluno lê a palavra em língua inglesa, sua voz é gravada e salva em arquivo no formato mp4, formato padrão do *App* Gravador do *Iphone*. Posteriormente, na manipulação dos áudios em *software* para análise de espectrograma e oscilograma, estes áudios serão salvos em outro formato.

Figura 14 - Dispositivo de gravação (imagem de tela do *app* Gravador do *iPhone*).



Fonte: Elaborada pela autora.

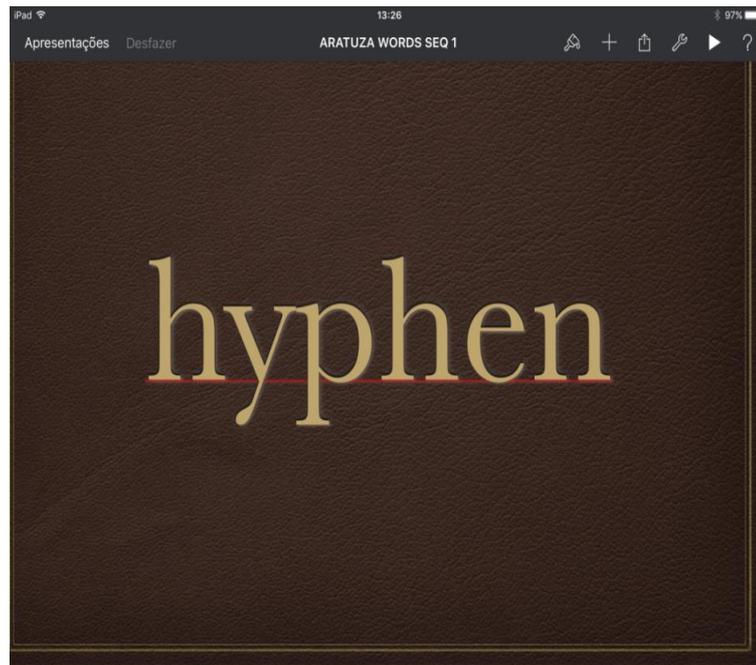
5.1.3.2 Ipad

No momento da leitura, foi utilizado o *tablet* do tipo *Ipad* da *Apple*, por meio do *app Keynote*, através do qual foram apresentadas as palavras a serem lidas (Ver Figura 15). Os vocábulos podem ser vistos no apêndice E e também são apresentados na subseção 4.1.5.1.

Logo que a palavra surgia na tela, o aluno poderia iniciar a leitura. Tomando como modelo alguns dos trabalhos citados, Zimmer (2003), por exemplo, que investigou nove processos na decodificação leitora de um conjunto de 64 vocábulos (palavras e não palavras) em 156 sujeitos e Silva A. C. C. (2010) que trabalhou com 33 itens; estabelecemos para os fenômenos de transferência propostos 30 vocábulos (12 palavras para AH, 12 palavras para PHS/AHS, 6 para PKCV/PKSV) onde podíamos encontrar palavras de alta frequência e de baixa frequência, cognatas e não cognatas a serem lidas. Assim, totalizando 30 palavras por aluno.

A leitura dos vocábulos de cada sujeito foi transcrita pela pesquisadora e por outros dois transcritores, profissionais na área, para a identificação e classificação dos fenômenos. Uma amostra destas transcrições, nas quais se utilizou International Phonetic Alphabet (2015), estão mostradas no Apêndice F. Paralelamente, da gravação serão extraídos dados de sinais de voz, os quais formarão o vetor de entrada (*input* linguístico) da RNA-MLP.

Figura 15 - Tela de slides (extraído do app Keynote).



Fonte: Elaborada pela autora.

Reforçamos que os profissionais responsáveis pelas transcrições são professores de língua inglesa e possuem experiência em transcrição fonética, identificados como: avaliador A, avaliador B e avaliador C. Sendo este último a pesquisadora responsável por esta tese. A avaliadora A é mestre em linguística aplicada pela Universidade Estadual do Ceará - UECE (2013), na linha de Multilinguagem, Cognição e Interação, possui proficiência em Língua Inglesa pela Universidade de Cambridge (2008) e é professora efetiva do Instituto Federal do Ceará - IFCE, onde atua como coordenadora e orientadora de projetos que envolvem a língua estrangeira – o Inglês.

O avaliador B é graduado em Letras pela Universidade Federal do Ceará - UFC e atua na Casa de Cultura Britânica da UFC como professor das disciplinas de produção oral em língua inglesa, habilidade escrita e pronúncia. Também exerce sua função de professor em escolas de idioma em Fortaleza.

A avaliadora C, professora e pesquisadora responsável por esta tese, é mestre em Linguística Aplicada pela Universidade Estadual do Ceará - UECE (2012), já lecionou em escolas de idioma da cidade de Fortaleza por sete anos e também já lecionou em escolas públicas municipais na mesma cidade.

5.1.4 Instrumentos utilizados

5.1.4.1 Teste oral: leitura de palavras

As palavras lidas pelos alunos na tela do *Ipad* foram em número de 30: 12 palavras para AH, 12 palavras para PHS/AHS, 6 para PKCV/PKSV), sendo elas cognatas, não cognatas, de alta frequência e de baixa frequência (APÊNDICE E). Cada uma foi retirada do Corpus do Inglês Americano Contemporâneo (*Corpus of Contemporary American English-COCA*) o qual é composto atualmente de 450 milhões de palavras (DAVIES, 2015). Cada vocábulo utilizado nesta pesquisa é apresentado com o registro de sua frequência no corpus em subseção posterior.

Quanto ao critério de frequência, observamos os estudos de Guedes e Borschiver (2005) que apresentam a 1º lei de Zipf, a qual demonstrou que o produto da ordem de série (r) de uma palavra, pela sua frequência de ocorrência (f) era aproximadamente constante (c). Enunciou assim que:

$$r \cdot f = c$$

Essa fórmula aplica-se a palavras de alta frequência. A segunda lei de Zipf, no entanto, é válida para palavras de baixa frequência e é representada como se segue:

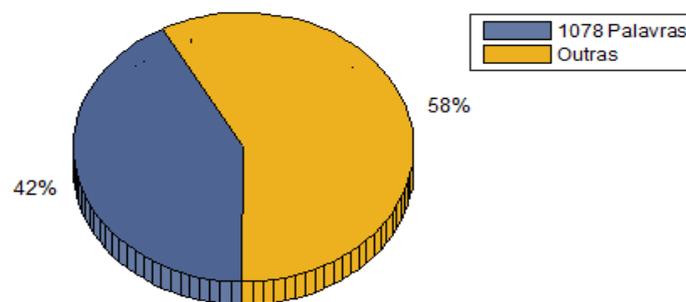
$$\frac{I_1}{I_n} = \frac{n(n+1)}{2}$$

Onde I_1 é o número de palavras de frequência 1, I_n é o número de palavras que tem frequência n , 2 sendo a constante válida para a língua inglesa. Observa-se que existem várias palavras de baixa frequência com a mesma ordem de série. Ressalta-se ainda que “algumas palavras têm frequência de ocorrência muito rara e, para que haja probabilidade de ocorrerem no *corpus*, é necessário incorporar-se uma quantidade grande de palavras ao *corpus*” (SARDINHA, 2000). Ou seja, “quanto maior a quantidade de palavras, mais probabilidade há de palavras de baixa frequência aparecerem” (SARDINHA, 2000).

Ambas as fórmulas localizam palavras em uma lista composta pela ordem decrescente de frequência. Esse foi o primeiro procedimento para o aprofundamento do estudo do *corpus* a ser utilizado na presente pesquisa. Definiu-se as duas extremidades da lista de distribuição de palavras, sem nos esquecermos também da região de transição, onde, segundo a hipótese de Pao (1978), estão as palavras de maior conteúdo semântico.

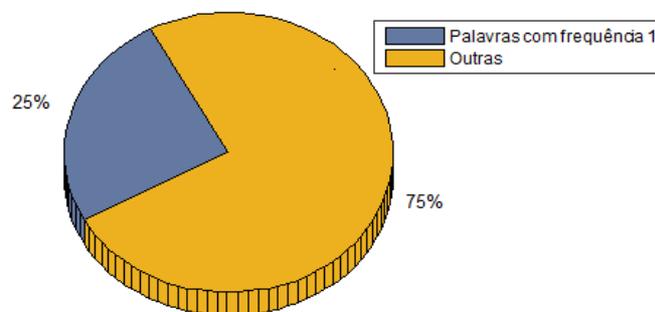
Outro estudo que norteou nossa seleção de palavras foi Biderman (1998), que afirma que, em cerca de 42% da primeira região da lista de ocorrências de um *corpus*, pode-se retirar, aproximadamente, mil palavras, as quais compõem 80% de qualquer texto escrito de qualquer língua. Ilustramos estes percentuais na Figura 16. No caso das palavras de baixa frequência, especialmente, aquelas de ocorrência 1, tem-se que elas podem ser retiradas dos 25% finais da lista de um *corpus*, conforme evidenciado por Biderman (1998), demonstrado na Figura 17.

Figura 16 - Localização das palavras de alta frequência no corpus.



Fonte: Adaptada de Biderman (1998).

Figura 17 - Localização de palavras de baixa frequência no corpus.



Fonte: Adaptada de Biderman (1998).

A partir dos estudos ora apresentados, iniciamos a seleção das palavras a serem lidas pelos participantes da presente pesquisa no teste de leitura. As palavras estão dispostas, nas Tabelas 1 a 3, referentes a cada processo investigado, organizadas das palavras mais frequentes para as menos frequentes. As tabelas também evidenciam as cognatas e não cognatas para os processos de transferência AH e AHS/PHS. Os processos PKSV e PKCV não possuem essa categoria.

Tabela 1 - Processo de transferência AH.

Alta Frequência	Cognatas	Alta Frequência	Não cognatas
114904	history	4303955	have
39642	hotel	295936	high
9829	humor	216082	help
Baixa Frequência	Cognatas	Baixa Frequência	Não cognatas
690	hiatus	488	hang
564	herpes	462	hem
501	holocaust	407	hog

Fonte: Elaborada pela autora.

Tabela 2 - Processos de transferência AHS e PHS.

Alta Frequência	Cognatas	Alta Frequência	Não cognatas
9820	hypothesis	2913	hyde
4901	hydrogen	2063	hype
1299	hygiene	592	hyman
Baixa Frequência	Cognatas	Baixa Frequência	Não cognatas
500	hyperbole	256	hyland
129	hyphen	246	hydrangea
127	hyper	217	hyannis

Fonte: Elaborada pela autora.

Tabela 3 - Processos de transferência PKSV e PKCV.

Alta Frequência	Palavras
892535	Know
17146	Knock
15792	Knife
Baixa Frequência	Palavras
248	Knickers
237	Knell
135	Knave

Fonte: Elaborada pela autora.

As palavras de alta frequência foram retiradas seguindo a orientação de Biderman (1998), ou seja, coletamos aquelas localizadas na primeira parte do *corpus* correspondente a cerca de 42% (todas com frequência acima de 500 ocorrências). As palavras de baixa frequência foram aquelas localizadas nos últimos 25% do *corpus*. Foi possível selecionar cognatas com ocorrência menor que 500, excetuando-se: <hiatus>.

<herpes>, <holocaust>, <hyperbole>. Isso se justifica pelo fato de haver uma pequena quantidade iniciada por <h> e por <hy>.

Em sua maioria, as palavras são monossilábicas, estrutura de grande incidência na língua inglesa. Intentamos homogeneizar o quanto possível, porém, como o experimento também abrange palavras cognatas, tornou-se necessária a inclusão de dissílabas, trissílabas e (uma) polissílaba, bastante recorrentes no PB.

Após aplicação de questionário de sondagem linguística, no início das aulas, para todas as turmas da manhã e as turmas do semestre avançado da tarde, a pesquisadora retornou na semana seguinte para a gravação de áudio dos participantes. O período de gravação durou dois dias, ocorrendo nos turnos da manhã e da tarde. A leitura foi realizada em espaço do Núcleo de Línguas Estrangeiras da UECE, sem tratamento acústico. No entanto, isso não se constituiu um problema, uma vez que as RNAs, na implementação de mapeamentos lineares ou não lineares, são consideradas aproximadores universais robustos, suportando até alguns níveis de ruídos nos dados (HAYKIN, 2001; CYBENKO 1989).

Além do mais, o intuito do nosso trabalho, na perspectiva de aplicações futuras, é exatamente viabilizar testes de proficiência e detecção de processos de transferência em ambientes variados, como por exemplo: residências, salas de aula. Onde não há controle rigoroso de ruídos, daí a robustez da RNA na identificação dos fenômenos.

Após a leitura, as produções foram transcritas para identificação e classificação dos fenômenos. O áudio também foi apresentado à RNA MLP, para que esta confirme tais processos e verifique a incidência dos mesmos em função do nível de proficiência.

5.1.5 Especificações de projeto da RNA-MLP

A RNA-MLP utilizada neste trabalho apresenta especificações de projeto baseadas nas funções do Neural Network Toolbox™ do Matlab, ferramenta sobre a qual forneceremos mais esclarecimentos adiante (seção 5.2.3). Os dados foram carregados para o espaço de trabalho do Matlab contendo as entradas que foram apresentadas para treinamento, validação e teste, além dos alvos de saída. As entradas foram os valores das médias dos formantes F1 e F2, representando as características do sinal de voz dos

participantes, especificamente da região de investigação de ocorrência dos fenômenos de transferência estudados, ou seja, o início das palavras.

Obedecendo as melhores práticas de projeto de RNA, as entradas foram normalizadas de forma a se ter média 0 e desvio padrão 1. Esta técnica de normalização escalona todas as entradas da RNA, que podem ter ordem de grandeza bem diferente (F1 com ordem de grandeza de centenas de Hz, enquanto F2 com ordem de grandeza de milhares de Hz), para uma faixa entre -1 e 1, fazendo com que o conjunto de dados apresente média nula e desvio padrão unitário.

No caso das saídas, foram consideradas as classificações dadas pelos transcritores para cada uma das palavras dos participantes, sendo esta classificação codificada por número representando a ocorrência ou não do fenômeno de transferência e, quando da ocorrência, codificando que tipo de fenômeno aconteceu.

Ressaltamos que não houve discordância entre os três transcritores no que se refere à região de incidência dos fenômenos. Assim, por exemplo, para palavras iniciadas com <kn>, o número 1 na saída significava não ocorrência do fenômeno de transferência. O número 2, ocorrência de PKSV e número 3 ocorrência de PKCV. Atrelado a isto, temos que a estratégia mais comumente utilizada para aplicações de RNA em reconhecimento de padrões é a *Winner Takes All* (O vencedor leva tudo).

Tal estratégia utiliza na camada de saída da RNA um número de neurônios igual ao número de classes que se deseja classificar. Permanecendo no exemplo das palavras iniciadas com <kn>, seriam três neurônios nesta referida camada de saída: um representando a classe sem ocorrência, um representando PKSV e o último representando PKCV. A estratégia considera vencedor o neurônio da camada que obtiver maior valor em sua saída. O neurônio vencedor dá, então, a classificação da RNA como solução do problema de identificação e classificação. Por exemplo, se o processo realizado pelo participante for PKCV, a saída-alvo apresentará valor 1 para o vetor indicativo do fenômeno, enquanto o vetor de PKSV recebe 0 e o vetor da não ocorrência também recebe 0.

Complementando a descrição posta no parágrafo anterior, e a título de comparação de cálculo de erro (estratégia *backpropagation*), é necessário comparar a saída da RNA com os valores-alvo. Para isso, na presente pesquisa, o código-alvo de saída se tornou um código de 3 dígitos que pôde ser comparado com os três neurônios de

saída do *Winner Takes All*, a exemplo das palavras iniciadas com <kn> e a possibilidade de escolha entre as três classes já mencionadas: ‘PKSV’, ‘PKCV’ e ‘não ocorrência do processo’.

O projeto que a RNA utilizou neste trabalho codificou os alvos considerando o neurônio representante da classe vencedora com valor 1 e os demais com valor 0. No Quadro 10, a seguir, é mostrada a codificação numérica dos alvos para aplicação da estratégia *Winner Takes All*, bem como um exemplo da saída da RNA com a aplicação da referida estratégia, e a comparação entre o alvo e a classificação obtida da RNA.

Outra especificação importante para o projeto da RNA desta pesquisa diz respeito ao número de neurônios na camada escondida. Normalmente, a busca pelo número ótimo de neurônios nessa camada, que é responsável pelo aprendizado da RNA, passa por testes de variação desse número com avaliação do desempenho dos resultados. Neste trabalho, fizemos a variação do número de neurônios na camada escondida e avaliamos o nível de acertos da RNA comparando as classificações certas da saída, no intuito de se achar o número ótimo de neurônios para a camada escondida que solucionasse o problema de reconhecimento de padrões.

Quadro 10 - Codificação de alvo para aplicação da estratégia *Winner Takes All*, com indicação de neurônio vencedor e comparação de saída da RNA com saída alvo.

Alvo - Saída Desejada	Codificação da Saída Desejada			Saída da RNA - <i>Winner Takes All</i>			Decodificação da Saída da RNA	Comparação da Saída da RNA com Alvo
	Normal	PKSV	PKCV	Normal	PKSV	PKCV		
1	1	0	0	0,91	0,03	0,09	1	Ok
3	0	0	1	0	0,23	0,89	3	Ok
1	1	0	0	0,98	0,21	0,18	1	Ok
2	0	1	0	0,01	0,88	0,22	2	Ok
2	0	1	0	0,11	0,62	0,87	3	ERRO
1	1	0	0	0,99	0,02	0,12	1	Ok
1	1	0	0	0,78	0,34	0,19	1	Ok

Fonte: Elaborado pela autora.

Para proceder com o treinamento da RNA, foi utilizada a função de treinamento *backpropagation* com otimização de Levenberg-Marquardt, frequentemente recomendado para convergência rápida do treinamento. Os principais parâmetros foram

Foram apresentados 70% de massa de dados para a fase de treinamento, em seguida, foram apresentados 15% de dados para a validação da rede. Para a fase de teste, o percentual de dados separado consistiu daqueles (dados) que ainda não haviam sido apresentados para a RNA, 15% do total de dados. Realizada a apresentação, seu desempenho de acertos quanto à ocorrência dos fenômenos, bem como a devida classificação dos mesmos, foram comparados em relação aos alvos estabelecidos pelos transcritores e computados os registros de acerto em termos percentuais.

No intuito de apresentar melhor resultado, foram projetadas três RNAs, uma para cada grupo de palavra onde foram investigados os processos de transferência propostos, a saber: AH, AHS/PHS e PKSV/PKCV.

5.2 METODOLOGIA DA SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL

Nas próximas subseções são descritas todas as fases realizadas e necessárias para a alimentação e operacionalização da RNA com os áudios coletados. Iniciaremos com o tratamento dos dados, a descrição do projeto da RNA, os treinamentos implementados para a aprendizagem da RNA e o efetivo funcionamento desta na identificação e classificação dos fenômenos AH, AHS, PHS, PKSV e PKCV.

5.2.1 Extração de características dos áudios

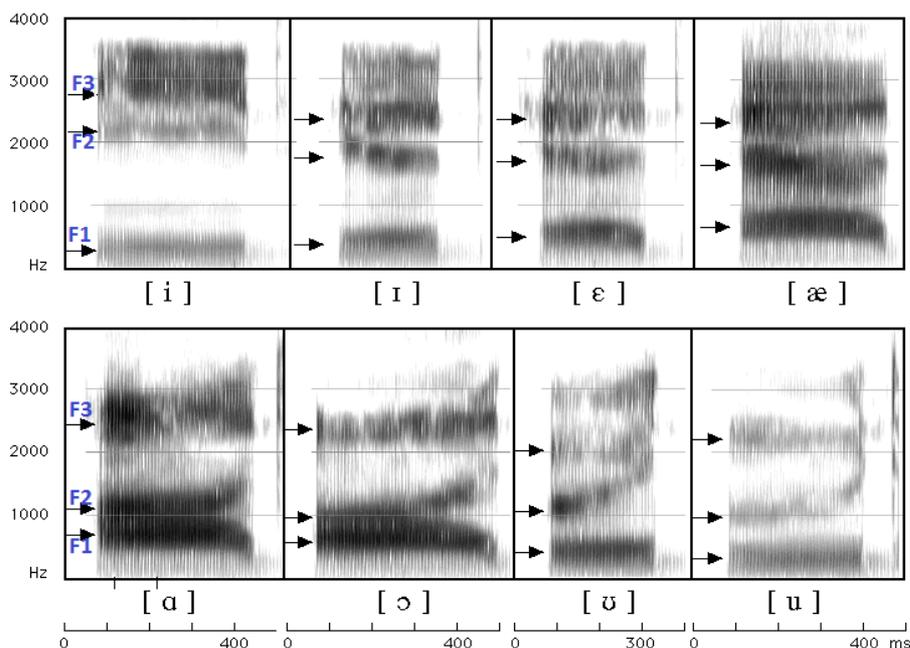
De posse dos arquivos de áudios gravados nas coletas com os participantes da pesquisa, o passo seguinte foi a extração das características que detalharam o áudio em termos de valores numéricos e que puderam ser disponibilizados como entrada da RNA.

Da Teoria Acústica da Produção da Fala sabemos que o tubo ressonador, em seus vários posicionamentos e definições articulatórias no instante da elocução, enfatizam diferentes frequências na produção de fala (NASCIMENTO, 2010). Estas frequências enfatizadas são reflexos do formato do tubo ressonador que, por sua vez, geram os conhecidos formantes, tecnicamente definidos como F1, F2, F3 e F4, como resultado da função de transferência do trato vocal (BARBOZA; CARVALHO, 2010).

Estes formantes são estudados em pronúncias de vogais em geral. O espectrograma, mostrado na Figura 19, extraído dos estudos de Ladefoged (2005), exemplifica o comportamento dos três primeiros formantes, F1, F2 e F3, gerados pelo sinal de áudio das palavras <heed>, <hid>, <head>, <had>, <hod>, <hawed>, <hood>.

<who'd>, pronunciadas por um falante masculino de língua inglesa. Desta maneira, é ilustrado como os valores destes formantes variam de acordo com a configuração articulatória que produz cada som vocálico. Adicionalmente, a relação de proximidade e distância entre os formantes F1 e F2 é definidora na análise qualitativa de sons vocálicos produzidos pelo falante de qualquer língua.

Figura 19 - Espectrograma com indicação dos formantes de sons vocálicos do inglês.



Fonte: Adaptada de Ladefoged (2005).

É plausível projetarmos que estes referidos formantes, F1 e F2 carregam informações que caracterizam a vogal produzida pelos participantes de nossa pesquisa, em nível de detalhe que seja possível identificar as transferências do PB para L2. A justificativa repousa no fato de que estes processos sugerem eventuais aparecimentos de vogais, a saber: AH – quando do apagamento de <h>, ocorre elocução de uma vogal (ex.: na palavra <holocaust>, nas produções transcritas dos participantes que apresentaram o fenômeno, foi verificado somente a vogal [ɔ]); AHS/PHS – quando do apagamento de <h> para o processo AHS e a pronúncia de <h> para o processo PHS, ocorre elocução de vogal (ex.: na palavra <hygiene>, nas produções transcritas dos participantes que apresentaram o fenômeno, foi verificada a elocução de [i] ou [hi], para AHS e PHS, respectivamente); PKCV – quando da pronúncia do <k>, ocorre elocução de vogal associada (ex.: na palavra <know>, nas produções transcritas dos participantes que apresentaram o fenômeno, foi verificada a inserção de vogal [i]).

Aparentemente, o processo proposto PKSV não geraria nenhuma pronúncia de vogal. Porém, posteriormente, verificou-se que este processo apresenta dispersão de dados para F1 e F2 muito próxima daquela apresentada para PKCV, significando que pode haver detalhamento o bastante para identificação de som vocálico no mesmo.

Do exposto, para a aplicação sugerida nesse trabalho, os padrões de entrada da RNA-MLP são formados pela extração das médias das frequências formantes F1 e F2 dos sinais das locuções do início das palavras gravadas pelos participantes.

Por outro lado, o treinamento da RNA por um processo supervisionado exige que ao tempo que sejam apresentados os padrões de entrada da rede também se apresente a saída desejada referente a cada padrão de entrada. Para nossa aplicação, a saída desejada utilizada deveria informar a ocorrência ou não do processo de transferência, bem como que tipo de processo ocorreu. Essa informação estava disponível nos dados de transcrição dos áudios que serviram de entrada para a RNA, conforme explanado no Quadro 10, seção 5.1.5. Assim, para as saídas-alvo para treinamento supervisionado da RNA foram utilizadas as avaliações dos transcritores.

Os pares de padrão entrada-saída da RNA-MLP foram dispostos em vetores e constituídos de: formantes F1 e F2 extraídos e de um número para indicar a identificação e a classificação do processo de transferência de acordo com o julgamento dos transcritores. Dessa forma, foi possível ajustar/estabelecer para cada vetor de entrada um sinal de voz com a devida indicação de ocorrência ou não do fenômeno e a classificação do tipo de processo ocorrido.

A RNA-MLP, durante o processo de treinamento, ajustou o cálculo dos pesos de forma a obter em sua saída o mesmo valor que classificou a amostra de entrada com seu rótulo indicador de identificação e classificação. Assim, reforçamos que a rede neural foi utilizada para cumprir com os objetivos já descritos na seção introdutória.

5.2.1.1 Extração da média dos formantes F1 e F2

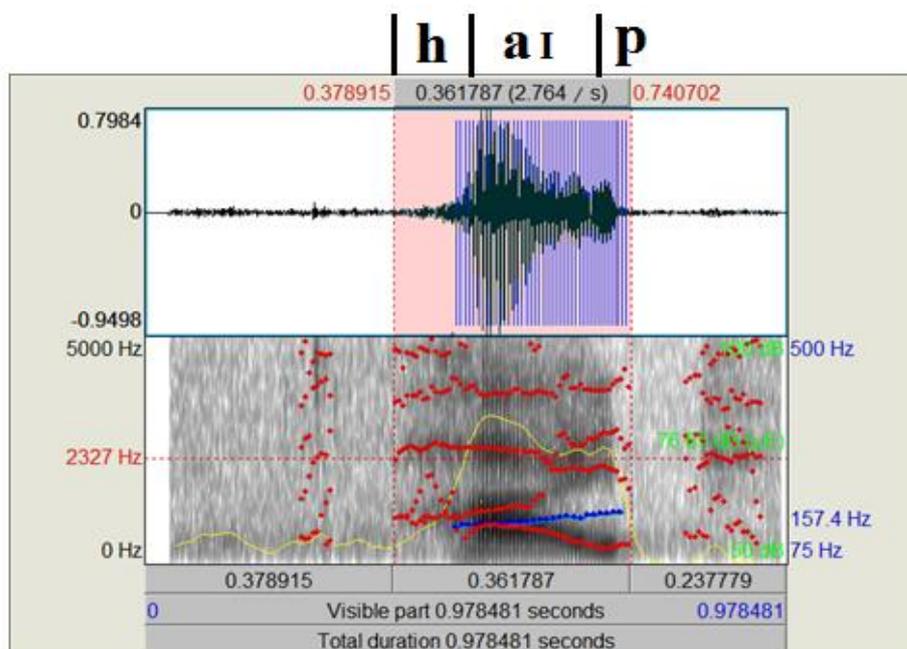
Para proceder com a extração de características dos sinais acústicos dos participantes sob um formato que a RNA pudesse suportar como entrada, ou seja, valores numéricos, as gravações foram carregadas para o *software* de análise acústica consagrado na área: o Praat. A versão do Praat que utilizamos foi a 6.0.21, que apresenta os arquivos de áudio sob a visualização de oscilograma e espectrograma (BOERSMA; WEENINK, 2016). Cada arquivo de leitura de um participante foi carregado, contendo a leitura

contínua das 30 palavras referentes ao experimento. Com o auxílio da reprodução do áudio e da visualização através do oscilograma e do espectrograma, as 30 palavras lidas por cada aluno foram, então, separadas originando 30 arquivos (um para cada palavra) salvos como tipo *Wave*, formato de arquivo de áudio desenvolvido pela *Microsoft* e *IBM* e usual no *PRAAT*.

De posse dos arquivos das trinta palavras de cada participante, estes foram recarregados para o *PRAAT*. Com auxílio do oscilograma e do espectrograma do referido *software*, foi possível selecionar, em cada palavra de cada participante, exclusivamente, a região onde cada fenômeno pesquisado seria investigado, isto é, o início das palavras. Esta região específica foi selecionada/recortada (em cada palavra lida por cada participante) e salva no formato *Wave*, originando um arquivo referente à região exclusiva de investigação de incidência dos processos de transferência estudados neste trabalho.

Na Figura 20, é demonstrado o sinal de voz da palavra <hype> no oscilograma e espectrograma do *PRAAT*. Tal sinal, anteriormente, foi separado da gravação integral do participante. Também é possível observar a seleção da região de investigação de incidência dos fenômenos estudados, que foi salva no formato *Wave* para posterior uso.

Figura 20 - Seleção da região de investigação – palavra <hype> pronunciada corretamente por participante do semestre 1 – software Praat.



Fonte: Elaborada pela autora.

O objetivo era extrair os formantes F1 e F2 da região de investigação de incidência do processo de transferência, ou seja, o início de cada palavra onde se deram os fenômenos nos áudios de cada participante. É importante a obtenção dos dados dos formantes no período total da região de investigação para que a RNA seja informada do padrão de modificação das frequências formantes nos casos de incidência ou não dos processos de transferência. Em outras palavras, deve-se apresentar para a RNA padrões de variação do sinal gerado desde os ruídos que antecedem a palavra até o final da região investigada. Assim, quando houver incidência do fenômeno, o cruzamento de frequências formantes mostrará um padrão divergente do padrão de cruzamento de frequências quando a palavra é pronunciada corretamente.

O PRAAT mantém a opção de se escrever *scripts* para funcionalidades específicas de tratamento de áudios. Para este trabalho, foi necessário escrever *script* com objetivo de extrair do arquivo de áudio a média dos formantes para o período de duração total deste sinal. Este *script*, em suas definições padrões, obtém um valor da frequência formante a cada 0,00625 segundos, aproximadamente. E executa o cálculo de média de todos os valores extraídos do áudio em questão. Ou seja, o número de formantes usados no cálculo da média varia de acordo com a duração do áudio, sendo um valor de frequência formante extraído a cada 0,00625 segundos (BOERSMA; WEENINK, 2016). Este *script* do Praat foi aplicado no arquivo *Wave* onde estava salva somente a região de investigação do fenômeno, e não a palavra em toda sua extensão.

Para cada arquivo, foram extraídas e armazenadas as médias dos formantes F1, F2, F3 e F4, embora o uso tenha se restringido à apenas F1 e F2 na aplicação da RNA. No total, foram 2241 arquivos que tiveram seus formantes extraídos, uma vez que alguns participantes deixaram de falar algumas palavras no momento do experimento de leitura.

Toda esta fase de extração das características, desde a separação e segmentação das palavras do arquivo de leitura inicial até a extração dos formantes, demandou um trabalho repetitivo, exaustivo e custoso. Para facilitar o tratamento dos dados foram desenvolvidos *scripts* a serem executados no *software* PRAAT, no intuito de realizar a extração dos quatro formantes de modo automático para as 30 palavras de cada participante.

Assim, nessa fase final de extração, foi automatizada a seguinte sequência de passos: 1- carregar para o Praat o arquivo *Wave* da seleção da região de investigação de

incidência dos fenômenos de uma palavra de um participante; 2- solicitação para extração dos formantes F1 para a duração total do sinal carregado; 3- solicitação para extração dos formantes F2 para a duração total do sinal carregado; 4- solicitação para extração dos formantes F3 para a duração total do sinal carregado; 5- solicitação para extração dos formantes F4 para a duração total do sinal carregado; 6- solicitação para cálculo da média do formantes F1 extraídos para duração total do sinal; 7- solicitação para cálculo da média do formantes F2 extraídos para duração total do sinal. 8- solicitação para cálculo da média do formantes F3 extraídos para duração total do sinal; 9- solicitação para cálculo da média do formantes F4 extraídos para duração total do sinal; 10- salvar as médias dos formantes F1, F2, F3 e F4 para uma palavra de um participante em arquivo de texto, para futuro uso como entrada da RNA.

O *script* para o *software* Praat, apresentado na Figura 21, que executa esses passos automaticamente, foi escrito exclusivamente para uso neste trabalho e foi desenvolvido/produzido pelos participantes do Projeto de Pesquisa intitulado “Identificação de Rima e Similaridade Sonora de Palavras Utilizando RNA”, em execução na Universidade Federal do Piauí - UFPI, coordenado por Barbosa (2012), do qual a autora desta pesquisa é colaboradora e atua como co-orientanda no que tange aos temas voltados para linguística aplicada. O projeto conta com dois alunos participantes do Programa de Iniciação Científica Voluntária da Universidade Federal do Piauí.

Figura 21 - Script para extração automática no Praat da média dos formantes F1, F2, F3 e F4 de todas as palavras de um participante.

```
writeInfoLine: "Médias dos formantes de 1 a 4"
appendInfoLine: ""
appendInfoLine: "Palavra      Formante 1      Formante 2      Formante 3      Formante 4"
for i to 30
  selectObject: i+30
  for j to 4
    mean_formant_[j] = Get mean: j,0,0,"Hertz"
  endfor
  appendInfoLine: i,"      ",mean_formant_[1],"      ",mean_formant_[2],"      ",mean_formant_[3],"      ",mean_formant_[4]
endfor
```

Fonte: Elaborada pela autora.

Todos os arquivos de texto, contendo as médias dos formantes de cada palavra de cada aluno foram posteriormente importados para planilha do Excel, onde facilmente são agrupados por semestre, por grupo de palavra e por tipo de processo de transferência associado. Também foi adicionada uma coluna contendo o código numérico para identificação do processo de transferência, servindo de saída alvo na aplicação da RNA.

Para exemplificar, tomemos a série de dados para investigação dos processos de transferências AHS/PHS, cujas palavras lidas pelos participantes são aquelas iniciadas com <hy>. O código para alvos, nesse caso, foi estabelecido como segue: 1-Normal (elocução sem incidência de processo de transferência); 2-AHS (elocução com apagamento de <h> com substituição do ditongo <ay> pela vogal <i>); 3-PHS (elocução com pronúncia de <h> com substituição do ditongo <ay> pela vogal <i>). Na Figura 22 é demonstrado um trecho dos dados organizados no Excel, com os valores para F1, F2, F3 e F4 e a coluna de alvos com o código supracitado.

Figura 22 - Dados dos formantes e alvo pra processo AHS/PHI organizados em planilha.

F1	F2	F3	F4	ALVO
538.7411819197604	1375.2974105272326	2511.1388218463317	3474.126154897197	1
435.45315446935274	1458.3214310330468	2713.2762916339907	3338.43078835729	3
711.8474754991479	1779.2033413304227	3014.2341986324377	4189.927696961684	1
522.7165584854473	2240.0522116124175	3069.78871149088	4328.98670770286	2
560.7890475532895	1685.7084102669737	2793.7176373422144	4041.3718660657296	2
686.2145468765141	2059.8693622914284	3015.4392776265036	4153.146180693659	1

Fonte: Elaborada pela autora.

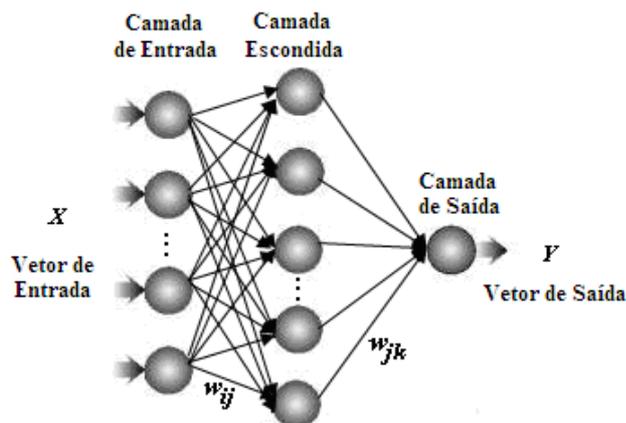
5.2.2 Projeto da RNA-MLP

A RNA-MLP é conceitualmente uma rede neural do tipo *feedforward* totalmente conectada através de pesos sinápticos, conforme apresentado na Figura 23 e, no âmbito desta pesquisa, foi implementada no ambiente computacional de desenvolvimento Matlab™, versão R2015a. Foi utilizado o pacote de funções Neural Network Toolbox™ (DEMUTH; BEALE; HAGAN, 2010) que fornece funções e aplicativos prontos para a modelagem de sistemas complexos não lineares e que podem, portanto, modelar a aprendizagem da rede na confirmação dos processos propostos. Essa modelagem é a definição da fórmula matemática a ser utilizada pela RNA. Além disso, tal pacote possui funções que suportam a aprendizagem supervisionada do tipo *feedforward* que é a aprendizagem adotada neste trabalho.

Neste tipo de aprendizagem, os padrões de dados apresentados (no caso desta pesquisa, são representados pelos formantes F1 e F2) possuem informações relativas ao estímulo de entrada da rede e ao que se deseja na saída (identificação e classificação do processo de transferência). Quando os dados são apresentados na entrada, interagem seguindo as funções de treinamento e aprendizagem, bem como os pesos sinápticos que interligam camadas da rede, a fim de apresentarem um valor em sua saída. Observada

uma diferença entre o valor gerado na saída na RNA quando apresentado o dado para a sua entrada (os descritores F1 e F2) e o valor desejado em sua saída (identificação e classificação dos processos de transferência), é calculado o erro. Este é retropropagado pelas sinapses da RNA-MLP, onde há reajuste de seus pesos, para obtenção de um valor mais próximo do desejado na saída (DEMUTH; BEALE; HAGAN, 2010).

Figura 23 - Topologia típica de uma Rede Neural Artificial totalmente conectada (w são os pesos sinápticos)



Fonte: Barbosa (2008).

O que se espera para esta pesquisa é um típico gráfico de performance de treinamento da RNA-MLP indicando a redução do erro médio quadrático, que apontará o quão próximo a saída processada e calculada da RNA está do valor de saída desejada, em relação às épocas de treinamento.

Para melhores resultados, evitando saturações das funções internas da RNA (o que pode interferir no desempenho de aprendizado), é boa prática normalizar os dados das entradas utilizando distribuição normal padrão. Esta técnica de normalização escalona todas as entradas da RNA, que podem ter ordem de grandeza bem diferente (F1 com ordem de grandeza de centenas de Hz, enquanto F2 com ordem de grandeza de milhares de Hz), para uma faixa entre -1 e 1, fazendo com que o conjunto de dados apresente média nula e desvio padrão unitário. Como exemplo, para normalização do primeiro valor de um conjunto de dados hipotéticos x aplica-se a seguinte fórmula, que depois pode ser reproduzida para todos os valores de x que formam este conjunto de dados:

$$x_1^{norm} = \frac{x_1 - \mu_x}{\sigma_x}$$

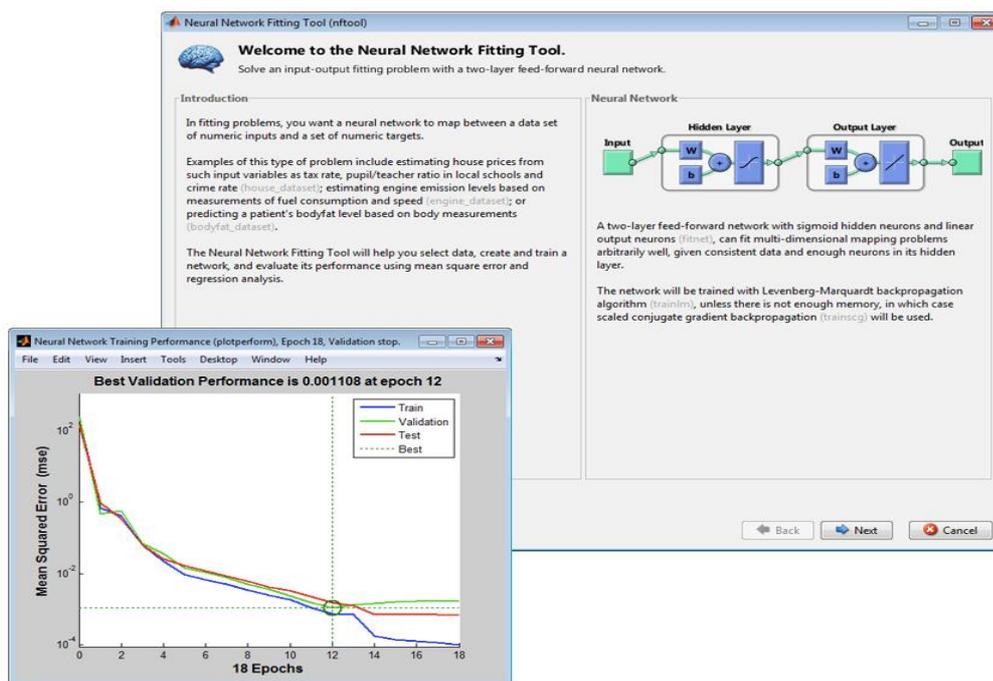
Onde: x_1^{norm} é valor normalizado correspondente ao primeiro valor original x_1 do conjunto de dados x ; μ_x é a média do conjunto de valores de x ; σ_x é desvio padrão do conjunto de valores de x .

5.2.3 O treinamento da RNA

O uso do pacote de funções no ambiente de desenvolvimento Matlab™ possibilitou projetar, treinar, visualizar e simular a RNA-MLP para aplicações como o reconhecimento de padrões a partir do áudio dos sujeitos, prosseguindo para a categorização dos processos de transferência observados. Para melhor visualização, na Figura 24, temos uma representação gráfica da plataforma do *toolbox* no ambiente Matlab™.

É possível observar, na Figura 24, o ambiente virtual do pacote Matlab™ e as características gráficas da RNA-MLP vistas internamente, neste caso, contendo uma camada escondida. Do ambiente são utilizadas funções de treinamento e de aprendizagem, que são procedimentos matemáticos usados para ajustar automaticamente pesos e *bias* da rede. Este último funciona como ajuste fino no processo de aprendizagem permitindo melhor adaptação ao conhecimento fornecido.

Figura 24 - Representação da interface gráfica do ambiente Matlab: inicialização do toolbox e gráfico de treinamento da rede.



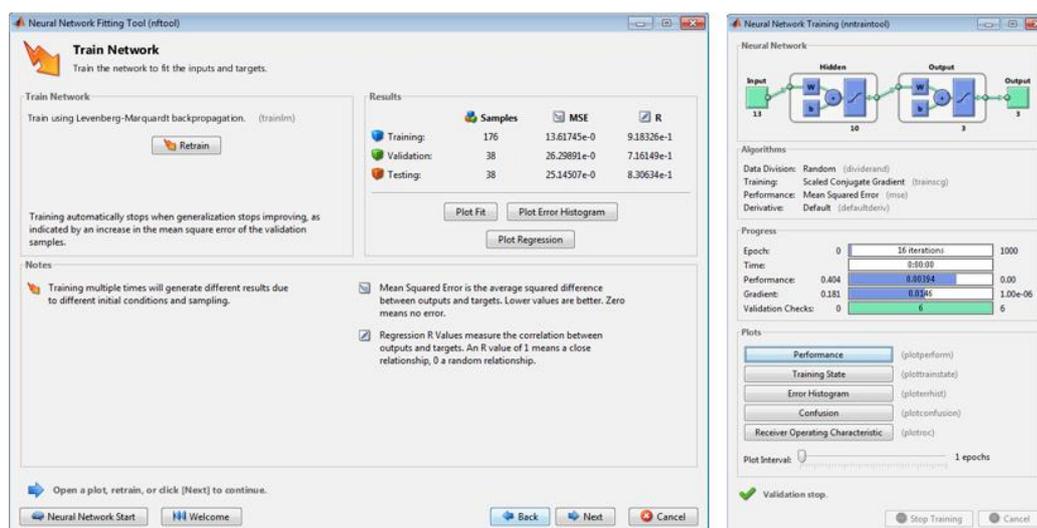
Fonte: Demuth, Bealee Hagan (2010).

A função de aprendizagem será aplicada aos pesos individuais e *bias* dentro da RNA, moldando regras para que seus valores sejam alterados de acordo com a retropropagação do erro. A estrutura modular do pacote permite que você desenvolva rapidamente algoritmos de treinamento personalizados que podem ser integrados com outros algoritmos internos. A Figura 25 mostra uma função de treinamento típica e alguns dados de interesse que são expostos pelo Matlab™ em tempo de treinamento (DEMUTH; BEALE; HAGAN; 2010).

A cada amostra (a cada representação dos formantes F1 e F2) apresentada, os pesos serão ajustados e a apresentação de todos os vetores das amostras de treinamento será denominada época. Para cada época os padrões de treinamento serão apresentados à rede em uma sequência aleatória. Durante o processo de treinamento, o ajuste dos pesos sinápticos dos neurônios das camadas ocultas, que não possuem contato com a saída da rede, deverá seguir uma forma de cálculo particular.

O comportamento esperado da RNA-MLP é que à medida que as épocas de treinamento avancem, a rede tenha suas saídas mais próximas dos valores alvo. No caso da nossa pesquisa, esperamos saídas próximas aos valores fornecidos (codificação numérica dos processos de transferências) como alvo no treinamento, que teve como base de entrada os descritores das vozes dos participantes (F1 e F2). E, assim, o valor do erro decairá até um patamar de parada do treinamento.

Figura 25 - Representação da interface gráfica do ambiente Matlab: estatísticas em tempo de treinamento



Fonte: Demuth, Beale e Hagan (2010).

O sucesso da RNA-MLP na classificação de padrões está associado a um parâmetro mínimo de erro definido em tempo de projeto. Quando não for alcançado esse

parâmetro, será atribuído um valor relacionado ao erro calculado, permitindo a correta atualização dos pesos. O erro obtido será originado da diferença da saída obtida pela rede em relação ao valor desejado no par entrada-saída, no caso, o áudio do sujeito e a identificação do processo que tenha ocorrido. O erro (por exemplo, um valor que ainda não corresponde à classificação do fenômeno) obtido na saída retrocederá em direção à entrada através das camadas escondidas, atualizando os parâmetros de todos os neurônios de cada camada, daí o nome retro-propagação (*back-propagation*).

O algoritmo de treinamento deverá ser interrompido por um critério de parada com avaliação do erro médio quadrático de uma época. Este critério de parada pode ser um número de épocas determinado ou um valor de precisão para o erro, o que for atingido primeiro. Outro critério de parada pode ser o uso do número de verificações de validação. Este critério faz uso de uma parte dos dados não utilizados para o treinamento e que são apresentados à rede ao fim de cada época, denominado grupo de validação. Se a performance de validação não melhorar por alguns ciclos seguidos (valor escolhido em tempo de projeto da RNA) o processo de treinamento é finalizado.

A técnica de parada por meio de checagem de validação intenta evitar o *overfitting*, problema onde a RNA não consegue generalizar o seu conhecimento, sendo específica demais aos dados de treinamento. Em outras palavras, diz-se que a RNA decorou os dados de treinamento, não sendo capaz de dar respostas aceitáveis a dados que nunca lhe foram apresentados. Quando o processo de treinamento é encerrado, os parâmetros ajustados durante o processo são mantidos e uma etapa de testes, com novo conjunto de dados (áudios de outros alunos) é realizada para confirmação da generalização da RNA- MLP com casos que nunca lhe foram apresentados.

5.3 ASPECTOS ÉTICOS

Considerando o disposto na Resolução nº466/2012 do Conselho Nacional de Saúde, do Ministério da Saúde, a pesquisadora apresentou pedido de liberação para realização de sua pesquisa junto ao Núcleo de Línguas por meio de Termo de Anuência da Coordenação (APÊNDICE A), que foi assinado pelo coordenador, com a posterior submissão ao Comitê de Ética da UECE para concessão de parecer. O Comitê concedeu parecer favorável sob o número 1.379.854 (ANEXO A). Para participantes menores, foi apresentado o Termo de Assentimento (APÊNDICE B), e, ao mesmo tempo, a seus pais ou responsáveis o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (APÊNDICE C). No caso de adultos, foi assinado apenas este último.

5.4 RESUMO

Apresentamos, nesta seção, todas as etapas que compuseram o estudo empírico (5.1) e a simulação computacional (5.2). Para o estudo empírico, temos: o contexto de pesquisa, a definição da amostra, instrumentos utilizados para amostragem e coleta de dados, o teste oral de leitura de palavras em língua inglesa, a transcrição fonética dos áudios. Os 76 participantes da pesquisa forneceram, aproximadamente, 2.280 áudios para análise dos fenômenos investigados, os quais alimentaram a RNA-MLP.

Para a simulação computacional explicitamos as seguintes etapas: extração das características dos áudios, sendo estes inseridos no PRAAT para recorte da região de incidência dos fenômenos em cada palavra; projeto da RNA-MLP com definições da entrada (formantes F1 e F2) e saídas (definidas pelos três transcritores) em número de três ou duas de acordo com o processo utilizado pelo aprendiz; o treinamento (com 15% da massa de dados), a validação (com 70% da massa de dados) e o teste (com 15% da massa de dados) para estabelecer o bom desempenho da RNA-MLP.

Na próxima seção, apresentaremos os resultados do estudo empírico, as análises e as discussões.

6 RESULTADOS E ANÁLISE DO ESTUDO EMPÍRICO

Esta seção apresenta resultados e análises do estudo empírico pautadas nas transcrições dos áudios dos participantes desta pesquisa. O objetivo foi identificar e classificar os cinco fenômenos propostos, bem como submeter o levantamento realizado aos testes de variância da ANOVA e teste *Tukey*.

6.1 ESTUDO EMPÍRICO

Iniciamos a seção apresentando os resultados referentes aos cinco processos de transferência investigados: Apagamento de <h> no início de palavras começadas por <h> (AH); Apagamento de <h> no início de palavras começadas por <hy> seguido de substituição do ditongo [aj] pela vogal [i] (AHS); Pronúncia de <h> no início de palavras começadas por <hy> seguido de substituição do ditongo [aj] pela vogal [i] (PHS); Pronúncia de <k> com inserção da vogal [i] em palavras começadas por <kn> (PKCV); Pronúncia de <k> sem inserção da vogal [i] em palavras começadas por <kn> (PKSV).

Os fenômenos foram registrados por três transcritores através da utilização de símbolos fonéticos do Alfabeto Fonético Internacional na representação de cada palavra, como já foi mencionado na seção de Metodologia, 5.1.3.2. Pode ser consultada uma amostra das transcrições realizadas no Apêndice F.

Os testes empregados para análise dos fenômenos são: Análise de Variância (ANOVA), onde utilizamos tabelas com percentual de ocorrência dos processos por nível de proficiência e por tipo de palavra (alta e baixa frequência, cognata e não cognata), teste pareado *post-hoc*, usado para comparar os sujeitos em diferentes momentos da aprendizagem (neste caso de S1 a S7) com correção do valor alfa (Teste *Tukey*); valor de *p* e também valor de *t* para teste-t e *f* para ANOVAs, com os graus de liberdade (DF). Fizemos uso também de linhas de tendência que apontam o comportamento dos processos ao longo do curso, mapas de calor que mostram as regiões/tipos de palavras onde a incidência dos processos é maior ou menor e gráficos de incidência por tipo de palavra (alta ou baixa frequência).

6.1.1 Processos de transferência AH, AHS, PHS, PKSV e PKCV

Consideramos oportuno retomar nossa questão de pesquisa geral, a fim de respondê-la quando da apresentação dos dados. Iniciando com o questionamento central,

indaga-se: Que processos de transferência os aprendizes apresentarão em suas produções orais, por meio da leitura de palavras começadas por <h>, <hy> e <kn>?

Nesta seção constatamos a incidência dos processos de transferência AH, AHS, PHS, PKSV e PKCV nos sete grupos que compõem as turmas investigadas. Apresentamos a Tabela 4 onde constam os índices percentuais de incidência de cada processo em função do nível de proficiência. Coadunado a esses valores percentuais, a análise de variância nos possibilitou averiguar se há diferenças na utilização dos fenômenos entre os semestres do curso de inglês. O resultado do teste ANOVA apresentou valor de p que demonstra uma diferença estatisticamente significativa entre as turmas. O comportamento dos fenômenos, apresentado via linha de tendência, ao longo do curso, auxilia na visualização das possíveis diferenças entre os grupos e a trajetória dos processos em função do nível de proficiência.

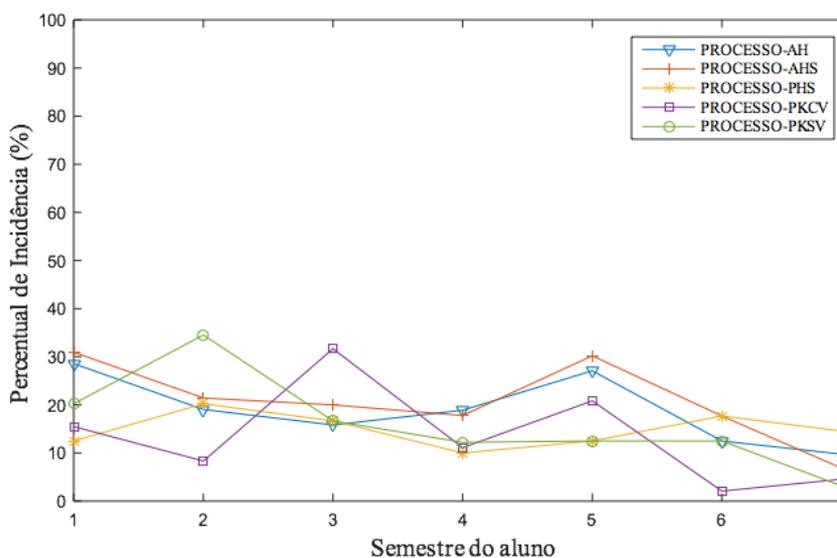
Começamos nossas análises com a exposição da Tabela 4, apresentando percentuais de incidência dos fenômenos por nível de proficiência. Assim, notamos que a porcentagem de ocorrência dos fenômenos variou entre 2,38% e 34,52%, sendo o primeiro valor registrado na turma de S6 na utilização do processo PKCV e o segundo valor apresentado na turma de S2 na produção do mesmo processo. A margem que consta na Tabela 4 é retratada no Gráfico 1.

Os processos AH e AHS apresentam valores percentuais de utilização aproximados em turmas como S4, por exemplo, com 18,89% para o fenômeno AH e com 17,78% para o fenômeno AHS. Os índices das turmas de S1 e S2 para os dois processos (AH e AHS) apresentam diferenças menores que três pontos percentuais. Esses valores expressam uma trajetória semelhante no que concerne à incidência dos dois processos (AH e AHS) nas turmas de S1 a S7.

Tabela 4 - Incidência dos processos de transferência por nível de proficiência.

PROCESSOS	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7
AH	28,57	19,05	15,83	18,89	27,08	12,50	9,52
AHS	30,95	21,43	20,00	17,78	30,21	17,71	5,95
PKCV	15,48	8,33	31,67	11,11	20,83	2,08	4,76
PKSV	20,24	34,52	16,67	12,22	12,50	12,50	2,38
PHS	12,50	20,24	16,67	10,00	12,50	17,71	14,29

Fonte: Elaborada pela autora.

Gráfico 1-Percentual de incidência dos processos por nível de proficiência.

Fonte: Elaborado pela autora.

Essa semelhança na utilização dos fenômenos, ora citados, pode ser justificada pelo fato de que no PB não há correspondência sonora para <h>, como nas palavras em português <humor> e <hiper>. Desse modo, o apagamento foi transferido para palavras como <humor> e <hyper> da língua inglesa, ou seja, as palavras cognatas poderão ser consideradas um fator preponderante, no entanto, não faremos afirmações antecipadas. Nas próximas seções utilizaremos a Análise de Variância com duplo fator com medidas repetidas (*two-way* ANOVA), momento em que consideraremos os cognatos e a frequência das palavras.

Percebemos que, estatisticamente, o processo AH não apresentou diferença de ocorrência significativa entre os grupos, segundo os valores de $F=2,068047$, $p=0,066654$ e F crítico=2,218817. Contrariamente a isto, AHS apresentou diferença de incidência significativa entre as turmas, conforme indicam os seguintes valores: $F=4,312082$; $p=0,000843$ e F crítico=2,218817. É importante ressaltar que, neste momento, não verificamos os tipos de palavras – cognatas, não cognatas, alta frequência e baixa frequência – mas apenas a incidência dos processos por nível de proficiência. O Gráfico 1, a seguir, retrata os índices percentuais da Tabela 4.

Houve um valor destoante encontrado na turma de S5, com incidência de PKCV de 20,83%, AH de 27,08%, e AHS com 30,21%. São valores que não condizem com a expectativa de diminuição dos fenômenos. Queremos explicitar com isso que é esperada uma diminuição da utilização dos processos, sobretudo em função do nível de

proficiência. No entanto, a turma citada apresentou um percentual maior do que as turmas com nível de proficiência mais baixo, onde foram registrados em S1=15,48%, S=8,33% (PKCV); em S2=19,05% (AH) e 21,43% (AHS); S3=15,83% (AH) e 20,00% (AHS); S4=11,11 (PKCV), 18,89% (AH) e 17,78% (AHS). Inferimos que a causa para estes valores, embora, não nos parecendo definitiva, pode ser atribuída à participação de poucos alunos do S5. Semestre em que se esperava observar a superação dos processos de transferência, na verdade, foram apresentados valores similares à turma de S1, com 28,57% para AH e 30,95% para AHS.

O processo PHS apresenta índices de incidência menores nas turmas S1, S4, S5 e figura dentre os menores no S3. Curiosamente, a incidência deste processo se eleva nas turmas S6 e S7. A justificativa para a ocorrência deste fenômeno é oposta àquela que embasa a realização de AHS, onde <h> é apagado. Para PHS, onde ocorre a pronúncia de <h>, a incidência do fenômeno pode dever-se à influência da língua inglesa que apresenta uma correspondência sonora para <h>, levando o aprendiz a produzi-lo como é feito na L2. Nesta primeira análise, verificamos que a diferença de utilização do fenômeno pelos grupos testados não é estatisticamente significativa: $F=2,137971$; $p=0,058356$ e $F\text{ crítico}=2,218817$.

Os alunos não produziram apenas o processo AHS (S1-30,95%, S2-21,43%, S3-20,00%, S4-17,78%, S5-30,21%, S6-17,71%, S7-5,95%), mas também o processo PHS (S1-12,50%, S2-20,24%, S3-16,67%, S4-10,00%, S5-12,50%, S6-17,71%, S7-14,29%). As duas estratégias (AHS e PHS) ocorreram apoiadas no mesmo ambiente fonológico, contudo, para o segundo fenômeno (PHS) a diferença no índice de utilização não é estatisticamente significativa como já mencionado, sobretudo quando não levamos em conta o tipo de palavra e as frequências das mesmas.

O fenômeno PKCV, é uma das estratégias de PK, que ocorre no início de palavras começadas por <kn>, e incidiu em todos os semestres (S1-15,48%, S2-8,33%, S3-31,67%, S4-11,11%, S5-20,83%, S6-2,08%, S7-4,76%). A diferença de incidência do processo entre as turmas foi considerada estatisticamente significativa ($F=6,116071$; $p=0,000186$ e $F\text{ crítico}=2,371781$), contudo registrando índices de ocorrência mais baixos nas turmas S6 e S7, com 2,08% e 4,76%, respectivamente.

Depreendemos, a partir dos valores apresentados que, provavelmente não houve um estudo mais detido contemplando esse contexto fonotático e fonológico da L2 nos semestres S1 e S3. Além disso, palavras que se iniciam por <k> no PB são em

número bastante reduzido, são pouco recorrentes e algumas que apresentam <kn> em posição inicial advêm da língua inglesa. No dicionário Oxford Escolar (OXFORD UNIVERSITY, 2013): português-ínglês, para as entradas em português constam apenas quatro palavras que se iniciam por <k>, são elas: karaokê, kart, kitinete e kiwi. Não há registro de palavras iniciadas por <kn> neste dicionário. Verificamos este dicionário escolar, pois o mesmo é normalmente adquirido pelos alunos em cursos de inglês, especialmente nos semestres iniciais. Em dicionário de língua portuguesa, outro exemplo que verificamos, Dicionário Global da Língua Portuguesa (RIOS, 2003), encontramos apenas 25 entradas para palavras iniciadas com <k>, dentre elas apenas duas iniciadas por <kn>.

Outra estratégia de PK, a qual denominamos PKSV, também se manifestou nas produções dos alunos a partir deste ambiente <kn> em início de palavra. Para realização deste fenômeno, <k> foi pronunciado sem a inserção da vogal [i] em palavras como: <know>, <knob>. Embora sua incidência tenha apresentado valores mais baixos nas turmas S6 (12,50%) e S7 (2,38%) a diferença de utilização foi estatisticamente significativa ($F=10,61905$; $p=0,000$ e $F_{crítico}=2,371781$). Destacamos que o maior percentual averiguado é aquele de valor 34,52% na turma S2. Seguido da turma S1, com 20,24% e da turma de S3, com 16,67%.

Para a turma de S2, a justificativa para o registro da maior incidência, e para a turma de S1, é o desconhecimento fonotático e fonológico da língua inglesa que ainda persiste no S2 e também incide no S1. Não é possível afirmar se houve uma instrução explícita que apontasse o modo de produzir as palavras que apresentam essa estrutura fonotática própria da língua inglesa. O contrário pode ter ocorrido na turma de S4, onde registramos um dos três menores índices de incidência do processo PKSV, 12,22%.

Para resumirmos e encerrarmos essa primeira seção, retomamos o objetivo geral deste estudo que consistiu em identificar processos de transferência do Português do Brasil (PB) para o inglês língua estrangeira (L2) de estudantes brasileiros, considerando seu nível de proficiência e os dados fornecidos pela análise computacional de uma rede neural artificial.

Podemos considerar, a partir da exposição dos dados, que o objetivo foi atingido no que se refere ao estudo empírico, uma vez que os processos propostos, de fato, foram identificados, classificados e ocorreram em função do nível de proficiência. Quanto à utilização de RNA, estas análises são desenvolvidas na seção 5.

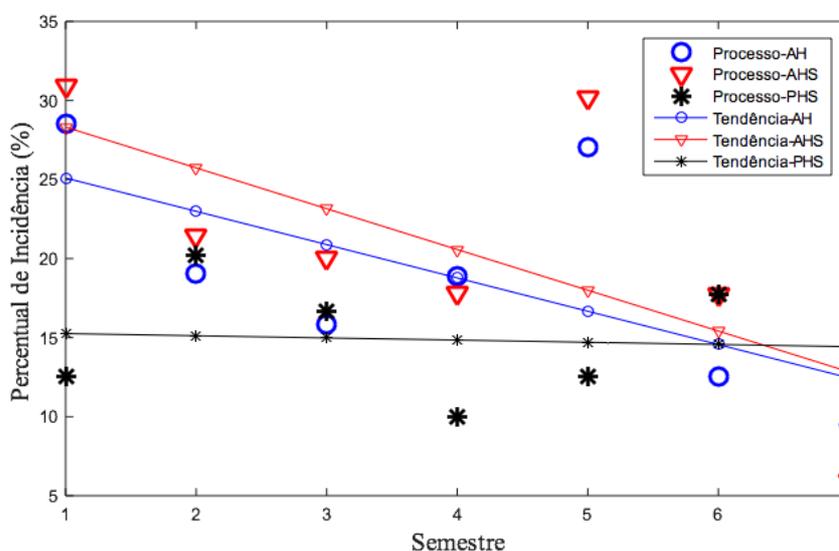
O objetivo específico a), que se propõe verificar em que níveis de proficiência os aprendizes realizam os processos AH, AHS, PHS, PKSV e PKCV, foi alcançado satisfatoriamente e responde à questão de pesquisa a) - Em quais níveis de proficiência os aprendizes realizam os processos de transferência investigados?-, tendo em vista que os testes de variância comprovaram a incidência dos mesmos em todos os níveis de proficiência investigados, com exceção dos processos AH e PHS onde os valores da ANOVA não foram significativos no que diz respeito à variação de utilização entre os grupos.

Na próxima seção (6.1.2), mostraremos as linhas de ocorrência e as linhas de tendência para termos uma visão de como se comportou cada processo ao longo das turmas analisadas. Após essa exposição gráfica, trataremos (nas seções de 6.1.3 até 6.1.7) dos processos de transferência e do tipo de palavra (cognata, não cognata, alta frequência, baixa-frequência) em função do nível de proficiência, retomando os objetivos propostos e os testes da ANOVA.

6.1.2 Linhas de tendência de ocorrência

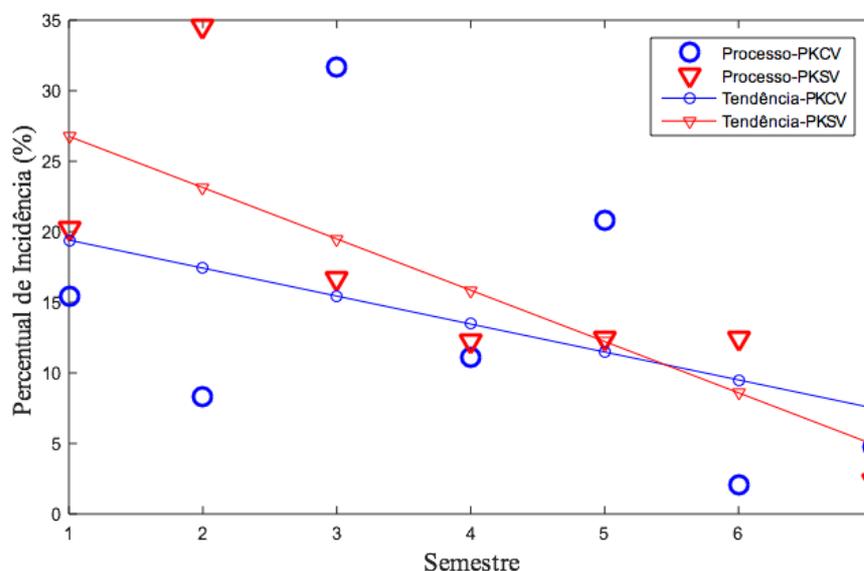
Para complementação do Gráfico 1 anterior e para a obtenção de uma visão geral da tendência de comportamento dos processos, apresentamos no Gráfico 2 e no Gráfico 3, as linhas de tendência (linhas retas) em conjunto com a distribuição dos pontos que assinalam as frequências de ocorrência.

Gráfico 2 - Percentual de ocorrência e linhas de tendência de ocorrência – AH, AHS e PHS.



Fonte: Elaborado pela autora.

Gráfico 3 - Percentual de ocorrência e linhas de tendência de ocorrência – PKSV e PKCV.



Fonte: Elaborado pela autora.

É possível perceber uma trajetória inversamente proporcional, ou seja, todos os processos tendem a diminuir conforme aumenta o nível de proficiência, com exceção apenas para o processo PHS que se mantém estável em todos os níveis do curso.

Na próxima seção, faremos as análises de variância no modo *two-way* para verificarmos a influência dos tipos de palavra (cognatas, não cognatas, alta frequência e baixa frequência) na realização dos processos de transferência na produção leitora dos participantes.

6.1.3 O processo de transferência AH

A partir desta seção, usamos o teste *two-way* da ANOVA para verificarmos a relação do tipo de palavra – alta frequência ou baixa frequência, cognata ou não cognata – e a incidência dos processos registrada nas turmas. Quanto à variável frequência, foram descritos na seção de metodologia, na seção 5.1.4.1, todos os procedimentos empregados para a escolha dos itens lexicais, as informações do *corpus* utilizado e a respectiva classificação em alta e baixa frequência.

A Tabela 5 e os Gráficos 4 e 5 apresentam o percentual de incidência por palavra, levando-se em consideração o tipo de item lexical e os semestres investigados. Para este momento, foram analisadas as palavras de alta frequência e baixa frequência.

Em <have>, por exemplo, considerada de alta frequência (4303955: 4500000), não incidu o processo AH em nenhuma das turmas. Não houve qualquer aprendiz que tenha apagado o <h> inicial nesta palavra. De forma similar ocorreu em <high> (295936: 4500000) e em <help> (216082:4500000), igualmente consideradas de alta frequência e onde também não houve o apagamento.

Nas palavras consideradas de baixa frequência, como: <hang> (488:4500000), <hem> (462:4500000) e <hog> (407:4500000), a utilização de AH ocorreu com baixos índices. A primeira apresentou a incidência do fenômeno apenas na turma de S1 (com 7,14%), a segunda apresentou a utilização do fenômeno também, e unicamente, na turma de S1 (com 14,29%) e a terceira palavra apresentou o fenômeno apenas na turma de S4 (com 6,67%); nas demais turmas, o processo AH não foi registrado.

Tabela 5 - Ocorrência do processo AH em palavras de alta e baixa frequência.

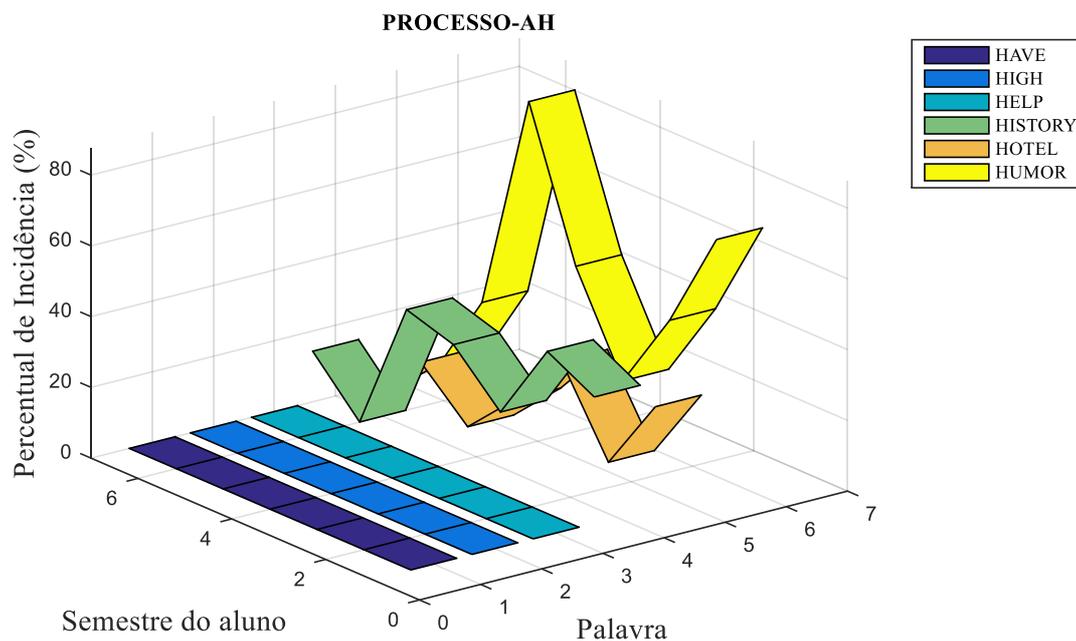
Processo AH	ALTA FREQUÊNCIA						BAIXA FREQUÊNCIA					
	COGNATAS			NÃO COGNATAS			COGNATAS			NÃO COGNATAS		
	HISTORY	HOTEL	HUMOR	HAVE	HIGH	HELP	HIATUS	HERPES	HOLOCAUST	HANG	HEM	HOG
S1	35,71	28,57	71,43	0,00	0,00	0,00	57,14	42,86	85,71	7,14	14,29	0,00
S2	42,86	7,14	42,86	0,00	0,00	0,00	57,14	21,43	57,14	0,00	0,00	0,00
S3	20,00	30,00	20,00	0,00	0,00	0,00	50,00	40,00	30,00	0,00	0,00	0,00
S4	33,33	13,33	46,67	0,00	0,00	0,00	46,67	40,00	40,00	0,00	0,00	6,67
S5	37,50	0,00	87,50	0,00	0,00	0,00	87,50	62,50	50,00	0,00	0,00	0,00
S6	0,00	12,50	25,00	0,00	0,00	0,00	12,50	37,50	62,50	0,00	0,00	0,00
S7	14,29	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	28,57	28,57	42,86	0,00	0,00	0,00

Fonte: Elaborada pela autora.

Os Gráficos 4 e 5 refletem e reforçam os dados postos na Tabela 5. O teste da ANOVA corrobora esses números ($F=2,959661$; $p=0,089784$ e $F_{crítico}=3,977779$ e) nos possibilitando afirmar que o fenômeno AH não foi estatisticamente significativo nos dois grupos de palavras testados: alta frequência e baixa frequência.

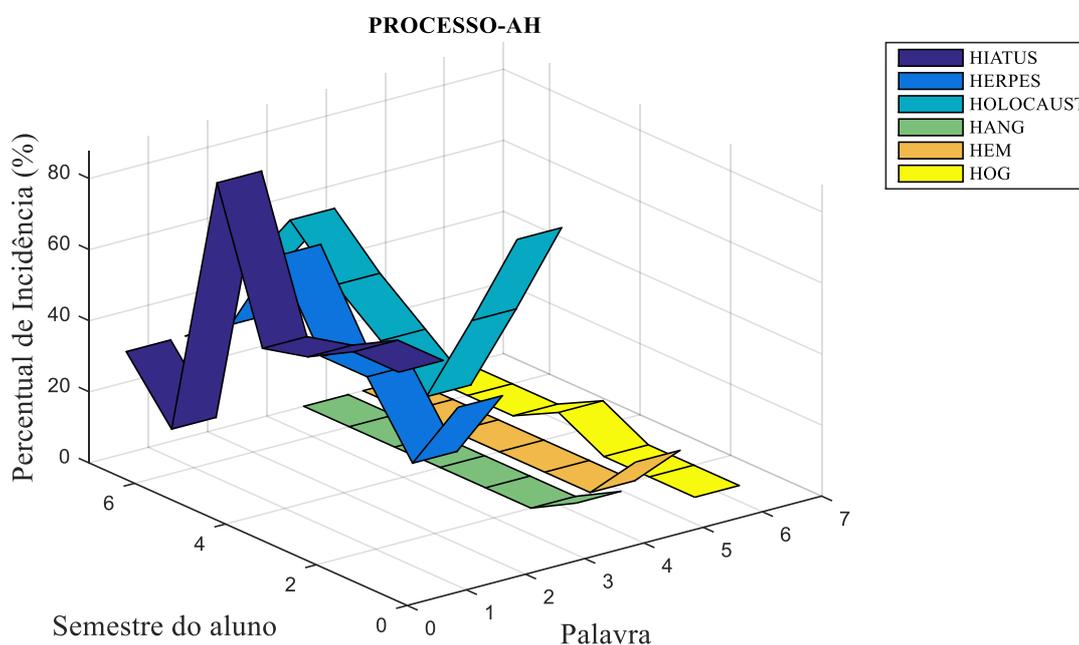
Observamos que os itens lexicais <have>, <high>, <help> são recorrentes, considerados de alta frequência e monossilábicos. Assim, inferimos que esta última característica monossilábica, também encontrada em <hang>, <hem> e <hog>, pode influenciar a pronúncia das mesmas, o que justificaria a incidência não significativa no processo AH.

Gráfico 4 - Ocorrência de AH por palavra de alta frequência por nível de proficiência.



Fonte: Elaborado pela autora.

Gráfico 5 - Ocorrência de AH por palavra de baixa frequência por nível de proficiência.



Fonte: Elaborado pela autora.

As palavras cognatas de alta frequência como: <history>, <hotel>, <humor> (Gráfico 4) e as cognatas de baixa frequência: <hiatus>, <herpes>, <holocaust> (Gráfico 5) estão inclusas como palavras referentes ao processo AH. E no que diz respeito à frequência, a utilização do processo não foi considerada estatisticamente significativa.

Assim, destacamos que o fato de serem palavras de alta ou baixa frequência não é fator preponderante para a incidência do processo AH.

Sob a perspectiva dos cognatos, no entanto, percebemos que a utilização do processo AH na leitura dos participantes ocorreu de maneira estatisticamente significativa. Podemos afirmar, mediante os testes estatística ANOVA, que o tipo de palavra cognata foi um fator preponderante para a manifestação do processo AH ($F=139,9091$; $p=0,0000$; $F_{\text{crítico}}=3,977779$). As justificativas para a utilização significativa de AH, ou seja, o apagamento da fricativa glotal desvozeada [h] em palavras cognatas começadas por <h>, recaem sobre algumas razões, a saber: o fato de <h> não ter valor sonoro de correspondência no PB e as semelhanças na grafia – bem como no significado – entre as palavras na L1 e na L2.

A partir dos dados apresentados e com o desenvolvimento das análises, intentamos responder às questões de pesquisa: b) Como as palavras de alta frequência e de baixa frequência influenciam a ocorrência dos processos AH, AHS, PHS, PKSV e PKCV nas produções dos alunos? e c) Qual é a influência das palavras cognatas e não cognatas na realização dos fenômenos AH, AHS e PHS?

Como apontado por Carroll (1992), em termos de processamento, as palavras cognatas provocam uma ativação automática nas entradas lexicais quando da leitura (ou escuta) de uma grafia similar. Isso significa que os participantes desta pesquisa podem ter realizado uma busca por itens similares nos seus arcabouços lexicais, a fim de conseguirem exemplares da L1 nos quais pudessem apoiar-se para realização da leitura em L2.

Fazendo um recorte para a palavra cognata de baixa frequência <holocaust>, por exemplo, que não é recorrente nos cursos de inglês, verificamos, no entanto, altos índices de incidência (S1=85,71%, S2=57,14%, S3=30,00%, S4=40,00%, S5=50,00%, S6=62,50% e S7=42,86%). A justificativa deve-se ao fato desta ser uma palavra socialmente cristalizada, concernente ao registro histórico do holocausto que ainda é relevante para a humanidade, e de suas características gráficas semelhantes àquelas da língua inglesa.

De acordo com as explicitações, percebemos que alguns elementos interferem na leitura em L2. Podemos citar: palavras do tipo cognatas, além de diferenças relativas ao conhecimento prévio – linguístico e enciclopédico – de cada indivíduo; diferenças no

modo como se processam os fenômenos de transferência de conhecimento de L1 para L2 em seus aspectos ortográficos, fonológicos, morfossintáticos, etc; e diferenças de âmbito social, o que promove práticas de leitura bastante diversificadas (ZIMMER, 2003).

6.1.4 O processo de transferência AHS

Para o processo AHS, elaboramos a Tabela 6 com análise por palavra de alta frequência e baixa frequência, cognatas e não cognatas. Como complemento, elaboramos os Gráficos 6 e 7.

Tabela 6 - Ocorrência do processo AHS em palavras de alta e baixa frequência.

Processo AHS	ALTA FREQUÊNCIA						BAIXA FREQUÊNCIA					
	COGNATAS			NÃO COGNATAS			COGNATAS			NÃO COGNATAS		
	HYPOTHESIS	HYDROGEN	HYGIENE	HYPE	HYDE	HYMAN	HYPERBOLE	HYPHEN	HYPER	HYANNIS	HYLAND	HYDRANGEA
S1	42,86	50	50	14,2	0	35,71	50	42,86	42,8	7,14	14,29	21,43
S2	14,29	42,86	35,71	0	0	7,14	50	21,43	14,29	21,43	7,14	42,86
S3	30	30	20	0	0	20	60	0	30	10	10	30
S4	46,67	26,67	40	0	0	6,67	40	20	13,33	6,67	0	13,33
S5	62,5	62,5	75	0	0	12,5	37,5	25	0	25	0	62,5
S6	37,5	25	50	0	0	12,5	37,5	12,5	25	0	0	12,5
S7	14,29	14,29	28,57	0	0	0	0	0	0	0	0	14,29

Fonte: Elaborada pela autora.

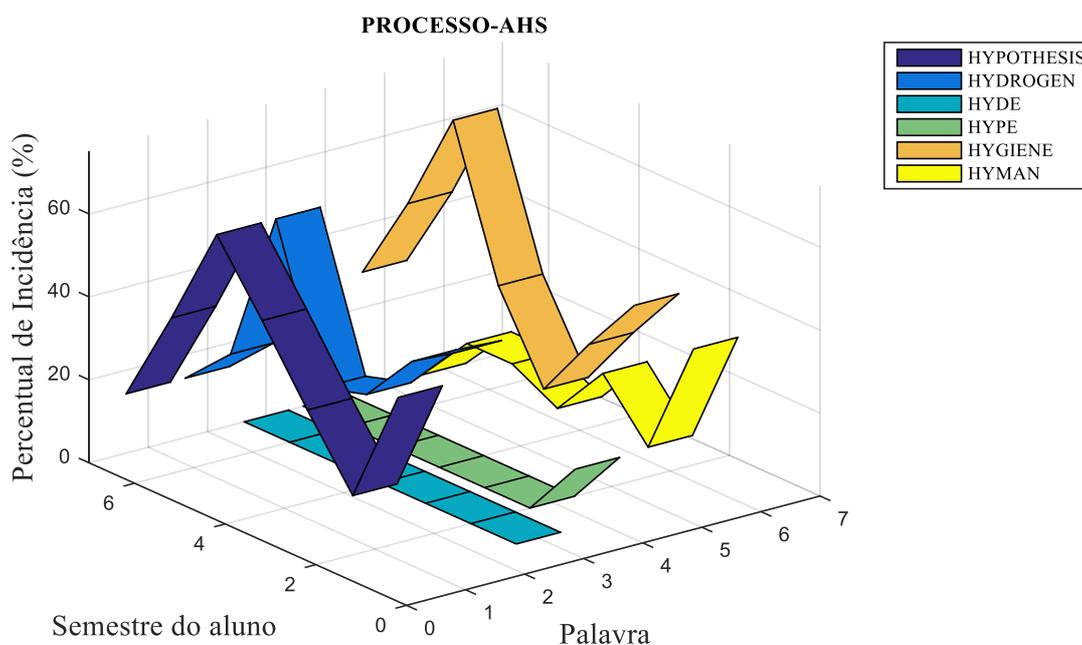
Em termos de frequência, a porcentagem de utilização do processo AHS variou de 6,67% a 62,50%. Contudo, o teste da ANOVA apresenta valores estatísticos não significativos, com $F= 0,065894$; $p=0798165$; $F\text{ crítico}=3,977779$. Isso implica dizer que a variável frequência de ocorrência não influenciou nos índices de incidência do fenômeno AHS nas turmas de inglês investigadas.

É possível constatar pelos Gráficos 6 e 7 que, independente do item lexical ser considerado de alta ou baixa frequência, o fenômeno incidiu de forma não significativa. Por exemplo, a palavra <hyper> (127:4500000), Gráfico 6, considerada de baixa frequência, apresentou um valor de 00,00% de utilização de AHS na turma S7.

Outro exemplo pode ser a palavra <hypothesis> (9820: 4500000), no Gráfico 6, palavra de alta frequência, apresentando valor de 46,67% de incidência de AHS na turma de S4 e 37,50% na turma de S6. Outro item lexical que chama a atenção é

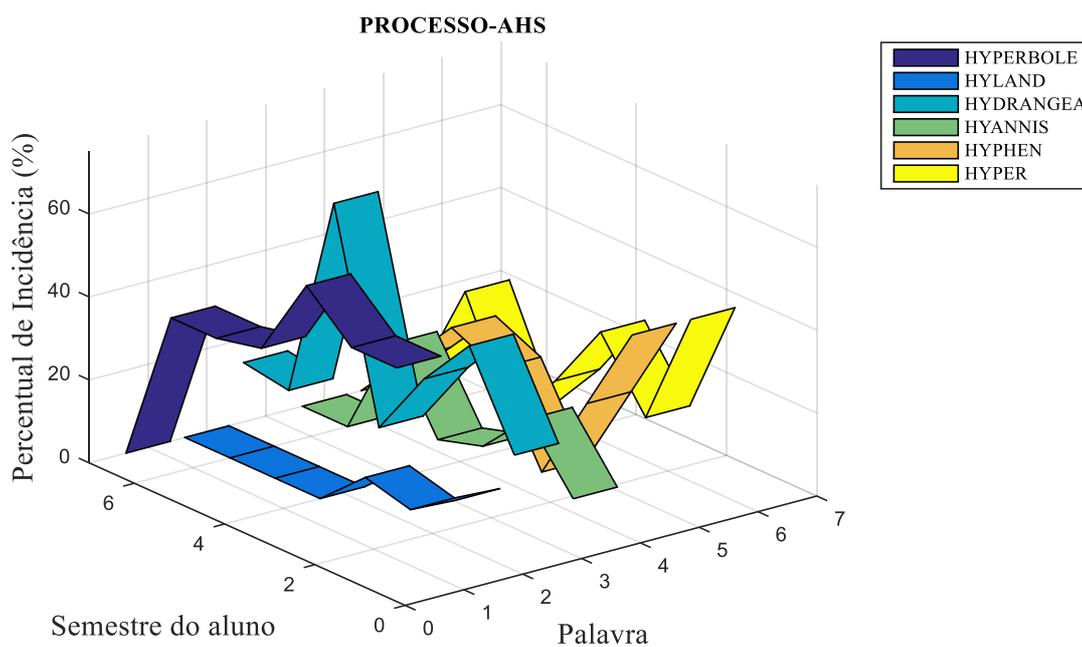
<hyland> (256:4500000), Gráfico 7, considerado de baixa frequência, no entanto, o processo AHS não foi utilizado nas turmas de S4, S5, S6 e S7. O fenômeno foi produzido com os seguintes índices nas turmas de S1 (14,29%), S2 (7,14%) e S3 (10,00%), no entanto, os valores são considerados baixos.

Gráfico 6 - Ocorrência de AHS por palavra de alta frequência por nível de proficiência.



Fonte: Elaborado pela autora.

Gráfico 7 - Ocorrência de AHS por palavra de baixa frequência em cada semestre.



Fonte: Elaborado pela autora.

De acordo com teste ANOVA fator duplo com repetição, o tipo de palavra cognata foi um fator estatisticamente significativo para a detecção do processo AHS nas turmas, segundo os valores apresentados a seguir: $F=51,95397$; $p=0,0000$; $F_{crítico}=3,977779$. Na Tabela 6, observa-se a porcentagem de incidência do fenômeno AHS, nas palavras cognatas, variando de 14,29% até 75%. Há outros valores também considerados altos: 62,50%, 60,00%, 50,00%, 46, 67%. No caso das palavras não cognatas, a porcentagem de incidência do processo AHS apresenta valores menores, como por exemplo: 6,67%, 7,14%, 10,00%. Apenas uma vez o valor 62,50% aparece, seguido de 42,86%, que também é registrado uma única vez.

Para as explicações das operações cognitivas dos participantes da presente pesquisa, subjacentes no gerenciamento da leitura de palavras, incluindo-se nesse contexto a leitura de palavras cognatas, a teoria conexionista afirma que as interações sinápticas já foram reforçadas no cérebro. Ou seja, o conhecimento que os participantes já possuem armazenados são os exemplares com relação grafema-fonema de sua língua L1 e que, na leitura de palavras cognatas em língua inglesa, são transferidos. De acordo com Ellis (1985), autores como Richards (1974) consideram a transferência como um processo organizador incorporado a outros processos cognitivos, e que opera frente ao sistema linguístico que o aprendiz já possui.

Assim, numa abordagem conexionista, a compreensão de leitura em L1 e L2 é uma questão de processamento cerebral e sua eficácia depende da experiência linguística do indivíduo. Nessa perspectiva, a leitura de cognatos em L2 poderá resultar numa produção que recorre à L1, onde as conexões neurais representacionais das relações de grafemas e fonemas são mais fortes (ROCHA, 2012) e armazenadas como conhecimento disponível para uso.

6.1.5 O processo de transferência PHS

Para a primeira análise de PHS, investigamos a incidência do fenômeno considerando a frequência dos itens lexicais apresentados na Tabela 7. As palavras foram divididas em dois grupos: alta frequência e baixa frequência.

Segundo o teste ANOVA, fator duplo com repetição, a frequência de ocorrência não influenciou na incidência de PHS ($F=1,022965$; $p=0,3153$; $F_{crítico}=3,977779$). Nas palavras de alta frequência, a porcentagem de incidência variou

de 6,67% a 50,00%; para as palavras de baixa frequência, de forma bastante semelhante, os valores registrados vão de 6,67% até 57,14%.

Tabela 7 - Ocorrência do processo PHI em palavras de alta e baixa frequência.

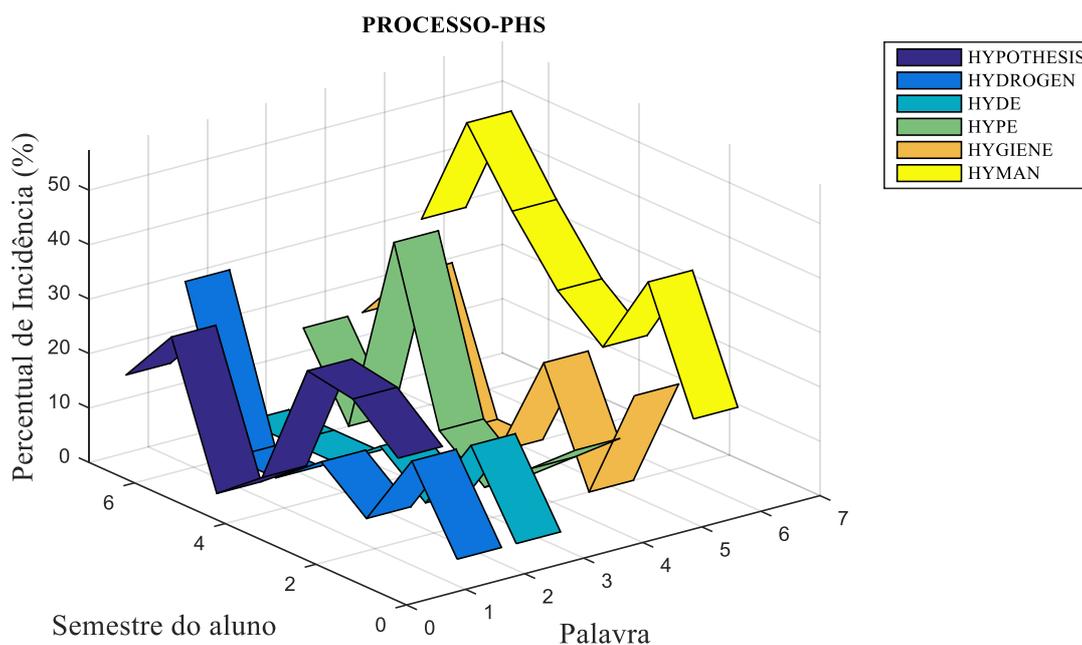
Processo PHS	ALTA FREQUÊNCIA						BAIXA FREQUÊNCIA					
	COGNATAS			NÃO COGNATAS			COGNATAS			NÃO COGNATAS		
	HYPOTHESIS	HYDROGEN	HYGIENE	HYDE	HYPE	HYMAN	HYPERBOLE	HYPHEN	HYPHER	HYLAND	HYDRANGEA	HYANNIS
S1	21,43	0	21,43	0	14,29	14,29	7,14	21,43	14,29	14,29	7,14	14,29
S2	28,57	14,29	0	14,29	7,14	35,71	0	28,57	57,14	7,14	14,29	35,71
S3	30	0	20	0	0	20	0	50	10	20	10	40
S4	6,67	6,67	0	6,67	6,67	26,67	6,67	20	6,67	6,67	6,67	20
S5	0	0	0	0	37,5	37,5	12,5	25	37,5	0	0	0
S6	25	0	25	0	0	50	25	25	12,5	0	12,5	37,5
S7	14,29	28,57	14,29	0	14,29	28,57	14,29	14,29	14,29	0	28,57	0

Fonte: Elaborada pela autora

Os Gráficos 8 e 9 nos dão suporte visual, assim, nos permitindo verificar que o fenômeno PHS ocorre tanto para palavras de alta frequência quanto de baixa frequência, porém de forma não significativa estatisticamente.

Para as palavras de alta frequência (Gráfico 8), os percentuais não ultrapassam os 50%, com muitas das incidências entre 20% e 26%.

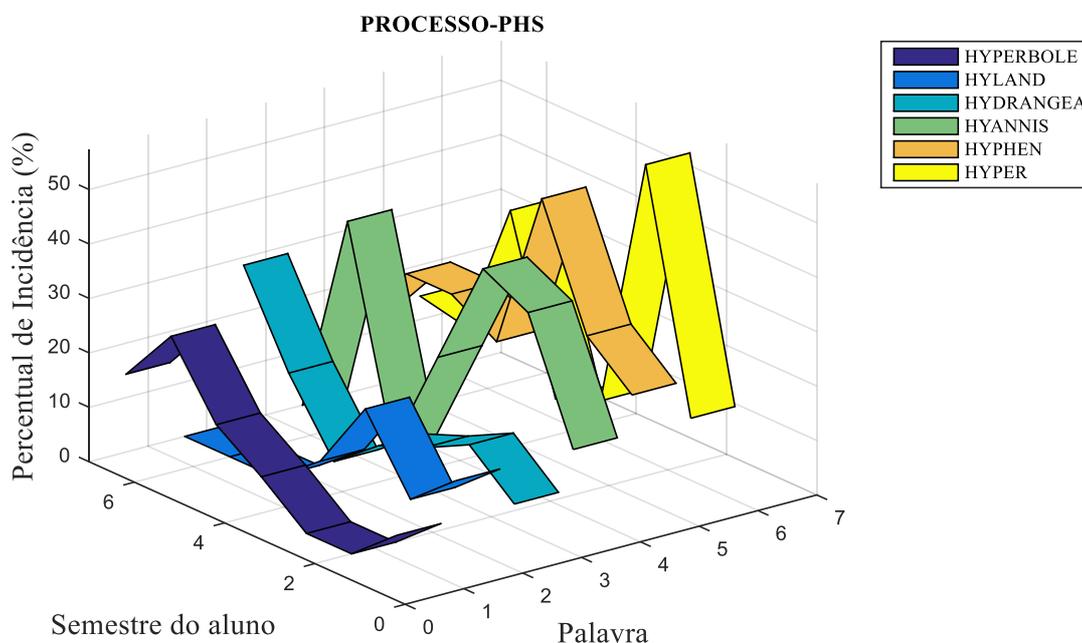
Gráfico 8 - Ocorrência do processo PHS em palavras de alta frequência.



Fonte: Elaborado pela autora.

Para as palavras de baixa frequência (Gráfico 9), o percentual de incidência apresenta um índice próximo a 60% de utilização. É possível que esses valores sejam justificados pela presença de palavras cognatas, a ser verificado na seção seguinte.

Gráfico 9 - Ocorrência do processo PHI em palavras de baixa frequência.



Fonte: Elaborado pela autora.

No que tange a palavras cognatas, este fator não influenciou de forma significativa na produção do fenômeno PHS conforme valores estatísticos ANOVA ($F=0,183773$; $p=0,669551$; $F_{crítico}=3,977779$). Assim, podemos inferir que o processo manifestou-se em todos os semestres, independente do tipo de palavra, de forma constante, conforme visualizamos no Gráfico 2, seção 6.1.2, na linha de tendência apresentada, mas sua manifestação não foi considerada significativa em termos estatísticos.

Ainda assim, é plausível tecer algumas considerações sobre o processo em questão. Em palavras como <hygiene>, alguns dos participantes pronunciaram <h> e substituíram <y> por <i>, o que aponta para uma produção semelhante àquelas de palavras de língua inglesa, onde <h> tem correspondência sonora, e, ao mesmo tempo, com a produção de [i] no lugar do ditongo [aj], tentam assemelhar-se à pronúncia e à sílaba padrão CV realizada no PB. Houve assim, uma mescla de conhecimentos advindos do repertório tanto da L2 quanto da L1.

A teoria conexionista assevera que as relações grafema-fonema podem ser fortalecidas em função das regularidades presentes no *input* ao que o aprendiz é exposto.

Pelos exemplos de <hypothesis> e <hygiene>, palavras cognatas (de alta frequência), a incidência do processo PHS não foi registrada no S5, com a ocorrência de 0,00% do fenômeno para a palavra <hypothesis> e no S2, S4 e S5, também com 0,00% de ocorrência para a palavra <hygiene>. Assim, ressaltamos que a frequência desse *input* favoreceu a sedimentação do conhecimento e da aprendizagem, permitindo uma produção leitora próxima ao alvo de L2 nos referidos semestres.

6.1.6 O processo de transferência PKCV

Para a análise do processo PKCV, verificamos apenas a frequência de ocorrência, pois não há palavras cognatas constituídas da estrutura <kn> no PB. De acordo com o teste ANOVA, a frequência de ocorrência não influenciou na utilização do processo. A incidência do fenômeno, levando-se em consideração a variável de frequência, não foi estatisticamente significativa ($F=2$; $p=0,168323$; $F_{crítico}=4,195972$).

O Gráfico 10 projeta os valores contidos na Tabela 8. Deste modo, podemos verificar que a incidência de PKCV ocorre para todas as palavras, sendo os valores menores registrados nas turmas de S6 e S7.

Tabela 8 - Ocorrência do processo PKCV em palavras de alta e baixa frequência.

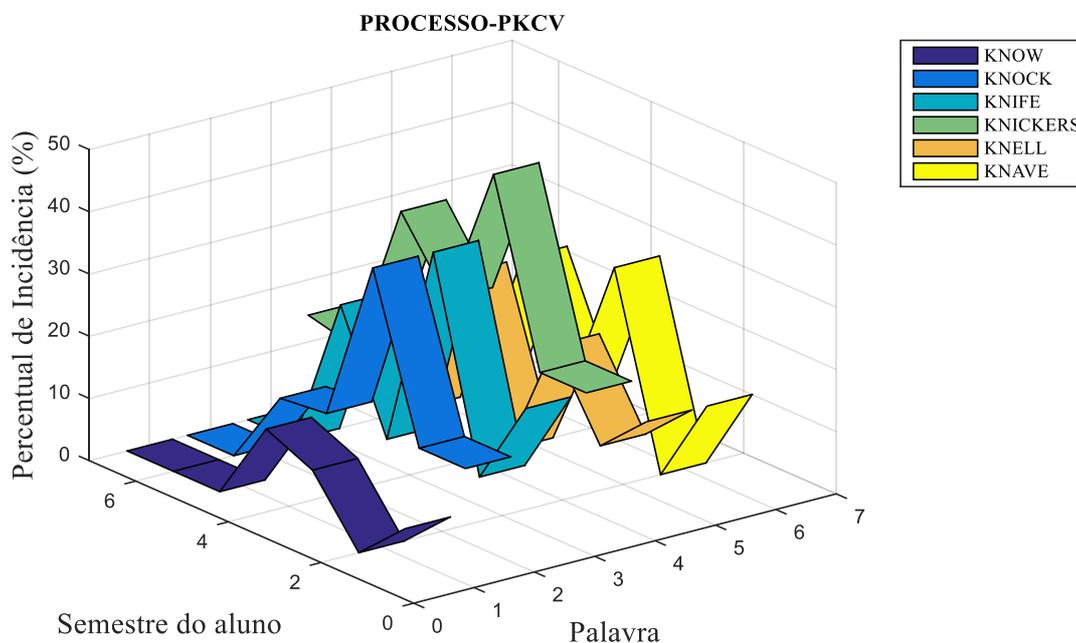
PROCESSO PKCV	ALTA FREQUÊNCIA			BAIXA FREQUÊNCIA		
	KNOW	KNOCK	KNIFE	KNICKERS	KNELL	KNAVE
S1	7,14	14,29	21,43	21,43	14,29	14,29
S2	0,00	14,29	7,14	21,43	7,14	0,00
S3	10,00	40,00	40,00	50,00	20,00	30,00
S4	13,33	13,33	6,67	26,67	0,00	6,67
S5	0,00	12,50	25,00	37,50	25,00	25,00
S6	0,00	0,00	0,00	12,50	0,00	0,00
S7	0,00	0,00	0,00	14,29	14,29	0,00

Fonte: Elaborada pela autora.

Tomando-se, como exemplo, a palavra <knave>, que apresenta baixa frequência (135: 4500000), percebemos que não houve a utilização de PKCV nas turmas de S2, S6 e S7, e nas turmas de S4, S5 e S1 foram registrados valores baixos: 6,67%, 12,50% e 14,29% respectivamente. O contrário também aconteceu, em palavras de alta

frequência como <knock> (17146: 4500000) e <knife> (15792:4500000), foram registrados valores de 40% de incidência na turma de S3.

Gráfico 10 - Ocorrência de PKCV por palavra segundo o nível de proficiência.



Fonte: Elaborado pela autora.

Como se trata de uma estrutura fonotática bem distinta do que se tem na língua portuguesa, na qual não se admite <kn> em início de palavra, é possível ter havido um destaque para esta pronúncia, através de instrução explícita. Isto pode ter possibilitado valores mais baixos de utilização (ver Tabela 8).

6.1.7 O processo de transferência PKSV

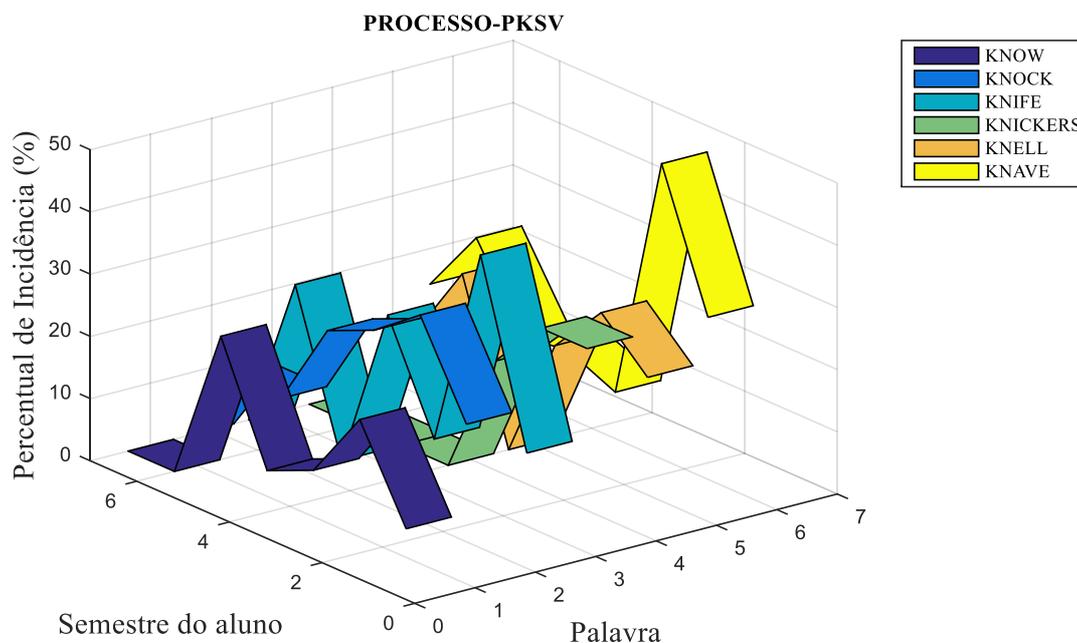
As análises para o processo PKSV são semelhantes às aquelas desenvolvidas para o processo PKCV. Isto é, a variável frequência de ocorrência não apresentou valores estatisticamente significativos ($F=0,18$; $p=1$; F crítico=4,195972), o que nos permite afirmar que a incidência de PKSV ocorreu em palavras de alta frequência, bem como em palavras de baixa frequência, mas não de maneira significativa. É possível observar que, mesmo em palavras de baixa frequência, a pronúncia se deu de forma correta, não sendo registrado o fenômeno apontado.

O Gráfico 11 representa os valores da Tabela 9, reforçando uma vez mais que o fenômeno ocorreu independente do tipo de palavra.

Tabela 9 - Ocorrência do processo PKSV em palavras de alta e baixa frequência.

PROCESSO PKSV	ALTA FREQUÊNCIA			BAIXA FREQUÊNCIA		
	KNOW	KNOCK	KNIFE	KNICKERS	KNELL	KNAVE
S1	7,14	21,43	14,29	28,57	21,43	28,57
S2	21,43	35,71	42,86	28,57	28,57	50,00
S3	10,00	30,00	10,00	20,00	20,00	10,00
S4	6,67	26,67	26,67	0,00	0,00	13,33
S5	25,00	12,50	0,00	0,00	25,00	12,50
S6	0,00	12,50	25,00	0,00	12,50	25,00
S7	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	14,29

Fonte: Elaborada pela autora.

Gráfico 11 - Ocorrência do processo PKSV por palavra segundo o nível de proficiência.

Fonte: Elaborado pela autora.

Observamos a supressão do fenômeno PKSV em palavras de baixa frequência, no caso de <knickers> (248:4500000) onde o processo não incidiu nas turmas de S4, S5, S6 e S7. E, em palavras como: <knock> (17146:4500000) e <knife> (15792:4500000), consideradas de alta frequência, observamos índices de 35,71% (S2) e 42,86% (S2) respectivamente. No entanto, reforçamos que estes valores não têm significância estatística, servem apenas para suporte nas análises dos dados.

A partir das análises descritas, respondemos às questões de pesquisa formuladas no início desta seção: b) Como as palavras de alta frequência e de baixa

frequência contribuem para a realização dos processos AH, AHS, PHS, PKSV e PKCV nas produções dos alunos?; c) Qual é a influência das palavras cognatas e não cognatas na realização dos fenômenos AH, AHS e PHS?

Em resposta à questão a), percebemos que o tipo de palavra, seja sua frequência alta ou baixa, não influenciou na incidência dos processos AH, AHS, PHS, PKSV e PKCV. O fator preponderante para a ocorrência dos fenômenos investigados foi a presença do grupo de cognatos. Isso foi comprovado por meio dos valores das ANOVAS e também será ratificado pelos resultados advindos da RNA (seção 7).

Quanto à questão b), podemos afirmar que os fenômenos AH, AHS e PHS ocorreram majoritariamente em palavras cognatas. A ocorrência dos processos em palavras não cognatas foi registrada apenas em: 4 palavras para o processo AH, 46 ocorrências para AHS e 64 ocorrências para PHS, num universo de 1792 palavras, o que revela um percentual de 6% do total. As demais questões de pesquisa referem-se à simulação computacional e serão devidamente respondidas na seção 5.

Com isso, cumprimos com o objetivo b) que era verificar como as palavras de alta frequência e de baixa frequência contribuem para a realização dos processos AH, AHS, PHS, PKSV e PKCV nas produções dos alunos.

Constatamos que a variação não é estatisticamente significativa, segundo os valores dos testes da ANOVA *two-way*. Percebemos, na verdade, que as palavras cognatas foram fator prevalectante para a incidência dos processos. O objetivo c) foi alcançado quando realizada a verificação se os fenômenos AH, AHS e PHS ocorreriam em palavras cognatas e não cognatas. Nas nossas respostas às questões de pesquisa, fica explicitado que os fenômenos ocorreram, sobretudo, em palavras cognatas, com poucas incidências em palavras não cognatas.

Nossos objetivos nos permitem desenvolver discussões, retomando os princípios conexionistas que constituem a base teórica que ampara nossas inferências e argumentações. Assim sendo, iniciaremos pela proposição conexionista que postula que a frequência de exposição do *input* o torna um elemento rico e suficiente para estabelecer as regularidades do sistema – no nosso caso, as regularidades da L2/língua inglesa –, e direciona a aprendizagem e a generalização espontânea a partir de experiências iniciais. Isso foi comprovado por meio das análises de variância, onde notamos altos índices de incidência dos processos de transferência em palavras de baixa frequência do tipo

cognatas, como por exemplo: <hiatus> (S1=57,14%, S2=57,14%, S3=50,00%, S4=46,67%, S5=87,50%) e <herpes> (S1=42,86%, S3=40,00%, S4=40,00%, S5=62,50%). Queremos dizer com isso que os aprendizes foram expostos com maior frequência às palavras hiato e herpes de acordo com a relação grafema-fonema de sua L1, levando, assim, os traços da L1 para L2.

Prosseguindo com este entendimento, podemos afirmar também que, aprendemos quando é chegada uma informação, por meio da apresentação do *input*, a qual é alocada junto a um conhecimento já existente e provoca o surgimento de uma nova conexão interneuronal (POERSCH, 1999). Esse pressuposto se confirma como acontece nas palavras: <hypothesis> e <hygiene> que, mesmo sendo palavras cognatas, a incidência do processo PHS não foi registrada no S5, com a ocorrência de 0,00% do fenômeno para a palavra <hypothesis> e no S2, S4 e S5, também com 0,00% de ocorrência para a palavra <hygiene>. A alta frequência de apresentação desse *input* com destaque para a relação grafema-fonema da língua inglesa favoreceu a sedimentação do conhecimento e da aprendizagem em L2, permitindo uma produção leitora próxima ao alvo de L2.

O mesmo foi verificado nas palavras de alta frequência referentes ao processo AH, como <have> e <help>, que não sofreram a incidência de apagamento de <h> pelo fato de serem dados linguísticos recorrentes, aos quais os aprendizes são mais expostos. Portanto, o conhecimento fonológico se sedimenta devido à alta frequência de apresentação no curso de inglês, tornando-se experiência de conhecimento estocado e disponível para uso (HAYKIN, 2001).

Mesmo para palavras de baixa frequência como <hem>, <hang> e <hog>, a incidência do processo AH, praticamente, não existiu. A teoria conexionista também responde a isto, sinalizando que a construção do conhecimento linguístico não é algo repentino. O cérebro consolida informações originadas de trocas dos indivíduos com o ambiente, onde se encontram outros falantes.

O curso de inglês é um ambiente propenso ao intercâmbio de conhecimento, onde são fornecidos dados de natureza fonológica, sintática, semântica (ZIMMER, 2003), o que pode ter acontecido com as palavras aqui representadas que, mesmo sendo consideradas de baixa frequência, foram pronunciadas de acordo com o alvo da língua inglesa. Além disso, as características que as compõem, monossilábicas e iniciadas por <h>, semelhantes às aquelas de alta frequência, possibilitam supor que os participantes

podem ter comparado as palavras <hem>, <hang> e <hog> aos padrões de ativação das palavras de alta frequência, possibilitando uma produção de acordo com alvo L2.

Para os processos PKSV e PKCV, verificamos que a alta ou baixa frequência das palavras não constituiu fator decisivo na predominância dos processos. Por exemplo, temos que, na palavra <knock>, considerada de alta frequência, a incidência do processo PKCV foi de 40% no S3, e a palavra <knave>, de baixa frequência, apresentou incidência 0,00% no S2. No processo PKSV, temos que, na palavra <know>, de alta frequência, a ocorrência do fenômeno foi de 10,00% no S3, e a palavra <knickers>, de baixa frequência, apresentou ocorrência de 0,00% no S2.

No entanto, é importante apontarmos que a estrutura <kn> é recorrente. Assim, reforçamos que este fenômeno cognitivo se apoiou na natureza da estrutura estatística presente na experiência do dia a dia do curso de inglês e como esta estrutura foi explorada em sala de aula.

Isto endossa o que é estabelecido pelo referido paradigma conexionista, onde se considera inexistente a percepção de que processos mentais possam ser estudados sem levar em conta seu suporte físico e o ambiente onde se estabelece o sistema em que eles ocorrem. Assim, adota-se a compreensão de que processos mentais subjazem processamentos simultâneos da informação, neste caso, há uma mescla de informações: a apresentação estatística da estrutura <kn> e da alta frequência das palavras que a contém, circulando como dado linguístico trabalhado em sala de aula. A distribuição dessa informação que, segundo Poersch (2005), acontece de forma paralela, finda com a mudança nos pesos sinápticos, seu estocamento nas redes neuronais e a efetivação da aprendizagem.

Para os processos AHS, PHS e AH que envolvem palavras cognatas, retomamos o princípio conexionista que apregoa que a aprendizagem é contínua e intrinsecamente variável. Assim, os participantes demonstram que aprenderam o sistema fonológico da L2 quando não utilizam o processo de transferência AHS mesmo em palavras com as quais já são familiarizados no universo da L1, como por exemplo: <hygiene> (S2=0,00% de ocorrência, S4=0,00%, S5=0,00%). Entretanto, para o mesmo item lexical, os participantes apresentam incidência do processo AHS em outros grupos (S1=21,43% e S6=25,00%).

Ademais, a capacidade de generalização espontânea utiliza-se de experiências anteriores, o que justifica as diferenças entre cada indivíduo e a performance destes no que concerne ao desenvolvimento cognitivo e a execução de atividades como a leitura (BROEDER; PLUNKETT, 1994). Apoiados nos referidos princípios e nos dados apresentados, verificamos que os cognatos provocaram a utilização dos processos em muitos dos itens lexicais dos processos AH, AHS e PHS, confirmando a generalização espontânea apontada.

6.1.8 Teste *Tukey* e *colormap*

Apresentamos, nesta seção, os resultados do teste *Tukey* para verificar todas as combinações entre os grupos por meio de comparação entre os semestres: 1 com 2, 3, 4, 5, 6, 7; 2 com 3, 4, 5, 6 e 7; e assim por diante. O exame dessas relações mostra entre quais comparações há diferença estatisticamente significativa. Havendo diferença entre os semestres 1 e 2, também haverá entre 1 e 3, 1 e 4 e assim por diante. No momento em que param as diferenças, por exemplo, entre os semestres 5 e 6, entre os semestres 5 e 7 para determinado processo, podemos inferir que o fenômeno arrefeceu ou parou de acontecer. Isto pode ser visualizado nas figuras de *colormap* para cada processo. Assim, dispomos as Tabelas 10, 11, 12, 13 e 14 com os cálculos das relações para a ANOVA *one-way* para os cinco processos, respectivamente: AH, AHS, PHS, PKSV, PKCV.

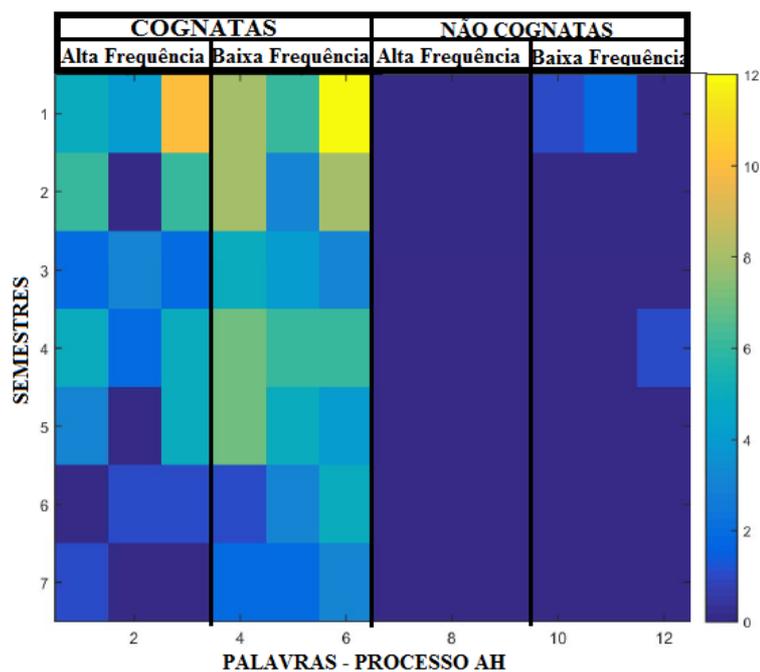
No caso do processo AH, não houve diferença entre os semestres investigados para a ANOVA *one-way*, conforme é apresentado na Tabela 10. No *colormap*, mostrado na Figura 26, percebemos o esfriamento do fenômeno (representado pela cor roxa), mais notadamente, nas palavras não cognatas, sejam elas de alta ou baixa frequência.

Tabela 10 - Teste Tukey referente ao processo AH (ANOVA *one-way*).

	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7
S1		0,9017	0,347	0,9461	0,6734	0,1279	0,06348
S2	1,661		0,9621	1	0,9995	0,7627	0,5777
S3	3,01	1,349		0,926	0,9986	0,9986	0,9836
S4	1,453	0,2076	1,557		0,9971	0,6734	0,4813
S5	2,284	0,6228	0,7266	0,8304		0,9461	0,8401
S6	3,737	2,076	0,7266	2,284	1,453		0,9999
S7	4,152	2,491	1,142	2,699	1,868	0,4152	

Fonte: Elaborada pela autora.

Figura 26 - Colormap da incidência do processo AH.



Fonte: Elaborada pela autora.

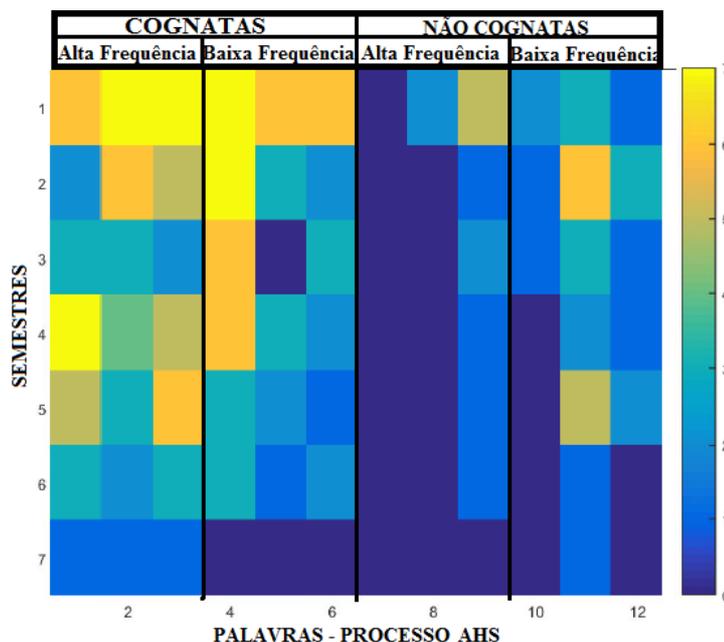
Para o processo AHS, houve diferença estatisticamente significativa entre os semestres 1 e 6; entre os semestres 1 e 7; e entre os semestres 2 e 7. Os dados são confirmados na Tabela 11 e no *colormap* da Figura 27. Nos semestres 1 e 2 aparecem as cores amarela, laranja e nuances de verde-claro e azul, indicando significativa incidência dos processos em palavras cognatas, com notório esfriamento do mesmo processo nas palavras não cognatas e de alta frequência em todos os semestres, especialmente a partir do semestre 2.

Tabela 11 - Teste Tukey referente ao processo AHS (ANOVA *one-way*).

	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7
S1		0,6939	0,09556	0,4371	0,2698	0,01488	0,0003821
S2	2,238		0,8972	0,9997	0,9927	0,5004	0,0453
S3	3,916	1,678		0,9853	0,9989	0,9927	0,5004
S4	2,797	0,5594	1,119		0,9999	0,7538	0,1202
S5	3,217	0,979	0,6993	0,4196		0,8972	0,2242
S6	4,895	2,657	0,979	2,098	1,678		0,8972
S7	6,573	4,335	2,657	3,776	3,356	1,678	

Fonte: Elaborada pela autora.

Figura 27 - Colormap da incidência do processo AHS.



Fonte: Elaborada pela autora.

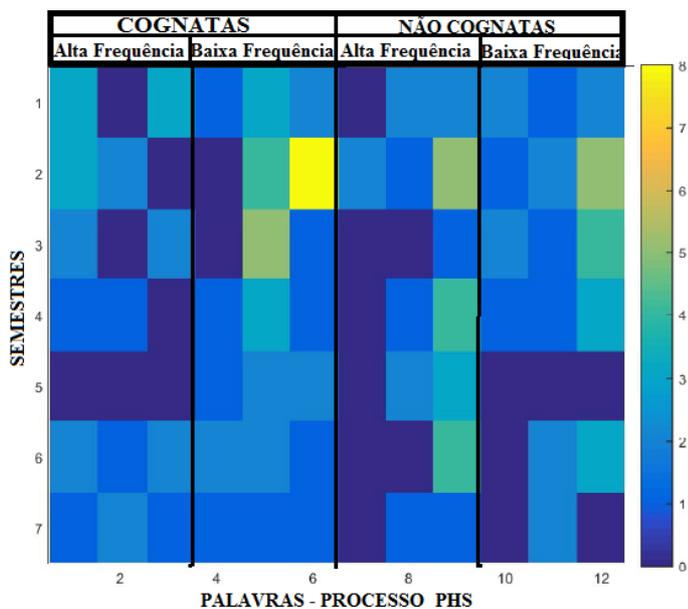
Para o processo PHS, houve diferença estatisticamente significativa entre os semestres 2 e 5; e entre os semestres 2 e 7. Os dados são confirmados na Tabela 12 e no *colormap* da Figura 28. Nos semestres 1 e 2 aparecem as cores amarela, azul claro, roxo e verde, indicando incidência dos processos em palavras cognatas de alta e baixa frequência, com esfriamento do mesmo processo em todas as palavras para todos os semestres, especialmente a partir do S3, região onde os tons de azul predominam.

Tabela 12 - Teste Tukey referente ao processo PHS (ANOVA *one-way*).

	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7
S1		0,5492	1	0,9996	0,8723	0,9979	0,8723
S2	2,552		0,4588	0,2967	0,04672	0,2301	0,04672
S3	0,1963	2,748		1	0,9231	0,9996	0,9231
S4	0,5889	3,141	0,3926		0,9808	1	0,9808
S5	1,767	4,319	1,57	1,178		0,9926	1
S6	0,7852	3,337	0,5889	0,1963	0,9816		0,9926
S7	1,767	4,319	1,57	1,178	0	0,9816	

Fonte: elaborado pela autora.

Figura 28 - Colormap da incidência do processo PHS.



Fonte: Elaborada pela autora.

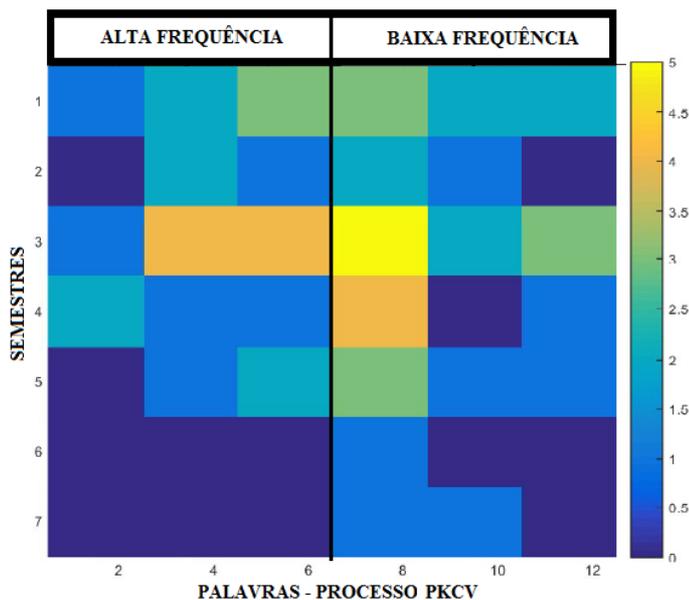
Para o processo PKCV, houve diferença estatisticamente significativa entre os semestres 1 e 6; entre os semestres 2 e 3; entre os semestres 3 e 6; e entre os semestres 3 e 7. Os dados são confirmados na Tabela 13 e no *colormap* da Figura 29. É possível verificar que a partir do S4, predominam as cores azul e roxo, ou seja, com uma pequena diferença entre as palavras de alta e de baixa frequência, o fenômeno esfria no S4.

Tabela 13 - Teste *Tukey* referente ao processo PKCV (ANOVA *one-way*).

	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7
S1		0,6351	0,6351	0,979	0,979	0,02887	0,05646
S2	2,372		0,02887	0,979	0,979	0,6351	0,7994
S3	2,372	4,743		0,1849	0,1849	0,0003955	0,0007354
S4	1,186	1,186	3,558		1	0,1849	0,3032
S5	1,186	1,186	3,558	0		0,1849	0,3032
S6	4,743	2,372	7,115	3,558	3,558		1
S7	4,348	1,976	6,72	3,162	3,162	0,3953	

Fonte: Elaborada pela autora.

Figura 29 - Colormap da incidência do processo PKCV.



Fonte: Elaborada pela autora.

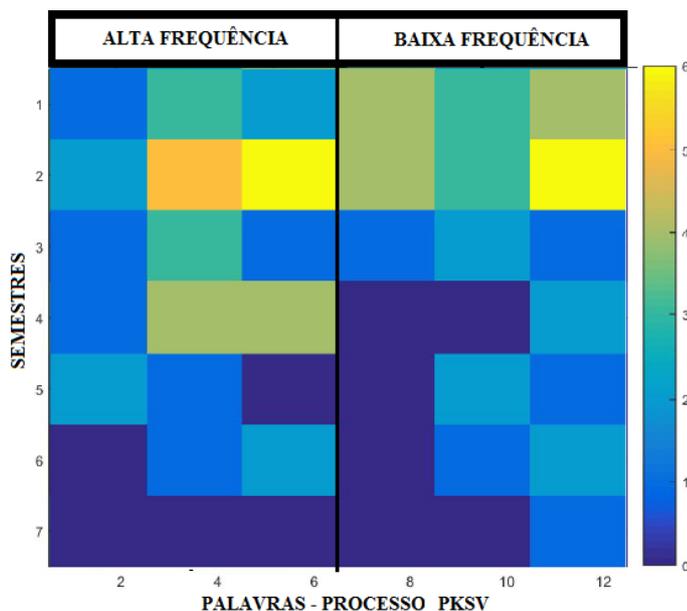
No que concerne ao processo PKSV, houve diferença na utilização dos fenômenos entre os semestres 1 e 7; entre 2 e 3; entre 2 e 4; entre 2 e 5; entre 2 e 6; entre 2 e 7. Semelhante a PKCV, o processo PKSV apresenta uma diminuição em sua utilização, notadamente, a partir do S3. Os dados são confirmados na Tabela 14 e no *colormap* da Figura 30.

Tabela 14 - Teste *Tukey* referente ao processo PKSV (ANOVA *one-way*).

	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7
S1		0,067	0,5888	0,7429	0,1157	0,1157	0,005364
S2	4,243		0,000738	0,001398	0,000156	0,000156	0,000131
S3	2,475	6,718		1	0,9507	0,9507	0,2963
S4	2,121	6,364	0,3536		0,8694	0,8694	0,1904
S5	3,889	8,132	1,414	1,768		1	0,8694
S6	3,889	8,132	1,414	1,768	0		0,8694
S7	5,657	9,899	3,182	3,536	1,768	1,768	

Fonte: Elaborada pela autora.

Figura 30 - Colormap da incidência do processo PKSV.



Fonte: Elaborada pela autora.

6.2 RESUMO

Nesta seção apresentamos os resultados, análises e discussões do estudo empírico. Em 6.1 explicitamos quais eram os cinco processos que constituíam o objeto de nossa investigação, apontando os testes estatísticos utilizados, bem como fazendo menção do uso de tabelas de percentual de ocorrência, gráficos contendo palavras de alta e baixa frequência e a incidência dos processos em função do nível de proficiência.

Na subseção 6.1.1 apresentamos as linhas de tendência que nos permitiram observar o comportamento dos fenômenos ao longo dos semestres. Do tópico 6.1.2 ao 6.1.7 apresentamos a ocorrência dos processos de transferência de acordo com o tipo de palavra (alta e baixa frequência, cognata e não cognata). Finalmente, em 6.1.8 apresentamos o Teste *Tukey* e os *colormaps*, onde pudemos visualizar o esfriamento dos processos por semestre e tipo de palavra.

Na seção seguinte, iniciamos as análises dos processos sob a perspectiva computacional, desde o tratamento realizado com os dados até os resultados do treinamento da rede neural para o reconhecimento e classificação dos fenômenos.

7 SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL

Nesta seção, apresentamos os resultados das simulações, seguidos de suas análises e discussão geral da avaliação da RNA sobre os dados. Estes foram organizados por grupo de palavras referentes aos processos de transferência e inseridos como parâmetros de especificação de RNA descritos na seção 5.2.3.

As principais discussões dessa seção dizem respeito a: averiguação se os formantes F1 e F2 descrevem os sinais de voz dos alunos com detalhes que permitem a observação dos fenômenos pesquisados, constituindo uma condição válida para a entrada da RNA; se a RNA, um modelo conexionista, identificará e classificará os processos sendo treinada apenas pelos sinais das vozes dos participantes, confirmando os processos propostos; se é possível fazer inferências sobre o desenvolvimento da produção da fala no que concerne aos processos de transferência identificados e, assim, fornecer subsídios ao ensino de língua.

7.1 APLICAÇÃO DE RNA PARA RECONHECIMENTO DE PADRÕES EM PROCESSOS DE TRANSFERÊNCIA

O problema de identificação e classificação de processos de transferência, conforme proposto nesse trabalho, é uma aplicação de RNA para reconhecimento de padrões. Tais padrões representam um problema a ser resolvido. Assim, a RNA é treinada com os padrões que representem a problemática, coadunados com as saídas-alvo, as quais significam o reconhecimento de padrões (utilizados no treinamento), ou seja, a resolução do problema. Concluída esta etapa, a RNA é habilitada a fornecer a resolução da problemática inclusive diante de novos dados.

Especificamente com relação aos processos de transferência, os padrões de treinamento para a RNA seguiram as definições discutidas na seção 5 concernente à metodologia aplicada, seção 5.2.1. Assim, os padrões de entrada para treinamento foram os formantes F1 e F2, representando as características do sinal de fala dos participantes entrevistados. Estes padrões de entrada foram atrelados aos julgamentos dos transcritores quanto à ocorrência ou não de processo de transferência, além de sua classificação, em cada elocução do participante. Estes julgamentos dos transcritores foram utilizados como padrão de saída-alvo, de forma que o treinamento da RNA se deu pela apresentação dos seguintes pares entrada-saída: F1 e F2 como entrada e a utilização de código, representando a ocorrência e o tipo de processo de transferência, como saída.

Antes de organizarmos as simulações em si, fez-se necessário observarmos as dispersões dos dados dos formantes F1 e F2 em relação a cada padrão de saída associado, de forma a avaliar o potencial desses dados em termos das propostas deste trabalho.

7.1.1 Dispersão de F1 e F2

Pelos desenvolvimentos da metodologia da seção 5.2.1, os formantes F1 e F2 são as principais características para observação do aparecimento de vogais no sinal de fala. Os fenômenos investigados em nossa pesquisa, cujo objeto de análise são vogais e consoantes, nos impulsionam a realizar a seleção dos valores de F1 e F2 como descritores do sinal de voz com detalhe suficiente para avaliação da ocorrência e classificação do tipo de processo de transferência reproduzido na fala de um participante.

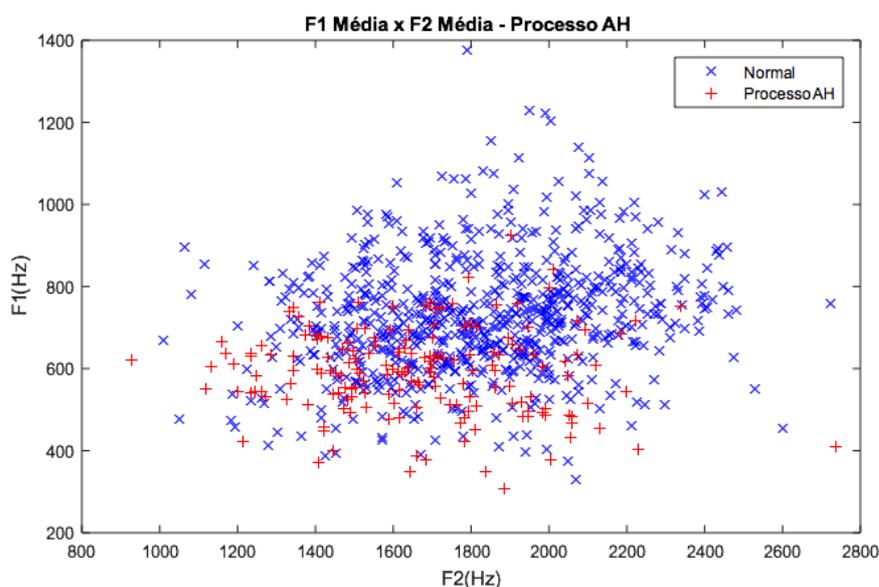
Uma das formas de se confirmar esse grau de detalhamento é obtendo a dispersão dos dados dos formantes F1 e F2. Este tipo de gráfico ilustra a variabilidade na produção sonora e, sobretudo, avalia a qualidade vocálica do som, determinando as características articulatórias e, conseqüentemente, enquadrando o posicionamento dos articuladores do trato vocal e o correspondente ponto de realização de cada vogal no denominado quadrilátero vocálico (NASCIMENTO, 2010; BARBOZA; CARVALHO, 2010).

Em nosso trabalho, empregamos três gráficos de dispersão dos formantes F1 e F2. Um para cada grupo de palavras referentes aos processos de transferência investigados: AH, AHS/PHS e PKSV/PKCV. Para produzir o gráfico de dispersão de F1 e F2 para o processo AH, utilizou-se a média extraída dos formantes do início (imediatamente antes de se ouvir o som) das palavras começadas com <h>. Para os processos AHS/PHS, utilizou-se a média extraída dos formantes do início das palavras começadas com <hy>. E para os processos PKSV/PKCV, a média extraída dos formantes do início das palavras começadas com <kn>. O par de formante de cada palavra de cada falante que compõem o grupo de dados foi alocado no gráfico com F1 sendo o eixo das ordenadas, e F2 das abscissas.

No Gráfico 12, é mostrada a dispersão para o processo de transferência AH. Cada ponto assinalado representa o início de uma palavra onde se espera a ocorrência, ou não, dos fenômenos propostos. Na dispersão de F1 e F2 podemos observar que a densidade das palavras consideradas sem ocorrência do processo de transferência ocupa

região mais acima que a região ocupada pela densidade das palavras onde se verifica a ocorrência do processo investigado. Claramente é possível observar a sobreposição dos dados, sinalizando que muitas palavras consideradas sem ocorrência de processo pelos transcritores ocupam a região de densidade das palavras consideradas com ocorrência do processo AH e *vice-versa*. Na prática, isto pode provocar dificuldade de separação das duas classes, ou pelo menos, confusão entre a classificação dos dados pela RNA.

Gráfico 12 - Dispersão dos formantes F1 e F2 para o grupo de dados das palavras iniciadas com <h>.



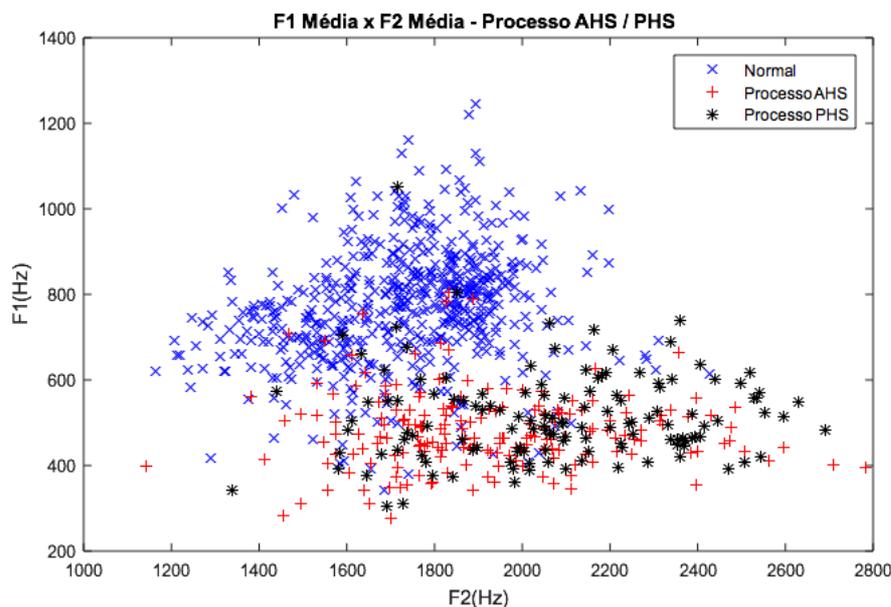
Fonte: Elaborado pela autora.

No Gráfico 13, é mostrada a dispersão para os processos de transferência AHS/PHS. Cada ponto assinalado representa o início de uma palavra, onde há incidência ou não dos fenômenos investigados. Na dispersão de F1 e F2 podemos observar uma clara separação entre as palavras com elocução sem ocorrência dos processos e aquelas com ocorrência dos processos investigados. Somente alguns poucos pontos se misturam nas dispersões destas classes, significando que a RNA não deverá ter dificuldades em identificar a ocorrência ou não destes fenômenos utilizando os formantes F1 e F2 como entrada.

Por outro lado, intensificando a observação sobre os pontos que equivalem à incidência dos processos de transferência AHS e PHS, nitidamente se tem sobreposição dos dados, sinalizando que muitas palavras consideradas como transferência do falante do tipo AHS ocorrem na mesma zona de dispersão de outras palavras consideradas como transferência do tipo PHS. Na prática, isto pode provocar dificuldade de separação das

duas classes, ou pelo menos, confusão entre a classificação destes dois processos de transferência pela RNA.

Gráfico 13 - Dispersão dos formantes F1 e F2 para o grupo de dados das palavras iniciadas com <hy>.



Fonte: Elaborado pela autora.

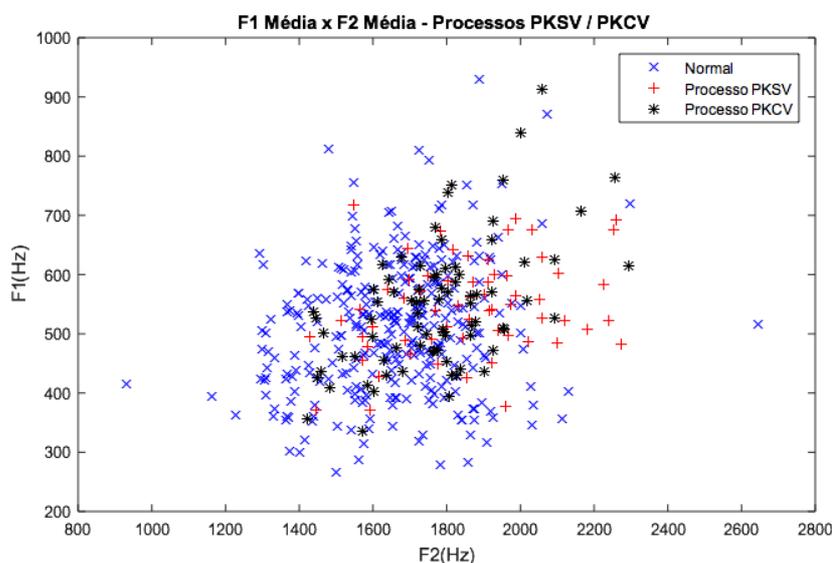
Este fato da dispersão dos formantes para as palavras que foram consideradas com incidência de AHS e PHS tende a indicar que estes dois processos de transferência, na realidade, podem ser entendidos como duas estratégias diferentes utilizadas pelos falantes na ocorrência de um único processo de transferência.

No Gráfico 14, apresentamos a dispersão para os processos de transferência PKSV/PKCV. Cada ponto assinalado representa o cruzamento da média dos formantes para o início de uma palavra, região onde podem ocorrer os fenômenos propostos. Na dispersão de F1 e F2 podemos observar uma clara sobreposição das densidades de distribuição das três classes: normal, onde não se verifica incidência dos processos investigados; incidência de PKSV; incidência de PKCV. Somente uma pequena quantidade de dados considerados normais não apresenta zonas de coincidência com as demais classes no gráfico. Isto pode ocasionar uma dificuldade de identificação da ocorrência ou não dos processos de transferência por parte da RNA treinada com os formantes F1 e F2.

Acrescentado a isso, os dados que representam a incidência de PKSV e PKCV estão distribuídos quase que da mesma forma, com muitos dados coincidentes no espaço de distribuição de F1 e F2. Esta evidente sobreposição dos dados sinaliza que muitas

palavras consideradas como transferência do falante do tipo PKSV ocorrem na mesma zona de dispersão de outras palavras consideradas como transferência do tipo PKCV. Isto indica a proximidade do detalhamento advindo dos formantes F1 e F2, o que na prática pode provocar dificuldade de separação das duas classes, ou pelo menos, confusão entre a classificação destes dois processos de transferência pela RNA. Esta sobreposição evidenciada na dispersão dos formantes é explicada pela produção de vogais durante a incidência dos processos de transferência na região investigada.

Gráfico 14 - Dispersão dos formantes F1 e F2 para o grupo de dados das palavras iniciadas com <kn>.



Fonte: Elaborado pela autora.

Do exposto, conjecturamos que a dispersão dos formantes para as palavras que foram consideradas com incidência de PKSV e PKCV tende a indicar que estes dois processos de transferência podem ser entendidos como duas estratégias diferentes utilizadas pelos falantes na ocorrência de um único processo de transferência, a saber: PK (pronúncia de <k>), conforme já foi explicitado no corpo desta tese.

De acordo com o discutido até aqui, tomamos a decisão de organizar a simulação da RNA de modo a contemplar testes que pudessem confirmar o observado nos gráficos de dispersão. Dessa forma, foram selecionados 5 testes com a RNA para abarcar as observações dos fenômenos, ora explicitados:

- Teste da RNA para identificação de ocorrência de AH. Como para este grupo de palavras, iniciadas com <h>, somente este processo de transferência é investigado, a classificação já é uma decorrência direta da identificação de ocorrência;

- Teste da RNA para identificação e classificação de AHS e de PHS. O grupo de palavras iniciadas com <hy> foi utilizado para verificação de incidência destes dois processos de transferência;
- Teste da RNA para identificação e classificação de PKSV e de PKCV. O grupo de palavras iniciadas com <kn> foi utilizado para verificação de incidência destes dois processos de transferência;
- Teste da RNA para identificação e classificação de um único fenômeno composto pelas duas estratégias de transferência AHS/PHS. De acordo com as observações feitas quando da análise do gráfico de dispersão de F1 e F2, para este grupo de palavras, iniciadas com <hy>, verificamos se a RNA refletia maior assimilação de aprendizagem considerando um só processo ocorrendo;
- Teste da RNA para identificação e classificação de um único fenômeno composto pelas duas estratégias de transferência PKSV/PKCV. De acordo com as observações feitas quando da análise do gráfico de dispersão de F1 e F2, para este grupo de palavras, iniciadas com <kn>, verificamos se a RNA refletia maior assimilação de aprendizagem considerando um só processo ocorrendo.

7.1.2 Simulação da RNA para identificação e classificação dos processos AH, AHS, PHS, PKSV e PKCV.

Uma vez organizados os testes para as simulações da RNA, pode-se proceder com a parametrização da RNA utilizada, conforme o discutido na seção 5-Metodologia, seção 5.2.2.

7.1.2.1 Especificação do número de neurônios na camada escondida

Em última instância, o objetivo da aplicação de reconhecimento de padrões é alcançar uma taxa de êxito na correta classificação dos padrões. Este critério é frequentemente utilizado para julgar o quanto as especificações para projeto da RNA, por exemplo, estão otimizados.

Considerando que a quantidade de neurônios na camada escondida pode ser condição para melhor armazenamento de informações sobre a problemática apresentada a uma RNA, este parâmetro é definidor quanto a custo computacional no treinamento: aprendizado de detalhes que levem ao *overfitting*, ou aprendizado superficial que impliquem em *underfitting*.

Tomando por base as especificações padronizadas na seção 5.2.2, um método para se determinar a quantidade ótima de neurônios para esta aplicação de RNA, seria variar o número de unidades escondidas e testar em simulação a obtenção da taxa de êxito na correta classificação dos processos. Este procedimento foi aplicado, variando a quantidade de neurônios na camada escondida, inicialmente a partir de 5 unidades. Ou seja, o primeiro teste constava de 5 neurônios na camada escondida; o segundo teste, de 10 neurônios; o terceiro de 15 neurônios, onde não se viu maiores mudanças nas taxas de acertos das RNA, o que permitiu a finalização deste procedimento.

Com isso, as simulações de identificação e classificação dos processos de transferência procederam com as especificações de projeto evidenciadas no Quadro 12.

Quadro 12 - Especificação da RNA para simulações de identificação e classificação dos processos de transferência AH, AHS/PHI, PKSV/PKCV.

Normalização dos dados de entrada	Média Nula Desvio Padrão Unitário
Divisão dos dados (treinamento/validação/teste)	70%/15%/15%
Número de entradas	2
Número de saídas da RNA*	3 (<i>Winner Takes All</i>)
Número de neurônios escondidos	Teste variando 5/10/15
Função de transferência dos neurônios escondidos	Sigmóide Tangente Hiperbólica
Função de transferência dos neurônios de saída	Linear
Função de performance de treinamento	Erro Médio Quadrático
Função de treinamento	Levenberg-Marquardt
Máximo de épocas de treinamento	1000
Máximo de checagens de validação	20
Valor mínimo de gradiente	1×10^{-7}

*Para o processo AH a saída da RNA foi configurada para 2 neurônios, referentes às classes Normal e Incidência de AH.

Fonte: Elaborado pela autora.

Todas as simulações foram repetidas 30 vezes, para se conseguir um efeito estatístico sobre a aleatoriedade da RNA e se obter valores de mínima, média e máxima taxa de acertos das classificações. Com isso demonstramos a robustez da RNA frente à proposta de sua aplicação em reconhecimento de padrões de fenômenos de transferência. É importante para cada início de simulação, no ato da criação da RNA, a inicialização de

seus pesos e *biases* com valores aleatórios, bem como a ordem inicial de apresentação dos dados (também aleatória). O que acarreta valores iniciais de erro da saída, cálculos de retro-propagação, épocas totais de treinamento, taxa de acerto de treinamento, validação e teste com certa variação em seus valores para cada inicialização. Se essas variações forem apenas sutis, isso se refletirá em uma RNA robusta em sua aplicação. Caso essas variações sejam críticas, significa que cada inicialização revela uma RNA com resultados tão diferentes para a resolução do problema que uma avaliação da causa disto deve ser minuciosamente discutida.

7.1.2.2 Simulação para 5 processos independentes: AH; AHS/PHS; PKSV/PKCV.

De acordo com o que foi explanado na seção 7.2.1, consideramos que seria possível usar RNA para as simulações de identificação e classificação dos processos de transferência. Nesta seção, aglutinamos as simulações no teste da RNA para: identificação de ocorrência de AH usando grupo de palavras iniciadas com <h> com classificação já inerente à identificação de ocorrência; identificação e classificação de AHS e de PHS, como processos diferentes entre si, usando palavras iniciadas com <hy>; identificação e classificação de PKSV e de PKCV usando palavras iniciadas com <kn>, verificando a incidência destes dois processos de transferência.

Usando os passos discutidos acerca da parametrização e os procedimentos de treinamento e teste da RNA, carregamos no Matlab os dados dos grupos de palavras referentes a cada teste de processo investigado e executou-se o *script* desenvolvido (Figura 18) para obtenção dos resultados de treinamento e teste da RNA. Neste momento dos testes, foi variado o número de neurônios da camada escondida para obtenção da especificação ótima para esta aplicação.

7.1.2.2.1 Simulação para processo AH.

Na Tabela 15 são demonstrados os resultados das simulações para a identificação e classificação do processo de transferência AH. É possível observarmos os resultados para 5, 10 e 15 neurônios ocultos, assim como a computação da mínima, média e máxima taxa de acertos da RNA durante as fases de treinamento e de teste. É mostrada a avaliação da melhor RNA dentre as 30 rodadas de cada simulação, como o número de épocas até a convergência e a contabilização e estratificação dos erros em termos de palavras cognatas, não cognatas, de baixa frequência e alta frequência.

Tabela 15 - Resultados das simulações da RNA para identificação e classificação do processo de transferência AH.

Nº neurônios escondidos	Acertos (%) - Treinamento			Acertos (%) - Teste			Erros do grupo de teste da melhor RNA					
	Mínimo	Média	Máximo	Mínimo	Média	Máximo	Cognatas	Não cognatas	Alta Freq.	Baixa Freq.	Erro Total	Época de convergência
5	77,8	81,3	85,3	74,1	79,8	88,1	14	2	7	9	16	44
10	78,6	81,9	85,2	74,1	80,5	87,4	15	2	8	9	17	76
15	74,8	81,6	85,0	75,6	80,2	89,6	13	1	10	4	14	24

Fonte: Elaborada pela autora.

Da Tabela 15 podemos apreender que não houve diferença acentuada entre os resultados das simulações com 5, 10 ou 15 neurônios na camada escondida. Os valores das taxas de acertos para as 30 repetições da simulação nos grupos de treinamento e teste apresentaram boa consistência, entre mínima, média e máxima taxa de acerto. Isso significa uma característica de boa generalização da RNA. Todas as etapas de treinamento foram paradas pelo critério de checagem de validação, que por ser uma estratégia para evitar *overfitting*, confirma essa característica de boa generalização. Essa informação finda em uma conclusão que a RNA conseguiu aprender a identificar e por consequência, a classificar processo de transferência do tipo AH com taxa de acerto de 89,6% para a melhor RNA (com 15 neurônios na camada escondida).

Quando observamos a distribuição dos erros da melhor RNA para a simulação do aprendizado do processo AH, dos 14 erros totais, 13 deles ocorreram com palavras cognatas. Apenas 1 erro computado como palavra não cognata. Esse resultado é reflexo do que foi observado nas discussões da seção 4.1 sobre a incidência do processo AH. O processo praticamente não ocorre na região das palavras não cognatas.

Quando se avalia o total de ocorrência do processo entre as palavras de alta frequência e baixa frequência nos áudios originais, tem-se 112 exemplos de AH entre as de baixa frequência e 67 entre as de alta frequência. Vê-se claramente que a melhor RNA assimilou o aprendizado nestes casos, errando a classificação do processo em pouco mais de 3% do total de exemplos disponíveis para palavras de baixa frequência, enquanto errou a classificação de palavras de alta frequência em quase 15%. Para esse número de neurônios na camada escondida, 15, a aprendizagem das palavras com maior quantidade de exemplos disponíveis se mostrou mais eficaz.

Dentre as 30 repetições desta simulação, as palavras que a RNA, com 15 neurônios escondidos, mais errou de um mesmo falante, aparecendo na lista de erro em

12 repetições, foram: <hiatus> (áudio do participante 2 do S2) e <herpes> (falada pelo participante 9 do S3). Esse é um dado qualitativo do aprendizado, pois se trata de palavras cognatas e de baixa frequência. Em outro exemplo, ao se observar a transcrição do falante 13 do S1, constata-se o apagamento de <h>, iniciando a palavra <hiatus> com <i>. No caso do falante 9 do S3, a transcrição revela que houve apagamento de <h>, iniciando a palavra <herpes> com <e>. Constatamos que ao ocorrer apagamento de <h> surge um obstáculo a mais para o aprendizado da RNA, pois esta tem de aprender as características de palavras iniciadas com dois sons vocálicos diferentes, [i] e [e], com arranjo de formantes F1 e F2 diferentes, mas denotando-as na mesma classe, no caso, incidência de AH.

Este argumento fica mais evidenciado quando analisamos a lista de erros da RNA, contabilizando os participantes cujas elocuições se repetiram na lista de erro mais que 5 vezes dentre as 30 repetições desta simulação, temos: <holocaust> (98 vezes); <hiatus> (82 vezes); <herpes> (80 vezes); <humor> (72 vezes). Todas cognatas e com acentuada contribuição das de baixa frequência (<holocaust>, <hiatus> e <herpes>). Isto também confirma o que foi verificado na estatística descritiva, sendo estas palavras as de maior incidência do processo de transferência.

Do exposto, consolidamos que quando ocorre o apagamento de <h>, há uma variabilidade no início da pronúncia entre as vogais <o>, <e>, <u>, <i>, com formantes respectivos diversificados, conforme comprovado nas dispersões (espalhadas pelos eixos dos formantes) já discutidas nesta seção. Isto pode fazer com que a RNA execute o processo de aprendizagem como se a pronúncia de cada vogal fosse parte de classes diferentes, embora o treinamento apresente como classe única (incidência de AH). O percentual de erro da RNA pode ser explicado por isso.

Para a melhor RNA, a avaliação dos erros pode ser entendida através do demonstrado no Quadro 13, que apresenta a saída da RNA (1-Normal; 2-Processo AH), o alvo usado para treinamento, o semestre do falante, sua numeração de identificação e um código de sequência de leitura de cada palavra.

Do Quadro 13 percebemos que, para a melhor RNA, apenas 5 dos 14 erros dizem respeito a elocução normal (aquela sem ocorrência do fenômeno) do participante que a RNA classificou como incidência do processo AH. Ao se recorrer às transcrições da palavra <hotel>, do falante 1 do S1 e do falante 4 do S5, constatamos que houve pronúncia correta das palavras, confirmada unanimemente pelos três transcritores. Esse

tipo de erro de classificação da RNA pode ser explicado pela variabilidade no início da pronúncia entre as vogais <o>, <e>, <u>, <i> quando ocorre apagamento de <h>, provocando confusão entre os padrões de aprendizagem da RNA.

Quadro 13 - Erros de teste da melhor RNA para identificação e classificação do processo de transferência AH.

Saída RNA	Alvo	Semestre	Falante	Sequência-Palavra
2	1	1	1	'5-hotel'
1	2	1	5	'20-humor'
1	2	1	7	'5-humor'
1	2	1	8	'17-history'
1	2	1	9	'8-holocaust'
1	2	1	13	'20-humor'
2	1	2	12	'22-history'
2	1	2	14	'5-humor'
2	1	3	9	'14-high'
1	2	3	9	'21-herpes'
1	2	4	12	'10-hiatus'
2	1	5	4	'9-hotel'
1	2	6	4	'5-hotel'
1	2	7	3	'25-hiatus'

Fonte: Elaborado pela autora.

Já o falante 12 do S2 apaga o <h>, mas insere um ditongo [wi], não previsto nesta investigação. Acerca do participante 14 do S2, verificamos apagamento de <h> e também da vogal <u>, outro fato que não foi previsto nesta investigação. O falante 9 do S3 tem sua palavra transcrita iniciando com <r>. Todos esses detalhes têm seus reflexos nos valores de F1 e F2 utilizados para treinar a RNA.

A rigor, consideramos que, para essas palavras, não houve incidência do fenômeno investigado conforme previsto, motivo pelo qual essas palavras foram consideradas da classe de não incidência do fenômeno, junto dos alvos de treinamento normais. Porém, a diferença destes padrões de formantes para os padrões das demais palavras que estão neste grupo considerado normal explica a ocorrência deste erro de classificação. Ao “ouvir”, por meio dos formantes apresentados, as palavras com este tipo de elocução, a RNA treinada não considerou que o padrão fosse semelhante às demais palavras do grupo normal.

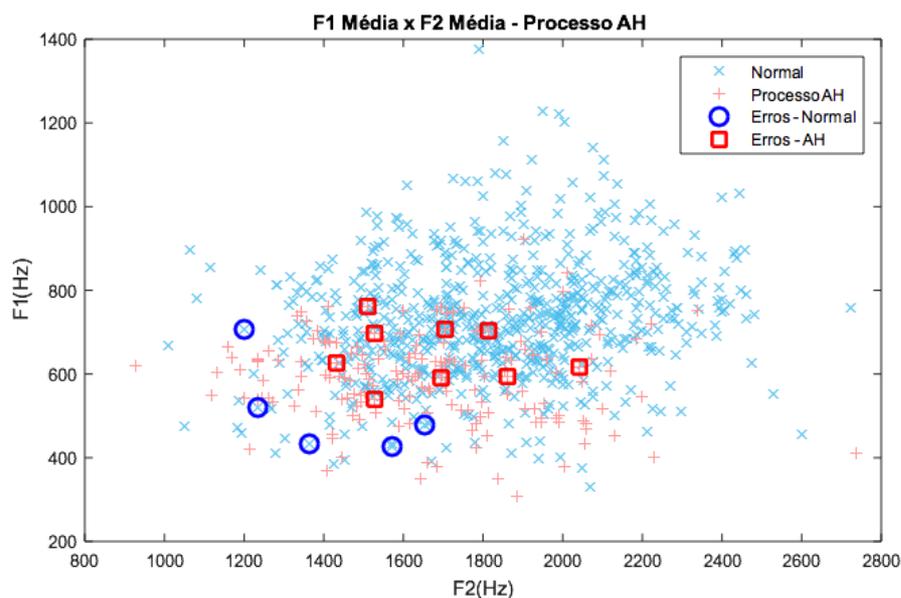
No caso dos demais erros do Quadro 13, as transcrições confirmam que houve apagamento de <h>, mas a RNA não foi capaz de identificar/classificar. A dificuldade da RNA com relação à variabilidade no início da pronúncia entre as vogais <o>, <e>, <u>,

<i> quando ocorre apagamento de <h>, poderá ser resolvido segmentando novamente os áudios de forma a evidenciar de forma mais abrangente a ocorrência destas vogais após o apagamento.

O Gráfico 15 confirma o discutido, pois assinala a localização dos erros de teste da melhor RNA com círculos e quadrados na dispersão dos formantes F1 e F2 para as palavras analisadas na simulação do processo AH. Os círculos assinalam os erros de classificação das elocuições transcritas como normal (quando, na verdade, o fenômeno ocorreu), enquanto os quadrados assinalam os erros de classificação dos dados transcritos como ocorrência do fenômeno AH (quando, na verdade, o fenômeno não ocorreu). Observamos que os círculos se localizam na região mais afastada da densidade de dados considerados normais.

De forma complementar, os quadrados se localizam mais próximos dessa região que concentra a maioria dos padrões considerados normais. Nitidamente, essa sobreposição dos dados de ocorrência e não ocorrência do processo de transferência AH é causa dos erros da RNA, o que já havia sido previsto anteriormente na análise da dispersão apresentada no Gráfico 12. A pior RNA das simulações chega a confundir as classificações em mais de 25% dos dados (74,1% de acertos - RNA com 5 neurônios escondidos).

Gráfico 15 - Localização dos erros de teste da melhor RNA na dispersão dos formantes F1 e F2 para o grupo de dados das palavras iniciadas com <h>.



Fonte: Elaborado pela autora.

7.1.2.2.2 Simulação para processos AHS/PHS.

Os resultados da simulação para identificação e classificação dos processos AHS/PHS são mostrados na Tabela 16. É possível observar os resultados para 5, 10 e 15 neurônios ocultos, bem como a computação da mínima, média e máxima taxa de acertos da RNA durante as fases de treinamento e de teste. Vemos a avaliação da melhor RNA dentre as 30 rodadas da simulação, como também o número de épocas até a convergência e a contabilização e estratificação dos erros em termos de palavras cognatas, não cognatas, de baixa frequência e alta frequência.

Tabela 16 - Resultados das simulações da RNA para identificação e classificação dos processos de transferência AHS/PHS.

Nº neurônios escondidos	Acertos (%) - Treinamento			Acertos (%) - Teste			Erros do grupo de teste da melhor RNA					
	Mínimo	Média	Máximo	Mínimo	Média	Máximo	Cognatas	Não cognatas	Alta Freq.	Baixa Freq.	Erro total	Época de convergência
5	78,1	80,4	82,8	74,6	79,6	89,6	7	7	6	8	14	34
10	78,9	80,8	83,3	73,1	79,5	88,1	11	5	11	5	16	24
15	78,0	80,8	83,6	75,4	79,7	86,6	9	9	8	10	18	24

Fonte: Elaborada pela autora.

Na Tabela 16 constatamos que a diferença de neurônios na camada escondida não influenciou substancialmente nos resultados das simulações. Os valores das taxas de acertos para as 30 repetições da simulação nos grupos de treinamento, e teste, apresentaram boa consistência entre: mínima, média e máxima taxa de acerto, significando capacidade de generalização da RNA. Confirmando essa característica de generalização, a estratégia de checagem de validação, utilizada para evitar *overfitting*, foi o critério de parada que finalizou o treinamento em todas as simulações. Com isso, concluímos que a RNA conseguiu aprender a identificar e a classificar processos de transferências do tipo AHS e PHS com taxa de acerto de 89,6% para a melhor RNA (com 5 neurônios na camada escondida).

Quando observamos a distribuição dos erros da RNA que apresentou os melhores resultados no aprendizado dos processos AHS e PHS, os 14 erros totais foram computados igualmente entre palavras cognatas e não cognatas. Esse resultado indica que houve bom desempenho de aprendizado, uma vez que a quantidade de exemplos disponíveis para treinamento, e teste, foi suficiente para uma resposta satisfatória. Embora a quantidade de ocorrências do fenômeno AHS seja bem desigual para palavras cognatas em relação às não cognatas, respectivamente 149 e 46, não houve impacto no

aprendizado do fenômeno pela RNA. A distribuição para o processo PHS, em termos de cognatas e não cognatas é bem equitativa, 70 e 64 respectivamente.

Com relação ao total de ocorrência dos processos AHS e PHS entre as palavras de alta frequência e baixa frequência temos uma distribuição bem equalitária nos áudios originais. A melhor RNA assimilou o aprendizado nestes casos de forma eficaz. Dentre as 30 repetições desta simulação, a palavra que a RNA, com 5 neurônios escondidos, mais errou de um mesmo falante, com 11 aparições, foi: <hydrogen> (áudio do participante 2 do S6), cognata e de alta frequência.

Analisando os erros da RNA, contabilizando os participantes cujas elocuições se repetiram na lista mais que 5 vezes dentre as 30 repetições desta simulação, temos: <hyman> (75 vezes); <hyphen> (51 vezes); <hygiene> (47 vezes); <hydrogen> (47 vezes); <hydrangea> (45 vezes). Há uma distribuição quantitativamente equilibrada entre alta frequência e baixa frequência, cognatas e não cognatas no aprendizado da RNA. Embora <hyman>, palavra não cognata de baixa frequência, tenha uma incidência mais destacada, todas essas, ora mencionadas, apresentam ocorrência dos processos com consistência em relação ao verificado na estatística descritiva. A palavra <hyde> não apresentou contribuição de erro, detalhe justificado pelo fato de não ter sido computada nenhuma incidência de processo sobre as leituras da mesma.

Para a melhor RNA, a avaliação dos erros pode ser entendida através do demonstrado no Quadro 14, que apresenta a saída da RNA (1-Normal; 2-Processo AHS; 3-Processo PHS), o alvo usado para treinamento, o semestre do falante, sua numeração de identificação e um código de sequência de leitura de cada palavra.

No Quadro 14 percebemos que, para a melhor RNA, apenas 4 dos 14 erros dizem respeito a elocução normal do participante que a RNA classificou como incidência do processo AHS, não havendo confusão de elocuições normais com a classe referente ao processo PHS. Quando buscamos as transcrições da palavra <hyannis>, do falante 9 do S1, constatamos que há pronúncia de <h>, mas seguido de [e], confirmada unanimemente pelos três transcritores. As transcrições da palavra <hyman> e da palavra <hyphen> do falante 12 do S2 revelam a pronúncia do ditongo [wi] após o apagamento do <h>, confirmada por todos os transcritores. O mesmo fenômeno, pronúncia do ditongo [wi] após o apagamento do <h>, ocorre para as transcrições da palavra <hyper>, pronunciada pela falante 13 do S2.

Quadro 14 - Erros de teste da melhor RNA para identificação e classificação dos processos de transferência AHS/PHS.

Saída RNA	Alvo	Semestre	Falante	Sequência-Palavra
2	3	1	6	'30hygiene'
2	1	1	9	'21hyannis'
2	3	2	6	'19hypothesis'
2	1	2	12	'16hyman'
2	1	2	12	'30hyphen'
2	1	2	13	'4hyper'
2	3	3	3	'26hydrangea'
2	3	4	1	'25hyphen'
2	3	4	4	'2hyannis'
2	3	4	4	'27hyland'
1	2	4	5	'11hygiene'
2	3	5	2	'15hyman'
2	3	7	5	'11hydrangea'
2	3	7	7	'9hydrogen'

Fonte: Elaborado pela autora.

A variação de pronúncia da vogal [e] e do ditongo [wi] não foi considerada como incidência de nenhum dos fenômenos, uma vez que os processos não apresentam essas pronúncias após o apagamento. Entretanto, essas variações têm seus reflexos nos valores de F1 e F2 utilizados para treinar a RNA. A rigor, não houve o fenômeno investigado conforme previsto, motivo pelo qual essas palavras foram consideradas da classe de não incidência do fenômeno, junto dos alvos de treinamento normais. Porém, a diferença destes padrões de formantes para os padrões das demais palavras que estão neste grupo, considerado normal, explica a ocorrência deste erro de classificação. Ao “ouvir”, por meio dos formantes apresentados, as palavras com este tipo de elocução a RNA treinada não considerou que o padrão fosse semelhante às demais palavras do grupo normal.

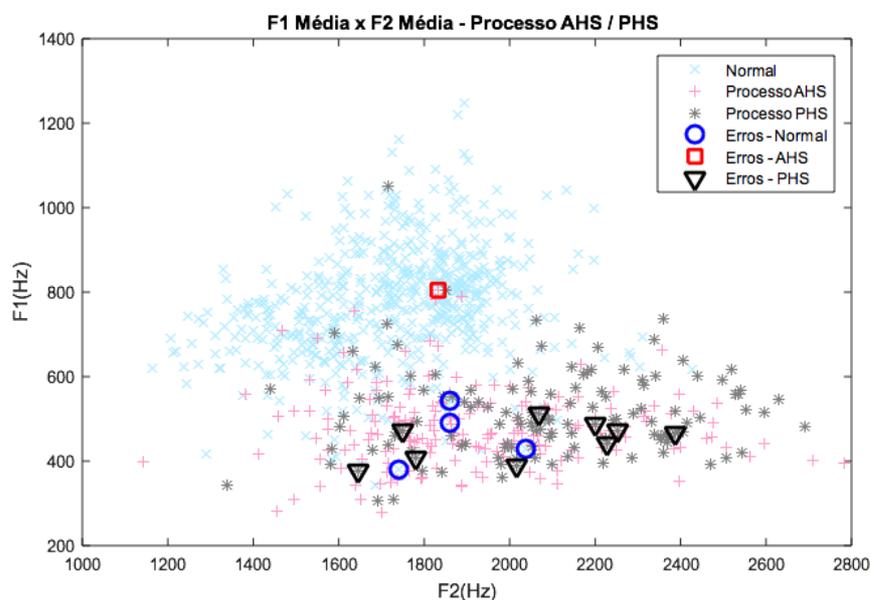
Acerca do único erro, cujo alvo é a ocorrência do processo AHS, trata-se de uma amostra localizada centralmente na densidade de dados classificados como normal, conforme a dispersão dos formantes F1 e F2 mostrada no Gráfico 16.

Nos demais erros do Quadro 14, estes apresentam-se em regiões da dispersão onde a densidade de dados é bastante misturada entre a ocorrência dos dois processos, AHS e PHS. A RNA confunde bastante esses processos, pois a distribuição dos dois é praticamente na mesma extensão de área no Gráfico 16.

O referido Gráfico 16 corrobora esse discurso, pois assinala a localização dos erros de teste da melhor RNA com círculos, quadrados e triângulos na dispersão dos formantes F1 e F2 para as palavras analisadas na simulação do processo AHS. Os círculos assinalam os erros de classificação das elocuições transcritas como normal, enquanto os quadrados assinalam os erros de classificação dos dados transcritos como ocorrência do fenômeno AHS. Os triângulos estão associados aos erros dos dados transcritos como PHS. Observamos que os círculos se localizam na região mais afastada da densidade de dados considerados normais.

Assim, o único quadrado se encontra na zona central dos dados originalmente transcritos como normais. De forma complementar, os triângulos estão distribuídos ao longo da região que concentra a sobreposição dos padrões característicos de ocorrência de ambos os processos, AHS e PHS. Nitidamente, essa sobreposição é a causa dos erros da RNA, o que já havia sido previsto anteriormente na análise da dispersão apresentada no Gráfico 13. A pior RNA das simulações chega a confundir as classificações em quase 27% dos dados (73,1% de acertos - RNA com 10 neurônios escondidos).

Gráfico 16 - Localização dos erros de teste da melhor RNA na dispersão dos formantes F1 e F2 para o grupo de dados das palavras iniciadas com <hy>.



Fonte: Elaborado pela autora.

7.1.2.2.3 Simulação para processos PKSV/PKCV.

A simulação para identificação e classificação dos processos PKSV/PKCV tem seus resultados mostrados na Tabela 17. Podemos observar os valores de mínima,

média e máxima taxa de acertos da RNA durante as fases de treinamento e de teste para a variação de 5, 10 e 15 neurônios ocultos. Estão inclusos, para a melhor RNA nas 30 rodadas da simulação, o número de épocas até a convergência e a contabilização e estratificação dos erros em termos de palavras de baixa frequência e alta frequência.

Vemos na Tabela 17 que a diferença de neurônios na camada escondida não influenciou substancialmente no desempenho de acertos da RNA nas simulações. Os valores das taxas de acertos para as 30 repetições da simulação nos grupos de treinamento, e teste, apresentaram boa consistência entre: mínima, média e máxima taxa de acerto, o que representa que a RNA é capaz de generalizar seus resultados.

Como confirmação de que evitamos *overfitting*, a estratégia de checagem de validação foi o critério de parada que finalizou o treinamento em todas as simulações. Com isso, concluímos que a RNA conseguiu aprender a identificar e a classificar processos de transferências do tipo PKSV e PKCV com taxa de acerto de 82,1% para a melhor RNA (com 5 neurônios na camada escondida).

Tabela 17 - Resultados das simulações da RNA para identificação e classificação dos processos de transferência PKSV/PKCV.

Nº neurônios escondidos	Acertos (%) - Treinamento			Acertos (%) - Teste			Erros do grupo de teste da melhor RNA			
	Mínimo	Média	Máximo	Mínimo	Média	Máximo	Alta Freq.	Baixa Freq.	Erro total	Época de convergência
5	67,6	70,9	73,7	56,7	69,7	82,1	5	7	12	35
10	67,6	71,0	74,6	59,7	69,9	80,6	6	7	13	27
15	68,6	71,7	74,6	59,7	69,0	79,1	5	9	14	28

Fonte: Elaborada pela autora.

Dentre as 30 repetições desta simulação, a palavra que a RNA, com 5 neurônios escondidos, mais errou de um mesmo falante, com 11 aparições, foi: <knickers> (áudio do participante 2 do S6), e <knell> (áudio do participante 7 do S3), ambas de baixa frequência. Os transcritores consideraram unanimemente a palavra <knickers> como elocução normal, sendo um dado com valores de F1 e F2 coincidentes com dados referentes à ocorrência do processo PKCV. Entretanto, houve divergência acerca de <knell>, com dois dos transcritores considerando ocorrência de PKSV e um considerando PKCV. Revelando como esses processos estão sobrepostos no espaço de busca, dificultando a identificação até mesmo pelos transcritores.

Analisando a lista de erros da RNA, contabilizando os participantes cujas elocuições se repetiram mais que 5 vezes dentre as 30 repetições desta simulação, temos:

<knickers> (101 vezes); <knave> (72 vezes); <knell> (60 vezes); <knife> (55 vezes); <know> (54 vezes) e <knock> (48 vezes). Podemos afirmar que há uma distribuição quantitativamente equilibrada entre alta frequência e baixa frequência no aprendizado da RNA.

No Quadro 15 é apresentada a saída da melhor RNA (1-Normal; 2-Processo PKSV; 3-Processo PKCV), o alvo usado para treinamento, o nível de proficiência do falante, sua numeração de identificação e um código de sequência de leitura de cada palavra.

No Quadro 15 percebemos que, para a melhor RNA, apenas 3 dos 12 erros dizem respeito a elocução normal do participante que a RNA classificou como incidência do processo PKSV, não havendo confusão de elocuições normais com a classe referente ao processo PKCV. Quando buscamos as transcrições da palavra <knell>, dos falantes 8 do S1, do falante 10 do S3 e do falante 9 do S4, constatamos que a elocução foi normal. A motivação para o erro da RNA é a localização das referidas palavras no gráfico de dispersão de F1 e F2. Estas se encontram mais distantes da densidade de dados classificados como normal pelos transcritores.

Quadro 15 - Erros de teste da melhor RNA para identificação e classificação dos processos de transferência PKSV/PKCV.

Saída RNA	Alvo	Semestre	Falante	Sequência-Palavra
1	3	1	4	'18-knock'
1	2	1	6	'27-knell'
2	1	1	8	'12-knell'
1	3	1	14	'12-knell'
1	3	2	3	'14-knife'
2	1	3	10	'12-knell'
1	3	4	1	'18-knock'
1	3	4	3	'14-knife'
1	3	4	3	'17-knave'
1	2	4	3	'22-know'
2	1	4	9	'8-knell'
1	2	5	1	'18-knave'

Fonte: Elaborado pela autora.

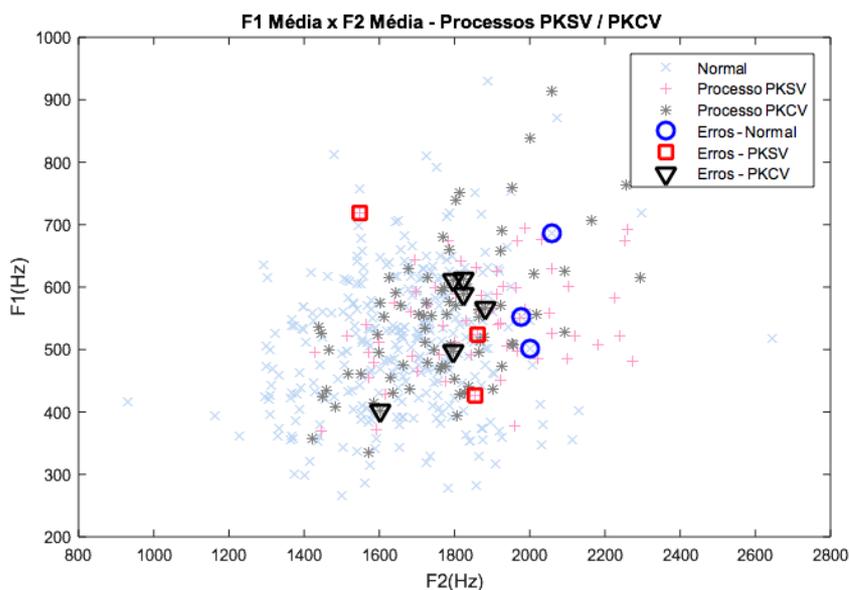
Avaliando os demais erros do Quadro 15, a RNA classifica erroneamente a ocorrência dos processos de transferência como sendo elocuições normais. No Gráfico 17, podemos ver a localização desses erros. Eles são situados em regiões da dispersão de F1

e F2, onde a densidade de dados é bastante misturada entre os dados normais e a ocorrência dos dois processos, PKSV e PKCV.

O referido Gráfico 17 assinala a localização dos erros de teste da melhor RNA com círculos, quadrados e triângulos na dispersão dos formantes F1 e F2 para as palavras analisadas na simulação dos processos PKSV/PKCV. Os círculos assinalam os erros de classificação das elocuições transcritas como normal, enquanto os quadrados assinalam os erros de classificação dos dados transcritos como ocorrência do fenômeno PKSV. Os triângulos estão associados aos erros dos dados transcritos como PKCV.

Observamos que os círculos se localizam na região mais afastada da densidade de dados considerados normais. Confirmando o que foi discutido anteriormente, os quadrados e os triângulos se situam na zona onde os dados estão sobrepostos, para as três classes. Fica claro que essa sobreposição dos dados é a causa dos erros da RNA, o que já havia sido previsto anteriormente na análise da dispersão apresentada no Gráfico 14. A pior RNA das simulações chega a confundir as classificações em mais de 43% dos dados (56,7% de acertos - RNA com 5 neurônios escondidos).

Gráfico 17 - Localização dos erros de teste da melhor RNA na dispersão dos formantes F1 e F2 para o grupo de dados das palavras iniciadas com <kn>.



Fonte: Elaborado pela autora.

7.1.2.3 Simulação para estratégias de um mesmo processo: APHS (AHS/PHS); PK (PKSV/PKCV).

Ao observarmos os gráficos de dispersão para formantes F1 e F2 dos processos AHS/PHS e PKSV/PKCV, constatamos que há sobreposição de dados, principalmente, nos dados que representam ocorrência dos processos. Esta sobreposição pode indicar que os dois processos sobrepostos, por ocorrerem na mesma extensão de dispersão de dados, na verdade representaria um único processo de transferência, formado por duas estratégias de transferência diferentes.

Daí, prosseguirmos com a simulação do modelo conexionista, RNA-MLP, considerando que AHS/PHS se tornariam um único processo de transferência, denominado APHS. Aliado a isso, PKSV/PKCV também se tornariam um único processo de transferência, denominado PK.

7.1.2.3.1 Simulação para processo APHS.

Os resultados da simulação para identificação e classificação do processo APHS são mostrados na Tabela 18, que traz os resultados para 5, 10 e 15 neurônios ocultos, bem como a computação da mínima, média e máxima taxa de acertos da RNA durante as fases de treinamento e de teste. Vemos a avaliação da melhor RNA dentre as 30 rodadas da simulação, como o número de épocas até a convergência e a contabilização e estratificação dos erros em termos de palavras cognatas, não cognatas, de baixa frequência e alta frequência.

Tabela 18 - Resultados das simulações da RNA para identificação e classificação do processo de transferência APHS.

Nº neurônios escondidos	Acertos (%) - Treinamento			Acertos (%) - Teste			Erros do grupo de teste da melhor RNA					
	Mínimo	Média	Máximo	Mínimo	Média	Máximo	Cognatas	Não cognatas	Alta Freq.	Baixa Freq.	Erro total	Época de convergência
5	90,0	91,7	93,1	85,1	91,0	95,5	4	2	3	3	6	22
10	89,8	91,4	93,0	87,3	91,3	96,3	1	4	3	2	5	24
15	90,4	91,6	93,0	86,6	90,7	97,8	2	1	3	0	3	23

Fonte: Elaborada pela autora.

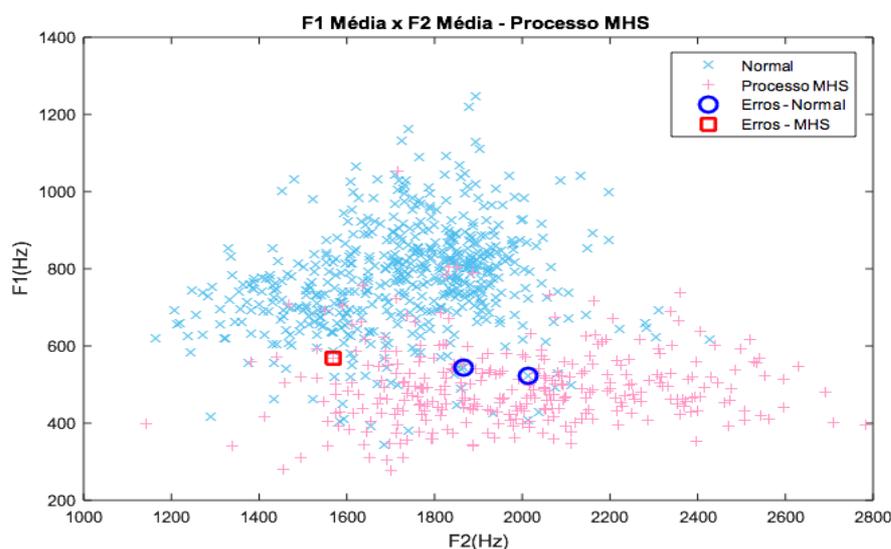
Na Tabela 18 constatamos que a quantidade de neurônios na camada escondida não afetou acentuadamente os resultados das simulações. Os valores das taxas de acertos para as 30 repetições da simulação nos grupos de treinamento, e teste, apresentaram boa consistência entre: mínima, média e máxima taxa de acerto,

significando capacidade de generalização da RNA. Confirmando essa característica de generalização, a estratégia de checagem de validação, utilizada para evitar *overfitting*, foi o critério de parada que finalizou o treinamento em todas as simulações.

Com isso, concluímos que a RNA conseguiu aprender a identificar e a classificar processos de transferências do tipo AHS e PHS, considerados como um único processo, com taxa de acerto de 97,8% para a melhor RNA (com 15 neurônios na camada escondida). Isso faz total sentido, pois a fricativa glotal [h] é desvozeada, ou seja, não aciona sonoridade nas cordas vocais. Portanto, a fonte sonora somente se inicia com o segmento vocálico [i] que substituiu o ditongo [aj]. Desse modo, o que vai diferenciar os processos (ou estratégias) é a realização ou não da fricativa glotal inicial.

Ao observarmos o Gráfico 18, que mostra a localização dos erros de teste da melhor RNA, vemos que a dispersão de F1 e F2, considerando apenas um processo de transferência, apresenta melhor separação dos dados para ocorrência ou não do processo investigado.

Gráfico 18 - Localização dos erros de teste da melhor RNA na dispersão dos formantes F1 e F2 para o grupo de dados das palavras iniciadas com <hy>.



Fonte: Elaborado pela autora.

No Gráfico 18 são assinaladas as localizações dos erros de teste da melhor RNA com círculos e quadrados na dispersão dos formantes F1 e F2 para as palavras analisadas na simulação do processo APHS. Os círculos assinalam os erros de classificação das elocuições transcritas como normal, enquanto os quadrados assinalam os erros de classificação dos dados transcritos como ocorrência do fenômeno APHS. Observamos que os círculos se localizam na região mais afastada da densidade de dados

considerados normais. O único quadrado se encontra em uma zona de sobreposição entre as regiões dos dados de ocorrência ou não da transferência, o que já havia sido previsto anteriormente na análise da dispersão apresentada no Gráfico 13. A pior RNA destas simulações chega a confundir as classificações em menos de 15% dos dados de teste (85,1% de acertos - RNA com 5 neurônios escondidos).

Em comparação com a simulação para processos AHS/PHS, considerados, neste momento, um único processo, houve acentuada melhora na taxa de acertos das classificações quando se considera a existência de um só processo de transferência, APHS. Em outros termos, nosso modelo conexionista, RNA-MLP, desenvolveu melhor aprendizado quando AHS e PHS foram consideradas duas estratégias de um único processo de transferência, APHS, em comparação à aprendizagem quando considerados dois processos diferentes.

7.1.2.3.2 Simulação para processo PK.

A simulação para identificação e classificação do processo PK tem seus resultados mostrados na Tabela 19. Podemos observar os valores de mínima, média e máxima taxa de acertos da RNA durante as fases de treinamento e de teste para a variação de 5, 10 e 15 neurônios ocultos. Estão inclusos, para a melhor RNA nas 30 rodadas da simulação, o número de épocas até a convergência e a contabilização e estratificação dos erros em termos de palavras de baixa frequência e alta frequência.

Tabela 19 - Resultados das simulações da RNA para identificação e classificação do processo de transferência PK.

Nº neurônios escondidos	Acertos (%) - Treinamento			Acertos (%) - Teste			Erros do grupo de teste da melhor RNA			
	Mínimo	Média	Máximo	Mínimo	Média	Máximo	Alta Freq.	Baixa Freq.	Erro total	Época de convergência
5	66,7	73,9	78,4	61,2	73,1	85,1	6	4	10	35
10	69,8	73,9	78,1	59,7	74,1	83,6	3	8	11	25
15	66,0	74,3	78,7	62,7	71,8	82,1	5	7	12	25

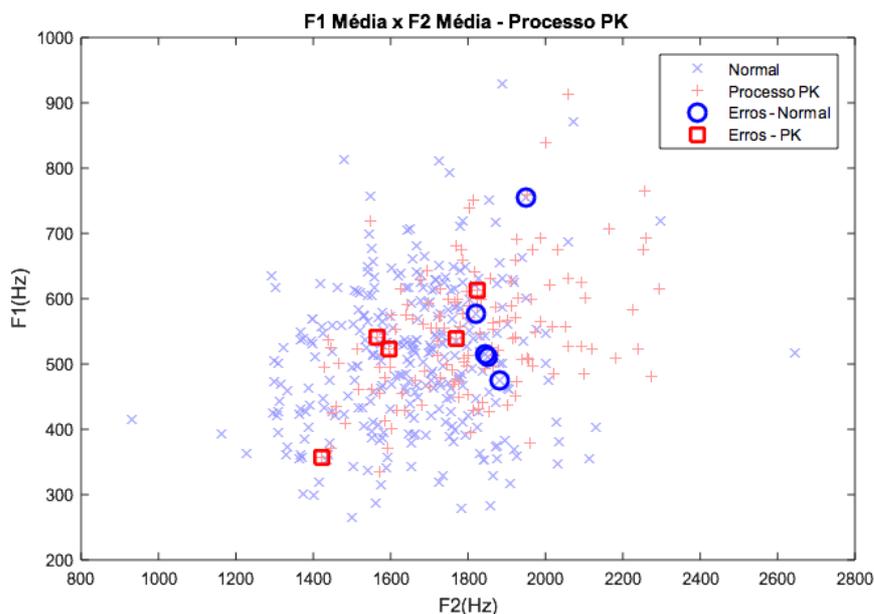
Fonte: Elaborada pela autora.

Observamos na Tabela 19 que a diferença de neurônios na camada escondida não influenciou substancialmente no desempenho de acertos da RNA nas simulações. Os valores das taxas de acertos para as 30 repetições da simulação nos grupos de treinamento e teste apresentaram boa consistência entre: mínima, média e máxima taxa de acerto, o que representa que a RNA é capaz de generalizar seus resultados. Como

confirmação de que evitamos *overfitting*, a estratégia de checagem de validação foi o critério de parada que finalizou o treinamento em todas as simulações. Com isso, concluímos que a RNA conseguiu aprender a identificar e a classificar o processo de transferências do tipo PK com taxa de acerto de 85,1% para a melhor RNA (com 5 neurônios na camada escondida).

No Gráfico 19, podemos avaliar a dispersão dos dados e a localização dos erros de teste, para essa simulação, em círculos e quadrados. Os círculos assinalam os erros de classificação das elocuições transcritas como normal, enquanto os quadrados assinalam os erros de classificação dos dados transcritos como ocorrência do fenômeno PK. A dispersão, considerando um só processo de transferência em detrimento de se considerar dois processos, não muda a ponto de termos uma melhor separação dos dados. Por isso, os erros são situados em regiões da dispersão de F1 e F2 onde há densidade de dados bastante misturada entre os dados normais e a ocorrência do processo PK.

Gráfico 19 - Localização dos erros de teste da melhor RNA na dispersão dos formantes F1 e F2 para o grupo de dados das palavras iniciadas com <kn>.



Fonte: Elaborado pela autora.

Fica claro que essa sobreposição dos dados é a causa dos erros da RNA, o que já havia sido previsto anteriormente na análise da dispersão apresentada no Gráfico 14. A pior RNA das simulações chega a confundir as classificações em mais de 40% dos dados (59,7% de acertos - RNA com 10 neurônios escondidos).

Em comparação com a simulação para processos PKSV/PKCV, não observamos melhora que mereça destaque na taxa de acertos das classificações quando se considera a existência de um só processo de transferência, PK. Em outros termos, nosso modelo conexionista, RNA-MLP, apresentou nível de aprendizado similar para simulação com PKSV e PKCV como duas estratégias de um único processo de transferência, PK, em comparação à aprendizagem quando considerados dois processos diferentes. Muito se deve ao fato de que a nuvem de dados no gráfico de dispersão para um processo único não revelou separação entre as classes que fosse mais acentuada do que a dispersão com os processos individualizados, pelos motivos já discutidos anteriormente.

7.2 COMENTÁRIOS E DISCUSSÕES.

De acordo com o que foi discutido, podemos afirmar que os formantes F1 e F2 apresentam detalhes descritivos dos sinais de áudio compatíveis com o treinamento de uma RNA para a tarefa de identificar a ocorrência e prover a classificação dos processos de transferência investigados, com taxa percentual de acertos aceitável.

Os resultados também endossam a conclusão de que uma RNA-MLP, um modelo conexionista, quando treinada com dados dos falantes com informações sobre este tipo de processo, é capaz de apresentar respostas com taxa de desempenho considerável e que apontam para identificação e classificação da incidência do fenômeno de transferência.

Em tempo, procedendo com maior rigor na segmentação dos áudios, de forma a caracterizar melhor a ocorrência do surgimento das vogais após o apagamento de <h>, é bem provável que o desempenho de aprendizado da RNA, medido pelo percentual de acertos na identificação/classificação, chegue a índices ainda melhores. O mesmo pode acontecer no caso de pronúncia de <k> seguido de pronúncia de vogais.

Na consideração de que AHS/PHS seriam estratégias dos falantes na ocorrência de um único fenômeno de transferência, APHS, as simulações sugerem alguns comentários. Após a simulação, conseguimos melhora nos índices de aprendizado da RNA somente para APHS em relação aos resultados da RNA para AHS/PHS. Isso porque a maioria dos erros da RNA foi contabilizada da confusão entre os dados classificados pelos transcritores como AHS e PHS. Ao unirmos essas duas classes em uma só, esses erros foram diretamente eliminados.

No caso de PK, em que PKSV/PKCV seriam estratégias do falante para um único fenômeno de transferência, as taxas de acerto da RNA não se alteraram de forma marcante. Muito se deve ao fato da dispersão dos dados de F1 e F2 ficarem sobrepostos para as classes PKSV/PKCV em relação aos dados considerados normais pelos transcritores. Ao se unir os dois processos em PK, a sobreposição em relação aos dados normais não se alterou. A contabilização dos erros de classificação nas simulações da RNA, para PKSV e PKCV, comprovam que os erros foram todos de confusão de uma das classes dos fenômenos em relação aos dados normais. Não houve erro no teste da melhor RNA que confundisse dados considerados PKSV com dados considerados PKCV.

A partir desse momento, retomaremos as questões de pesquisas relativas ao estudo de simulação computacional, são elas:

d) De que maneira a descrição da frequência dos formantes F1 e F2 pode colaborar na caracterização dos processos de transferência investigados para a codificação dos mesmos na RNA?; e) Como a rede neural artificial demonstrará aprendizagem necessária para classificação e identificação dos processos AH, AHS, PHS, PKSV e PKCV?

Em resposta à questão d), temos que a caracterização dos processos de transferência passa pela descrição da produção da vogal que substitui o ditongo-alvo e pelo apagamento ou não da consoante; isso constitui nosso objeto de análise. Os valores de F1 e F2 são acertadamente utilizados como descritores do sinal de voz com detalhe suficiente para avaliação da ocorrência e classificação do tipo de processo de transferência reproduzido na fala de um participante que teve seu áudio gravado.

Assim, os processos de transferência podem ser caracterizados a partir da descrição de F1 e F2 uma vez que estes formantes foram extraídos da região de investigação de incidência dos fenômenos, ou seja, no início de cada palavra. Com isto, foi necessário apresentar para a RNA padrões de variação do sinal gerado desde os ruídos que antecedem a palavra até o final da região investigada. E, quando houve incidência do fenômeno, o cruzamento de frequências formantes mostrou um padrão divergente do padrão de cruzamento de frequências quando a palavra é pronunciada corretamente.

Destacamos assim que os formantes F1 e F2 apresentaram detalhes descritivos dos sinais de áudio compatíveis com o treinamento de uma RNA para a tarefa de identificar a ocorrência e prover a classificação dos processos de transferência.

Em resposta à questão e), podemos afirmar que um modelo conexionista, quando apresentado aos processos de transferência discutidos, é capaz de desenvolver aprendizado, identificando quando estes processos ocorrem com considerável taxa de sucesso. Com isso, concluímos que a RNA conseguiu aprender a identificar e a classificar todos os processos de transferências propostos com taxas de acerto satisfatórias para a melhor RNA (com 5 neurônios na camada escondida), de forma semelhante a um aluno em um curso de inglês.

O treinamento e teste da RNA para o processo AH demonstra que a rede conseguiu aprender a identificar e, por consequência, a classificar processo de transferência deste tipo com taxa de acerto de 89,6% para a melhor RNA (com 15 neurônios na camada escondida).

Ressaltamos que para todos os fenômenos nós evitamos *overfitting*, com isso, a estratégia de checagem de validação foi o critério de parada que finalizou o treinamento em todas as simulações. Para os processos PKSV e PKCV a RNA conseguiu aprender a identificar e a classificar processos de transferências com taxa de acerto de 82,1% para a melhor RNA (com 5 neurônios na camada escondida). Quando considerados um único processo, a RNA conseguiu aprender a identificar e a classificar o fenômeno do tipo PK (pronúncia de <k>) com taxa de acerto ainda maior de 85,1% para a melhor RNA (com 5 neurônios na camada escondida).

Para os processos AHS e PHS, a RNA conseguiu aprender a identificar e a classificar esses fenômenos com taxa de acerto de 89,6% para a melhor RNA (com 5 neurônios na camada escondida). Quando considerados como um único processo, a RNA conseguiu aprender a identificar e a classificar processos de transferências do tipo AHS e PHS, considerados como um único processo, com taxa de acerto ainda maior de 97,8% para a melhor RNA (com 15 neurônios na camada escondida).

Gasser (1990) afirma que a transferência dos padrões da L1 para a L2 é um dos aspectos que as simulações conexionistas conseguem com mais facilidade revelar. Nessa linha teórica, compreende-se que a transferência de padrões de L1 para L2 ocorre porque novos padrões, os da L2, sofrem a influência de padrões da L1, mais antigos, mais fortemente estabelecidos. Esses fenômenos - objetos da linguística cognitiva - realçados no momento da aquisição de L2 são considerados como mais adequados para a simulação conexionista, especialmente, pela grande capacidade de generalização das redes neurais (GASSER, 1990).

A partir dos resultados obtidos pela aprendizagem das redes neurais artificiais, podemos vislumbrar que as operações neurais e suas interconexões sinápticas são dispostas à semelhança do aporte cerebral. Os modelos conexionistas são formulados para capturarem aspectos fundamentais de todo o processamento neural de forma simplificada, sempre com foco em abstrair muitos detalhes dos sistemas neurais reais (ROGERS, 2014). Com um pequeno número de unidades (dezenas de milhares), o sistema modera os tipos de estados informativos que possam existir em populações muito maiores (até dezenas de milhares de milhões) de neurônios reais (MACCLELLAND *et al.*, 1986).

Mediante apresentação dos dados que demonstraram a aprendizagem da RNA, afirmamos que a arquitetura conexionista é baseada em análises de como o cérebro pode funcionar. O novo paradigma proporciona um modelo geral e abstrato da contextura computacional do cérebro, com o objetivo de desenvolverem-se algoritmos e procedimentos apropriados para esta arquitetura conexionista que é tão similar ao aparato cerebral humano. A partir de então, torna-se possível realizar simulações em um computador e explorá-las como hipóteses acerca da natureza do sistema de processamento da informação humana, incluindo-se a aprendizagem de L2. Os conexionistas vão além e propõem substituir a metáfora do computador pela metáfora do cérebro.

Temos que, através de dados resultantes de análises do funcionamento cerebral, os estudos conexionistas formulam questionamentos sobre a arquitetura do cérebro e como esta pode ajudar no desenvolvimento de algoritmos que subjazem a inteligência biológica, a vida mental humana e a aquisição de L2. A estratégia principal da abordagem conexionista é tomar como unidade fundamental de processamento algo próximo a um neurônio abstrato (RUMELHART, 1998). Tal proximidade com a mente humana nos permite formular inferências acerca da aprendizagem de L2 e como este processo se dá no aparato cognitivo do aluno. Essa compreensão mais abrangente sobre os processos que permeiam a aquisição de L2 podem chegar ao ensino de língua estrangeira como subsídio que ampara os alunos, dando condições de superação frente a dificuldades postas pelo sistema da língua estrangeira.

O conexionismo tornou-se não somente um método adicional, mas uma alternativa de modelo de pensamento. Baseado em uma linha neural, o conexionismo explicita que o cérebro constitui-se de largo número de processadores simples, os

neurônios, que são densamente interconectados formando uma rede complexa (POERSCH, 2005).

Assim, um fator preponderante no desenvolvimento das simulações conexionistas foi a exploração da possibilidade de que as características (de capacidades cognitivas humanas dos participantes desta pesquisa) puderam ser abordadas por meio de investigações computacionais de sistemas não inspirados pelo computador digital, mas pelas características dos sistemas neurais (ROGERS, 2014). E a partir dessa prerrogativa, foi possível expressar argumentos referentes à atividade mental dos participantes, por meio dos dados analisados, bem como dispor de uma fonte de metáforas por meio da qual passamos a compreender e apreciar como as atividades mentais surgem a partir de operações simples resultantes de seus elementos de processamento (RUMELHART, 1998).

Assim, respondendo às questões de pesquisa, ora explicitadas – d) e e) –, cumprimos com os objetivos propostos, a saber:

- d) Analisar as frequências dos formantes F1 e F2 para caracterizar os processos de transferência investigados, no intuito de codificá-los como entrada na RNA;
- e) Aplicar rede neural de forma que esta demonstre aprendizagem na identificação (ocorrência ou não do fenômeno) e classificação (qual fenômeno ocorreu) dos processos AH, AHS, PHS, PKSV e PKCV;

O objetivo d) foi cumprido de forma bastante satisfatória, tendo em vista que os formantes F1 e F2 apresentaram detalhes descritivos dos sinais de áudio compatíveis com o treinamento de uma RNA para a tarefa de identificar a ocorrência e prover a classificação dos processos de transferência.

O objetivo e) também foi alcançado, uma vez que foram aplicadas redes neurais artificiais com alta taxa de acerto, demonstrando que aprenderam os fenômenos investigados, identificando-os e classificando-os com consistência.

Percebemos que os recursos computacionais nos aproximam do processamento humano, fornecendo ferramentas para pensar o ensino de língua inglesa e as produções dos alunos em sala de aula, como a manifestação da transferência de conhecimento que é o fator que mais influencia na leitura em L2 (ALDERSON, 1984).

7.3 RESUMO

Nesta seção, apresentamos os resultados, análises e discussões referentes à simulação computacional, descrevendo pormenorizadamente todas as etapas necessárias para a implementação da RNA e sua aplicação para identificação e classificação dos cinco processos de transferência. Registramos desde as suas especificações até a seleção de cinco testes com a RNA, e descrevemos as simulações realizadas, apresentando os resultados por cada rede para cada processo de transferência.

De acordo com os dados apresentados, comprovamos que a RNA aprendeu a identificar os processos de transferência, bem como classificá-los. Pelos gráficos de dispersão, verificamos a sobreposição das frequências dos fenômenos, o que implicou na dificuldade da RNA para detectar determinadas produções. No entanto, o desempenho da RNA foi bastante satisfatório na classificação de todos os processos investigados.

Finalizamos a seção respondendo às questões de pesquisa e confirmando o cumprimento dos objetivos propostos. Na próxima seção apresentaremos as conclusões desta pesquisa.

8 CONCLUSÕES

Esta pesquisa teve como objetivo geral identificar processos de transferência do Português do Brasil (PB) para o inglês língua estrangeira (L2) de estudantes brasileiros, considerando seu nível de proficiência e os dados fornecidos pela análise computacional de uma rede neural artificial.

Além disso, intentamos responder às seguintes questões de pesquisa, iniciando com o questionamento central que indaga que processos os aprendizes apresentarão em suas produções orais, por meio de leitura de palavras começadas por <h>, <hy> e <kn>, bem como, às questões adiante:

- a) Em quais níveis de proficiência os aprendizes realizam os processos de transferência investigados?
- b) Como as palavras de alta frequência e de baixa frequência influenciam a realização dos processos AH, AHS, PHS, PKSV e PKCV nas produções dos alunos?
- c) Qual é a influência das palavras cognatas e não cognatas na realização dos fenômenos AH, AHS e PHS?
- d) De que maneira a descrição da frequência dos formantes F1 e F2 pode colaborar na caracterização dos processos de transferência investigados para a codificação dos mesmos na RNA?
- e) Como a rede neural artificial demonstrará aprendizagem necessária para classificação e identificação dos processos AH, AHS, PHS, PKSV e PKCV?

Para respondermos as questões de pesquisa, bem como para atingirmos nossos objetivos, utilizamos como teoria de base o conexionismo, apresentando os fundamentos clássicos pautados em Rumelhart (1998), MacClelland *et al.* (1986), Haykin (2001). A partir desta leitura, observamos a estreita relação da teoria conexionista com o computador. Por meio dessa ferramenta tem sido possível expressar as teorias da atividade mental, bem como dispor de uma fonte de metáforas por meio da qual se passou a compreender e apreciar como as atividades mentais passam a surgir a partir de operações simples resultantes de seus elementos de processamento (RUMELHART, 1998).

Com Rogers (2014) temos um panorama do surgimento da ciência cognitiva e os preceitos conexionistas. Macwhinney (2001) ressalta a aquisição da língua materna e da língua estrangeira na concepção conexionista. Ainda destacamos Poersch (1999) e Broeder e Plunket (1994) que remontam questões sobre processamento da informação e diferenças da aprendizagem da linguagem respectivamente.

Outros estudos apresentam-se nesta tese de forma complementar para compor o arcabouço teórico que delinea o objeto de estudo, são eles: estudos de processos de transferência e estudos com redes neurais artificiais.

Abordamos os processos de transferência de L1 para L2 apresentando o percurso teórico por que passou a compreensão dos fenômenos que envolvem transferência de conhecimento. Traçamos um panorama de classificações dos processos apresentando trabalhos de Salazar (2006), Chaplin Krawiec (1984), Bichlery Snowman (1992), Wittig (1991) e Schunk (1997). No âmbito das classificações, demos destaque aos tipos de transferência: fonético-fonológico e grafo-fônico-fonológico, que constam em trabalhos como Zimmer *et al.* (2009), Bauer (2010), Zimmer (2003) e foi o tipo adotado por nossa pesquisa. E finalizamos esta seção apresentando os processos propostos nesta tese, ressaltando as características dos mesmos dentro do contexto fonotático das duas línguas em questão: português e inglês.

Para o aporte teórico computacional, detalhamos os princípios de funcionamento das redes neurais artificiais (RNA), bem como o funcionamento da rede MLP aplicada neste experimento. Como embasamento para os preceitos da RNA, destacamos Haykin (2001), no qual são difundidos os fundamentos teóricos; Rumelhart e Hinton (1986) que focam a questão da retro-propagação do erro nas redes neurais; Rumelhart, Hinton e Willians (1986) com a descrição do fluxo de informação e algoritmo de aprendizagem da RNA. Também apresentamos o trabalho de Freeman e Skapura (1991) onde os autores demonstram uma RNA reconhecendo a escrita humana. Para encerrar o estado da arte, outros trabalhos são elencados para exemplificar tipos diferentes de experimentos com RNA.

Foram desenvolvidos dois estudos para compor a metodologia: a) O estudo empírico e b) O estudo computacional. Para o primeiro, elaboramos um teste de leitura contendo as 30 palavras onde incidiam os fenômenos propostos. 76 alunos do Núcleo de Línguas Estrangeiras da UECE foram considerados aptos para terem seus áudios analisados e transcritos. A identificação e a classificação dos processos de transferência

foram realizadas com base na transcrição de 2.241 palavras, e a detecção dos fenômenos foi contabilizada e submetida aos cálculos estatísticos dos testes de variância do tipo ANOVA e teste Tukey.

Da massa de dados dos áudios inseridos na plataforma do PRAAT, foi possível recortar as palavras, separando o início das mesmas, uma vez que é nessa região onde incidiram os fenômenos. Em seguida, foram retirados os formantes F1 e F2 que serviram de alimentação para a RNA configurada e funcionando na plataforma do MatLab™.

Para discorrer sobre os resultados apresentados, retomamos as hipóteses formuladas nesta tese:

- a) Os participantes da pesquisa realizarão os processos de transferência em todos os semestres, apresentando menor incidência nos semestres S6 e S7.
- b) As palavras de baixa frequência contribuirão para a ocorrência dos processos AH, AHS, PHS, PKSV e PKCV nas produções dos alunos, o que não ocorrerá com as palavras de alta frequência.
- c) Os fenômenos AH, AHS e PHS ocorrerão somente em palavras cognatas, não sendo manifestos, portanto, em palavras não cognatas.
- d) A descrição da frequência dos formantes F1 e F2 poderá colaborar na caracterização dos processos de transferência investigados, para a codificação dos mesmos na RNA.
- e) A rede neural artificial, um modelo conexionista, quando treinada com informações sobre os processos de transferência, demonstrará aprendizado capaz de detectar detalhes sobre a ocorrência dos processos que seriam de difícil detecção humana.

A hipótese a) é corroborada parcialmente, pois constatamos que, para ANOVA *one-way*, o processo AH não apresentou diferença de ocorrência significativa entre os grupos, segundo os valores de $F=2,068047$, $p=0,066654$ e F crítico=2,218817. Contrariamente a isto, AHS apresentou diferença de incidência significativa entre as turmas, conforme indicam os seguintes valores: $F=4,312082$; $p=0,000843$ e F crítico=2,218817.

Para PHS, onde ocorre a pronúncia de <h>, nesta primeira análise, verificamos que a diferença de utilização do fenômeno pelos grupos testados não é estatisticamente significativa: $F=2,137971$; $p=0,058356$ e $F_{crítico}=2,218817$.

Para o fenômeno PKCV, que ocorre no início de palavras começadas por <kn>, houve incidência em todos os semestres (S1-15,48%, S2-8,33%, S3-31,67%, S4-11,11%, S5-20,83%, S6-2,08%, S7-4,76%). A diferença de ocorrência do processo entre as turmas foi considerada estatisticamente significativa ($F=6,116071$; $p=0,000186$ e $F_{crítico}=2,371781$).

O processo PKSV também se manifestou nas produções dos alunos a partir deste ambiente <kn> em início de palavra. Para realização deste fenômeno, <k> foi pronunciado sem a inserção da vogal [i] em palavras como: <know>, <knob>. Embora sua incidência tenha apresentado valores mais baixos nas turmas S6 (12,50%) e S7 (2,38%) a diferença de utilização ao longo dos semestres foi estatisticamente significativa ($F=10,61905$; $p=1,05 \times 10^{-6}$ e $F_{crítico}=2,371781$).

A hipótese b) não foi corroborada, uma vez que a variável de frequência não se mostrou estatisticamente significativa para nenhum dos processos investigados. O teste ANOVA *two-way* confirma esses números ($F=2,959661$; $p=0,089784$ e $F_{crítico}=3,977779$) nos possibilitando afirmar que o fenômeno AH não foi estatisticamente significativo nos dois grupos de palavras testados: alta frequência e baixa frequência.

Em termos de frequência, a porcentagem de utilização do processo AHS variou de 6,67% a 62,50%. Contudo, o teste ANOVA *two-way* apresenta valores estatísticos não significativos, com $F= 0,065894$; $p=0,798165$; $F_{crítico}=3,977779$. Isso implica dizer que a variável frequência de ocorrência não influenciou nos índices de incidência do fenômeno AHS nas turmas de inglês investigadas. Para o processo PHS, o teste ANOVA *two-way* demonstrou que a frequência de ocorrência não influenciou na incidência de PHS ($F=1,022965$; $p=0,3153$; $F_{crítico}=3,977779$).

Para PKCV, a incidência do fenômeno, também levando-se em consideração a variável de frequência, não foi estatisticamente significativa ($F=2$; $p=0,168323$; $F_{crítico}=4,195972$). As análises para o processo PKSV são semelhantes às aquelas desenvolvidas para o processo PKCV. Isto é, a variável frequência de ocorrência não apresentou valores estatisticamente significativos ($F=0,18$; $p=1$; $F_{crítico}=4,195972$), o

que nos permite afirmar que a incidência de PKSV ocorreu em palavras de alta frequência, bem como em palavras de baixa frequência, mas não de maneira significativa.

Para a teoria conexionista, o mecanismo da leitura se realiza através da ativação de um padrão elétrico advindo de uma sinapse anteriormente formada, possibilitando ao leitor o reconhecimento da palavra. Para essa teoria, o processamento da informação está atrelado a fatores como o grau de experiência do sujeito com o idioma e o perfil biológico no aparato cognitivo de cada um (ROCHA, 2012).

Podemos inferir para a nossa pesquisa que, por diversas vezes, a apresentação do *input* em L2 não é realizada em sala de aula com frequência estatística suficiente que possibilite o aprendiz retirar as regularidades do sistema apresentado e produzir elocuições próximas ao alvo. Seu aparato cognitivo, seu nível de experiência com L2, bem como seu perfil biológico também funcionaram para uma ativação sináptica mais ou menos eficaz, a ponto de o conhecimento linguístico ser armazenado e disponível para o uso.

A hipótese c) foi corroborada parcialmente, pois os testes estatísticos demonstram que a presença das palavras do tipo cognatas foi preponderante para a incidência dos fenômenos nos processos AH, AHS, no entanto, o processo PHS não registrou índices estatisticamente significativos. Sob a perspectiva dos cognatos, percebemos que a utilização do processo AH na leitura dos participantes ocorreu de maneira estatisticamente significativa.

Para os fenômenos PKSV e PKCV não foi realizada uma análise pelo tipo de palavra cognata, pois estes processos não estão dentro desta categoria.

A hipótese d) é confirmada, demonstrando que as simulações foram organizadas tendo em vista as dispersões dos dados dos formantes F1 e F2, sugeridas como entrada para treinamento e teste da referida RNA. As dispersões demonstraram uma distribuição dos fenômenos apontando potencial de aplicação de RNA para identificação de ocorrência ou não dos processos e a devida classificação dos processos que ocorreram. Também foi percebido que, principalmente para os fenômenos PKSV e PKCV, a dispersão mostrava que havia forte sobreposição de dados, o que seria uma dificuldade para aprendizado da RNA.

Também avaliando as dispersões, percebemos que alguns processos pareciam se comportar como um só. AHS e PHS demonstravam alguns dados sobrepostos, bem

como PKSV e PKCV. Isto sugeriu a simulação da RNA com estes processos como se fossem um só, no caso, APHS e PK.

Os resultados das simulações confirmaram o potencial do uso das informações dos formantes F1 e F2 para treinar e testar a RNA, pois os melhores resultados atingiram 89,6% de acerto na identificação e classificação de processo de transferência AH e AHS/PHS.

Com relação aos processos PKSV e PKCV, os resultados confirmaram a maior dificuldade da RNA em aprender e classificar fenômenos com forte sobreposição de dados, uma vez que os melhores resultados alcançaram percentual de acerto ligeiramente pior que os anteriores, 82,1%. Ainda assim, um resultado interessante, corroborando o potencial de informação dos formantes F1 e F2 para investigação desses processos através de treinamento e teste de RNA. Analisando os erros dessas simulações, os erros, em sua maioria, estavam mais ligados às sobreposições dos dados.

Com relação aos resultados dos processos APHS e PK, os índices de acerto na identificação e classificação dos processos foram ainda melhores, com 97,8% de acertos para APHS e 85,1% para PK, em seus melhores resultados. Notamos que enquanto há um aumento no percentual de acertos para APHS de quase 10 pontos percentuais, para PK o aumento é de apenas 3 pontos percentuais, corroborando que a sobreposição dos dados para os fenômenos PKSV e PKCV, mesmo quando considerados um só fenômeno, PK, ainda provocam erros de classificação pela RNA.

A hipótese e) desta tese afirma que a RNA, um modelo conexionista, quando treinada com informações sobre os processos de transferência, demonstra aprendizado capaz de detectar detalhes sobre a ocorrência dos processos que seriam de difícil percepção humana. Tal proposição é confirmada, tendo em vista que a RNA, foi treinada com informações sobre os fenômenos de transferência investigados e apresentou resultados de aprendizado destes fenômenos com nível de acerto satisfatório no reconhecimento da incidência ou não do processo de transferência.

A simulação da RNA nos permite formular algumas implicações pedagógicas oportunamente apontadas para o ensino de língua inglesa. Sob a ótica do conexionismo o reforço de conexões que já existem – e que são ativadas à medida que o leitor lê – estabelece a construção de novas conexões sinápticas, que codificam o conhecimento novo. Isso significa dizer que, em uma concepção de aprendizagem de cunho

conexionista, o conhecimento prévio já adquirido possui caráter fundamental (ZIMMER, 2006) e deve ser observado pelo professor, com vistas a ser aproveitado no processo de aprendizagem. O professor precisa ter em mente que a transferência de conhecimento L1/L2 é um fenômeno sobremodo comum, complexo e que é utilizado como estratégia para a aquisição da L2, e tal estratégia não deve ser considerada um mau hábito, outrossim, um processo cognitivo válido.

No que concerne à simulação computacional, discorremos sobre outra questão pedagógica pertinente, usando como prerrogativa o fato que o modelo conexionista aprendeu a identificar os fenômenos quando foi apresentado aos mesmos, isto nos leva a inferir que uma lógica semelhante poderá ser levada para a sala de aula.

O professor deverá trazer à tona, por meio de instrução explícita a apresentação do *input* linguístico, ressaltando as implicações dos fenômenos de transferência, com vistas a produzir nos alunos a consciência da existência dos mesmos, levando-os à consolidação das formas consideradas mais próximas ao alvo.

Em outras palavras, aprendizagem se efetiva a partir dos padrões de ativação que surgem dentro de redes neurais e dos padrões de erros ou expectativas violados. Tais ativações são geradas na experiência diária. Assim, fenômenos cognitivos, como a aquisição de L2, dependem da experiência do dia a dia e de como esta estrutura é explorada em sala de aula, por exemplo.

É importante também destacar que no processo de aprendizagem da língua estrangeira, os aprendizes utilizam como estratégia de apoio o conhecimento que têm de sua língua materna para compreender como a língua estrangeira é estruturada – seja no nível fonológico, morfossintático, semântico ou pragmático – e para produzi-la (ZIMMER, 2003).

Sabedor desses fatores, o professor poderá tratar de dificuldades grafo-fônico-fonológicas no desempenho da L2 pela colaboração da L1 que permeia o conhecimento cognitivo dos alunos.

A seguir, apresentamos o Quadro 16, com o resumo das hipóteses de pesquisa, resultados e alguns breves comentários.

Quadro 16 - Resumos das hipóteses de pesquisa, resultados e comentários.

Hipóteses	Resultado	Comentários
a) Os participantes da pesquisa realizarão os processos de transferência em todos os semestres, apresentando menor incidência nos semestres S6 e S7.	Confirmada para os processos AHS, PKSV e PKCV.	Os processos AH, PHS não apresentaram diferença de ocorrência significativa entre os grupos. AHS, PKSV e PKCV apresentaram diferença de incidência significativa entre as turmas, com taxa de incidência reduzida nos últimos semestres.
b) As palavras de baixa frequência contribuirão para a ocorrência dos processos AH, AHS, PHS, PKSV e PKCV nas produções dos alunos, o que não ocorrerá com as palavras de alta frequência.	Refutada.	A variável de frequência não se mostrou estatisticamente significativa para nenhum dos processos investigados, ocorrendo a incidência do processo tanto em palavras de alta frequência quanto em palavras de baixa frequência.
c) Os fenômenos AH, AHS e PHS ocorrerão somente em palavras cognatas, não sendo manifestos, portanto, em palavras não cognatas.	Confirmada para os processos AH e AHS.	Os testes estatísticos demonstram que a presença das palavras do tipo cognatas foi preponderante para a incidência dos fenômenos nos processos AH, AHS. No entanto, o processo PHS não registrou índices estatisticamente significativos.
d) A descrição da frequência dos formantes F1 e F2 poderá colaborar na caracterização dos processos de transferência investigados, para a codificação dos mesmos na RNA.	Confirmada.	As dispersões dos dados dos formantes F1 e F2 demonstraram uma distribuição dos fenômenos apontando potencial de aplicação de RNA para identificação de ocorrência ou não dos processos e sua devida, o que se confirmou nos resultados das simulações da RNA. Os processos PKSV e PKCV apareceram nas dispersões com sobreposição de dados, parecendo se comportarem como se fossem um só fenômeno. O mesmo ocorrendo com os processos AHS e PHS.
e) A rede neural artificial, um modelo conexionista, quando treinada com informações sobre os processos de transferência, demonstrará aprendizado capaz de detectar detalhes sobre a ocorrência dos processos que seriam de difícil detecção humana.	Confirmada.	A RNA proposta foi treinada com informações sobre os fenômenos de transferência investigados e apresentou, em suas simulações, resultados de aprendizado destes fenômenos com nível de acerto satisfatório no reconhecimento da incidência ou não do processo de transferência.

Fonte: Elaborado pela autora.

Sugestões para estudos posteriores:

- a) Encapsulamento das melhores RNA torna possível implementar um *software* para identificação de fenômenos de transferência, com ampla gama de aplicações, desde auto-diagnóstico de estudantes de língua inglesa passando por uso em plataformas de internet para avaliação de aprendizes on-line;

- b) Uso de técnicas de processamento digital de sinais para extração de informação do sinal de vozes dos participantes, tais como MFCC e LPC, poderiam melhorar o desempenho da RNA, uma vez que poderiam evitar as sobreposições dos dados;
- c) Aplicação de modelos de RNA não supervisionadas, como Mapas Auto-organizáveis, poderiam revelar novas informações sobre como ocorrem os agrupamentos desses fenômenos em modelos conexionistas;
- d) Investigação do processo de transferência “sonorização” catalogado neste trabalho, mas não explorado nas investigações;
- e) Investigação de outros possíveis processos de transferência fazendo uso das mesmas palavras empregadas nesta pesquisa, no entanto, focalizando os finais dos itens lexicais;
- f) Comparação dos grupos desta pesquisa com outras turmas, antes e após um treinamento em instrução explícita, ou a replicação do estudo num desenho longitudinal.

Para encerrar, após a apresentação dos resultados e suas análises, esperamos que este trabalho possa contribuir com o ensino de língua estrangeira presencial ou à distância, e com o desenvolvimento de pesquisas na área de linguística com suporte e auxílio de modelos conexionistas, como redes neurais artificiais.

No que concerne ao ensino de línguas, esta pesquisa apresenta reflexões pertinentes a serem problematizadas em sala de aula, mais notadamente aquelas que envolvem as causas das interferências de L1 em L2. Diante do comportamento da RNA, o professor poderá refletir acerca das produções dos seus alunos, tendo em vista que a simulação conexionista tenta se assemelhar ao comportamento do cérebro humano. A partir das dificuldades, bem como dos acertos da RNA, é possível ponderar sobre os obstáculos enfrentados pelos alunos com vistas a viabilizar discussões acerca do sistema fonológico em L2.

O desempenho de uma RNA pode ser apresentando e pontuando em sala de aula no que concerne aos processos de transferência percebidos pela mesma. O professor poderá despertar no aprendiz uma verificação mais conscienciosa de sua própria produção. E, sendo possível a utilização de RNA por meio de um *software* que trabalhe

com os dados de voz/fala da própria turma, tornará mais concreto o material de análise de cada estudante e a busca por melhor desempenho nas pronúncias em L2.

No campo da Linguística Aplicada, este trabalho apresenta temática relevante pela carência de pesquisas que investiguem os fenômenos escolhidos. Sendo pertinente especialmente para a linha 2 de pesquisa (Multilinguagem, Cognição e Interação), uma vez que aborda processos de transferência por meio de dados autênticos de fala de aprendizes e os submete a simulações conexionistas. Os dados podem ser úteis na iluminação de outras questões teóricas que envolvem mecanismos que subjazem a cognição humana quando da aquisição de L2. Isto também ampliará as discussões e aplicações dos princípios conexionistas, os quais são âncora no funcionamento da RNA.

REFERÊNCIAS

- ADÁMEK, J. **Neural Networks Controlling Prosody of Czech language**. 2002. 69f. Dissertação (mestrado). Department of Software Engineering. Univerzita Karlova v Praze. Prague. 2002.
- ALDERSON, J. Reading in a foreign language: a reading problem or a language problem? In: ALDERSON, J.; URQUHART, A. H. **Reading in a foreign language**. London: Longman. 1984. p. 1-27.
- ALMEIDA FILHO, J. C. P (Org). **Português para estrangeiros-interface com o espanhol**. Campinas-SP: Pontes, 1995.
- BERNHARDT, E. B.; KAMIL, M. L. Interpreting relationships between L1 and L2 reading: consolidating the linguistic threshold and the linguistic interdependence hypotheses. **Applied Linguistics**, v. 16, n. 1, p. 15-34. 1995.
- BARBOSA, F. R. **Monitoramento on-line e diagnóstico inteligente da qualidade dielétrica do isolamento líquido de transformadores de potência**. 2008. 146f. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2008.
- BARBOSA, F. R. **Diagnóstico de falhas incipientes a partir das propriedades físico-químicas do óleo isolante em transformadores de potência como método alternativo à análise de gases dissolvidos**. 2013. 133f. Tese (Doutorado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2013.
- BARBOSA, F. R. **Identificação de Rima e Similaridade Sonora de Palavras Utilizando RNA**. 2016. Projeto de Pesquisa, Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2016.
- BARBOZA, C. L. F.; CARVALHO, W. J. A. Princípios fundamentais da produção de vogais segundo a teoria acústica de produção da fala. **Revista Letras**, n. 80, p. 143-162, Curitiba. 2010.
- BAUER, D. A. **O tratamento do aspecto fonético-fonológico na aula de inglês como LE: análise de um livro didático**. 2010. 103f. Trabalho de conclusão de curso. Instituto de Letras, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.
- BESSE, H.; PORQUIER, R. **Grammaires et didactique des langues**. France: Didier, 1991.

BEST, C. T.; McROBERTS, G. W.; GOODELL, E. American listeners' perception of nonnative consonant contrasts varying in perceptual assimilation to English phonology. **Journal of the Acoustical Society of American**, n. 109, p. 775-794. 2001.

BICHLER, R. F.; SNOWMAN, J. **Psicología Aplicada a la Enseñanza**. México: Limusa Grupo Noriega Editores, 1992.

BIDERMAN, M. T. C. A face quantitativa da linguagem: um dicionário de frequências do português. **Alfa**, Araraquara, SP, n. 42, p. 161-181. 1998.

BLANK, C. A. **A transferência grafo-fônico-fonológica L2 (Francês)-L3 (Inglês): um estudo conexionalista**. 2008. 148f. Dissertação (Mestrado), Programa de Pós-Graduação em Letras, Universidade Católica de Pelotas, Pelotas, 2008.

BOERSMA, P.; WEENIK, D. **Praat: doing phonetics by computer**. Version 6.0.21. 2016. Disponível em: <<http://www.praat.org>>. Acesso em: 06 out. 2016.

BROEDER, P.; PLUNKETT, K. Connectionism and second language acquisition. In: ELLIS, N. **Implicit and explicit learning**. London: Academic, p. 421-454. 1994.

BROWN, H. D. **Teaching by principles: an interactive approach to language pedagogy**. New Jersey: Prentice Hall, 1994.

BROWN, H. D. **Principles of language learning and teaching**. Second Edition. New Jersey: Prentice Hall, 1987.

BYBEE, J. L. **Morphology: A study of the relation between meaning and form**. Amsterdam, the Netherlands: John Benjamins, 1985.

BYBEE, J. L. **Phonology and language use**. Cambridge: Cambridge University Press, 2001.

CALVI, M. V. Aprendizaje de lenguas afines: español e italiano. **RedELE Revista Electrónica de Didáctica del español lengua extranjera**, Madrid, v. 1, junho de 2004. Disponível em: <http://www.mecd.gob.es/dctm/redele/MaterialRedEle/Revista/2004_01/2004_redELE_1_02Calvi.pdf?documentId=0901e72b80e06a6d> Acesso em: 06 out. 2016.

CAMARGO, V. S. **Traços fonético-fonológicos do português para falantes do espanhol e do inglês: segmentos dificultadores para aquisição do português brasileiro**. 2009. 92f. Dissertação (Mestrado), Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

CAPUANO, E. A. O poder cognitivo as redes neurais artificiais modelo ART1 na recuperação da informação. **Ciência da Informação**, Brasília, v. 38, n. 1, p. 9-30, jan-abr. 2009.

CARROLL, S. E. On cognates. **Second language research**, Ontario, v. 8, n. 2, p. 93-119, jun. 1992.

CELCE-MURCIA, M.; BRINTON, D. M.; GOODWIN, J. M.; GRINER, B. **Teaching Pronunciation: a course book and reference guide**. Cambridge: Cambridge University Press, 2010.

CHAPLIN, J. P.; KRAWIEC, T. **Psicología: sistemas y teorías**. México: Nueva Editorial Interamericana, 1984.

CORDER, S. P. The significance of learners erros. **International Review of Applied Linguistics**, v.5, p. 160-170, jan. 1967.

CORDER, S. P. Error analysis. In: ALLEN, J. P. B.; CORDER, S. P. (Eds.) **Techniques in Applied Linguistics (The Edinburgh Course in Applied Linguistics: 3)**. London: Oxford University Press, 1974. p.122-154.

CORDER, S. P. A role for the mother tongue. In: GASS, S.; SELINKER, L. (Orgs.) **Language transfer in language learning**. Amsterdam: John Benjamins, 1993. p.18-31.

CRUZ, M. L. O. B. **Estágios de interlíngua: estudo longitudinal centrado na oralidade de sujeitos brasileiros aprendizes se espanhol**. Tese (Doutorado em linguística aplicada). Instituto de Estudos de Linguagem-IEL, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2001.

CYBENKO, G. Approximation by Superpositions of a Sigmoid Function.

Mathematics of Control, Signals and Systems, v. 2, p. 303-314, n. 4, dez. 1989.

DAVIES, M. **The corpus of contemporary American English - COCA**. Disponível em: <<http://corpus.byu.edu/coca>>. Acesso em: 12 fev. 2015.

DE DEUS, A. F. **A transferência do português na leitura das róticas em posição de ataque no inglês por estudantes brasileiros de inglês**. 2009, 63f. Dissertação (Mestrado), Ciências Humanas, Letras e Artes, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2009.

DEMUTH, H.; BEALE, M.; HAGAN, M. **Neural Network Toolbox™ 7 User's Guide**. The Mathworks. 2010. 951 p.

DUBOIS, J. **Dicionário de linguística**. 4. ed. São Paulo: Cultrix, 2004.

DULAY, H. C.; BURT, M. K. Natural sequences in child second language acquisition. **Language Learning**, v. 24, n.1, p.37-53, jan.1974.

DURÃO, A. B. de A. B. **Análises de errors e interlengua de brasileiros aprendices de español y de españoles aprendices de portugués**. Londrina: Editora UEL, 1999.

ELLIS, R. The origins of interlanguage. **Applied Linguistics**. v. 3, p. 207 -223, jan. 1982.

ELLIS, R. **Understanding second language acquisition**. Oxford: Oxford University Press, 1985, p. 327.

ELLIS, N. Cognitive approaches to second language acquisition. **Annual Review of Applied Linguistics**, v. 19, p. 22-42. 1999.

ELLIS, R. **Understanding second language acquisition**. Oxford Applied Linguistics. 2. ed. Oxford: Oxford University Press, 2015. 376 p.

ELMAN, J.; BATES, E.; JOHNSON, M.; KARMILOFF-SMITH, A.; PARISI, A.; PLUNKETT, K. **Rethinking innateness: a connectionist perspective on development**. Neural Network Modeling and Connectionism Reprint Edition. Cambridge: The MIT Press, 1997. 447 p.

ESPIGA, J. W. Problemas de fonología en la adquisición de español por brasileños. In: **I SENALE-Seminário Nacional de Linguagem e Ensino**. Pelotas: UCPel, 1997.

FIALHO, V. R. Proximidade entre línguas: algumas considerações sobre a aquisição do espanhol por falantes nativos de português brasileiro. **Espéculo: Revista de estudos literários**. Madrid, 2005. Disponível em: <pendientedemigarcion.ucm.es/info/especulo/numero31/falantes.html>. Acesso em: 12 abr. 2015.

FERNÁNDEZ, S. **Interlengua y Análisis de Errores en el Aprendizaje del Español como lengua extranjera**. Madrid: Edelsa Grupo Didascalía, 1997.

FLEGE, J. E.; BOHN, O.; JANG, S. Effects of experience on non-native speakers' production and perception of english vowels. **Journal of Phonetics**, n. 25, p. 437-470. 1997.

FLEGE, J. E.; LIU, S. The effect of experience on adults' acquisition of a second language. **Studies on Second Language Acquisition**, v. 23, n. 4, p. 527-552, 2001.

FLEGE, J. E. Interactions between the native and second-language phonetic systems. In: BURMEISTER, P.; PIRSKE T.; ROHDE, A. **An integrated view of language development: papers in honor of Henning Wode**. Trier: WVT - Wissenschaftlicher Verlag Trier, 2002. p. 217-243.

FREEMAN, J. A.; SKAPURA, D. M. **Neural Networks: algorithms, applications and programming techniques**. New York: Addison-Wesley Publishing Company, 1991.

FREITAS, M. C. M. A. **Duas abordagens em harmonia ou conflito? O professor e o MD em um curso de formação de E/LE**. Dissertação (Mestrado em Linguística Aplicada). 192f. Universidade de Brasília. Brasília, 2008.

FRIES, C. C. **Teaching and learning English as a foreign language**. Michigan: University of Michigan Press, 1945.

GABRIEL, R. **A aquisição das construções passivas em português e inglês: um estudo translinguístico**. 2001. 199f. Tese (Doutorado)-Faculdade de Letras- Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.

GASS, S. M.; SELINKER, L. **Language transfer in language learning**. Philadelphia: John Benjamins Publishing Company, 1993.

GASSER, M. Connectionism and universals of second language acquisition. **Studies on Second Language Acquisition**, v. 12, p. 179-199. 1990.

GARGALLO, S. I. **Análisis contrastivo, análisis de errores e interlengua en el marco de la lingüística contrastiva**. Madrid: Síntesis, 1993.

GAUTHIER, B.; SHI, R.; XU, Y. Learning prosodic focus from continuous speech input: A neural network exploration. **Language and Development**, n. 5, p. 94-114, 2009.

GOSWAMI, U. Integrating orthographic and phonological knowledge as reading develops: onsets, rimes and analogies in children's reading. In: KLEIN, R. M.; McCULLEN, P. A. **Converging methods for understanding reading and dyslexia**. Cambridge: The MIT Press, 1999, p. 57-76.

GRABE, W. Current Developments in Second Language Reading Research. **Tesol Quarterly**, v. 25, p. 375-406. 1991.

GROSSBERG, S.; BULLOCK, D. Neural Dynamics of Planned Arm Movements: Emergent Invariants and Speed-Accuracy Properties During Trajectory Formation. **Psychological Review**. v. 95, n. 49-90, 1988.

HARM, M. W.; SEIDENBERG, M. S. Phonology, reading acquisition, and dyslexia: insights from connectionist models. **Psychological Review**, v.106, n.3, p. 491-528, 1999.

HARRINGTON, M.; SAWYER, M. L2 working memory capacity and L2 reading skill. **Studies on Second Language Acquisition**, n. 14, p. 25-38, 1992.

HAYKIN, S. **Neural Networks**: a comprehensive foundation. Ontario: Prentice Hall, 2001.

HONKELA, T. **Self-organizing maps in natural language processing**. 1997. 63f. Tese (Doutorado). Neural Networks Research Center. University of Helsinki, 1997.

HORNIK, K.; STINCHCOMBE, M.; WHITE, H. Multi-layer feedforward networks are universal approximators. **Neural Networks**, v. 2, n. 5, p. 359-366, 1989.

INTERNATIONAL PHONETIC ALPHABET. **Cambridge Dictionary Online - British and American pronunciation**. Disponível em: <<http://dictionary.cambridge.org/>>. Acesso em: 10 jan. 2015.

JENKINS, J. The role of transfer in determining the phonological core. In:____. **The phonology of English as an international language**: new models, new norms, new goals. Oxford: OUP, 2001, p. 99-119.

JOANISSE, M. **Connectionist Phonology**. 2000. 278f. Tese de doutorado (Department of Psychology & Brain and Mind Institute). University of Southern. Califórnia, 2000.

KATO, M. **O aprendizado da leitura**. São Paulo: Martins Fontes, 1995.

KELLERMAN, E. The empirical evidence for the influence of L1 on interlanguage. In: DAVIES, A.; CRIPER, C.; HOWATT, A. P. R. (Eds.) **Interlanguage**. Edinburgh: Edinburgh University Press, 1984, p. 98-122.

KLUGE, D. C, BAPTISTA, B. O. Production and identification of English word-final nasal consonants by Brazilian EFL learners. **Revista Ilha do Desterro**. Florianópolis, n. 55, p. 15-40, 2008.

KODA, K. The effects of lower-level processing skills in FL reading performance: implications for instruction. **The Modern Language Journal**, n. 4, p. 502-512, 1992.

KRÖSE, B.; SMAGT, P. van der. **An introduction to neural networks**. Eighth edition, Amsterdam: The University of Amsterdam, 1996.

KUHL, P. K.; IVERSON, P. Linguistic experience and the “perceptual magnet effect”. In: STRANGE, W. **Speech perception and linguistic experience: issues in cross-language research**. Baltimore: York Press, 1995. p. 121-154.

KUHL, P. K. A new view of language acquisition. **Proceedings of the national academy of science**. n. 97, p. 11850-11857, nov. 2000.

LADEFOGED, P. **A spectrogram of the words heed, hid, head, had, hod, hawed, hood, who’d as spoken by a male speaker of American English**. 2005. Disponível em: <<http://www.phonetics.ucla.edu/course/chapter8/8.3.htm>>. Acesso em: 31 out. 2016.

LADO, R. **Linguistics across cultures: Applied Linguistics for Language Teachers**. Michigan: University of Michigan Press. 1957.

LARSEN-FREEMAN, D. Second-language acquisition research: staking out the territory. **TESOL Quarterly**, v. 25, n. 2, p. 315-350, 1991.

LI, P.; FARKAS, I.; MacWHINNEY, B. Early lexical development in a self-organizing neural network. **Neural Network**. v. 17, n. 8, p. 1345-1362. out-nov, 2004.

MacWHINNEY, B. The competition model: the input, the context, and the brain. In: ROBINSONS, Peter (Ed.). **Cognition and second language instruction**. Cambridge: CUP, p. 69-90. 2001.

MacWHINNEY, B. Language Emergence. In: BURMEISTER, P.; PISKE, T.; ROHDE, A. **An integrated view of language development**. Papers in honor of Henning Wode. Trier: WVT - Wissenschaftlicher Verlag Trier, 2002. p. 17-42.

MAFRA, A. **Reconhecimento automático de locutor em modo independente de texto por Self-Organizing Maps**. 2002. 78f. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

MARSLEN-WILSON, W. Access and integration: projecting sound onto meaning. In: MARSLEN-WILSON, W. **Lexical representation and process**. Cambridge: MIT, p. 3-24, 1989.

MARTINS, A. M. dos S. G. F. **A ocorrência de epêntese na produção oral (direcionada) da língua inglesa por alunos brasileiros.** 2005. 128f. Dissertação (Mestrado)-Curso de Pós-Graduação em Letras, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.

MATZENAUER-HERNANDORENA, C. L. **Aquisição de língua maternal e de língua estrangeira-aspectos fonológicos.** Pelotas: ALAB/EDUCAT, 2001.

McCLELLAND, J. L.; RUMELHART, D. E.; HINTON, G. E. The appeal of parallel distributed processing. In: McCLELLAND, J. L. *et al.* (Eds.), **The appeal of parallel distributed processing explorations in the microstructure of cognition.** Cambridge: MIT Press, 1986, p.3-44.

McCLELLAND, J. L. Failure to learn and their remediation: a Hebbian account. In: McCLELLAND, J. L.; SIEGLER, R. S. **Mechanisms of cognitive development:** behavioral and neural perspectives. Mahwah: Lawrence Erlbaum Associates, 2001, p. 97-121.

MEDEIROS, C. M. S. **Uma contribuição ao problema de seleção de modelos neurais usando o princípio de máxima correlação dos erros.** 2008. 144f. Tese (Doutorado). Programa de Pós-graduação em Engenharia de Teleinformática, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2008.

MEYER, A.; SCHILLER, N. **Phonetics and Phonology in language comprehension and production:** differences and similarities. Berlin: Mouton, 2003.

MÜLLER, D. N. **COMFALA - Modelo Computacional do Processo de Compreensão da Fala.** 2006. 130f. Tese (Doutorado). Programa de Pós-graduação em Computação. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.

NASCIMENTO, K. R. S do. **Análise acústico-articulatória de sons vocálicos de palavras funcionais do inglês.** 2010. 180f. Dissertação (Mestrado). Programa de pós-graduação em linguística aplicada, Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, 2010.

NATEL, T. B. T. **O ensino de espanhol para brasileiros: proximidade linguística, atitude e motivação.** 2001. Dissertação (Mestrado em Letras). Curso de Pós-Graduação em Letras, Universidade Católica de Pelotas, Pelotas, 2001.

NEMSER, W. Approximative system of foreign language learners. **International Review of Applied Linguistics in Language Teaching.** v. 9, n. 2, p. 115-123, 1971.

NIEVES FERNÁNDEZ, A. L. da R. **Interface português/espanhol: o problema de fonemas em uma língua e alofonia em outra.** 2001, 100f. Dissertação (Mestrado Linguística Aplicada). Programa de Pós-graduação em Letras. Universidade Católica de Pelotas. Pelotas, 2001.

OLIVEIRA, E. P. Investigação do fenômeno de epêntese em crianças monolíngues e bilíngues: a influência da percepção na aquisição fonológica. **Letras de Hoje**, Porto Alegre, v. 42, n. 1, p.169-178, 2007.

ORTIZ ALVAREZ, M. L. A transferência, a interferência e a interlíngua no ensino de línguas próximas. In: Proceedings of the **2. Congreso Brasileño de Hispanistas**, 2002, San Pablo, São Paulo. Fev, 2016. Disponível em: <<http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?>>. Acesso em: 06 out. 2016.

OXFORD UNIVERSITY. **Dicionário Oxford escolar: para estudantes brasileiros de inglês. Português-inglês, inglês-português**. Oxford University Press, 2013.

PAO, M. L. Automatic text analysis based on transition phenomena of word occurrences. **Journal of the American Society for Information Science**, v. 29, n. 3, p. 121-124, 1978.

POERSCH, J. M. Connectionism and reading. In: **World Congress of Applied Linguistics**, 12, 1999, Tóquio: Proceedings AILA- International Association of Applied Linguistics, 1999. p. 161-183

POERSCH, J. M. A new paradigm for learning language: Connectionist artificial intelligence. **Linguagem e Ensino**, Pelotas, v. 8, n. 1, p. 161-183, 2005.

PRAXEDES FILHO, P. H. L. **A corpora based study of the development of EFL Brazilian learners' interlanguage from simplification to complexification in the light of systemic-functional grammar**. 2007. 406 f. Tese (Doutorado)-Programa de Pós-Graduação em Letras/Inglês e Literatura correspondente, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

RIBAS, L. P.; PEREIRA, A. R.; HENRICH, V. Dados com epêntese em alvos com onset complexo na aquisição fonológica: argumentos a favor do desenvolvimento silábico. **Verba Volant**, Pelotas, v. 1, n. 1, p. 1-52, 2010.

RICHARDS, J. C. **Error analysis: perspectives on second language acquisition**. London: Longman, 1974.

RIOS, D. R. **Dicionário Global da Língua Portuguesa Ilustrado**. São Paulo: Dcl Difusão Cultural. 2003.

ROSENBLATT, F. **Principles of neural dynamics**. New York: Spartan, 1962.

ROGERS, T. T.; MACLELLAND, J. L. Parallel Distributed Processing at 25: Further Explorations in the Microstructure of Cognition. **Cognitive Science: a multidisciplinary journal**, v. 38, n.6, p. 1024-1077, 2014.

ROCHA, A. R. S. **Os efeitos da instrução explícita em fonologia na produção e percepção de consoantes da língua inglesa**. 2012. 212f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Linguística Aplicada, Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, 2012.

RUIZ, R. M. M. Un acercamiento psicolinguístico al fenómeno de la transferencia en el aprendizaje y uso de segundas lenguas. In: CESTEROS, S. P.; GARCIA, V. S. **Estudios de Lingüística: tendencias y líneas de investigación en adquisición de segundas lenguas**. Alicante: Quinta Impresión, 2001, p. 1-79.

RUMELHART, D. E. The architecture of mind: A connectionist approach. **Mind readings**, p. 207-238, 1998.

RUMELHART, D. E.; McCLELLAND, J. L. On learning the past tenses of English verbs. In: MCCLELLAND, J. L. *et al.* **Parallel distributed processing: explorations in the microstructure of cognition**. Cambridge: The MIT Press, v. 2, 1986 p. 216-271.

RUMELHART, D. E.; HINTON, G. E.; WILLIAMS, R. J. Learning internal representations by error propagation. In: RUMELHART, D. E. *et al.* (Eds.), **Parallel distributed processing: Explorations in the microstructure of cognition**, Cambridge: The MIT Press, v.1, p.318-362, 1986.

SALAZAR, L. Interdependencia lingüística, transferencia Y enseñanza-aprendizaje de lenguas extranjeras. **Laurus: revista de educación**. Caracas, Venezuela, v.12, p.45-72, 2006.

SARDINHA, T. B. **Linguística de Corpus: Histórico e problemática**. São Paulo: Delta, v. 16, n. 2, p. 323-367, 2000.

SCHUNK, D. **Teorías del Aprendizaje**. México: Prentice Hall Hispanoamericana, 1997.

SELINKER, L. Interlanguage. **IRAL - International Review of Applied Linguistics in Language Teaching**. Disponível em: <<http://www.reference-global.com/doi/abs/10.1515/iral.1972.10.1-4.209>>. Acesso em: 31 ago. 2011.

SELINKER, L. Interlanguage. **International Review of Applied Linguistics**, v. 10, n. 3, p. 209-231, 1972.

SEIDENBERG, M. S.; McCLELLAND, J. A distributed model of word recognition and naming. **Psychological Review**, Quebec, Canada, v. 96, n. 4, p. 523-568, 1989.

SEIDENBERG, M. S. The time course of phonological code activation in two writing systems. **Cognition**, v. 19, p. 1-10, 1985.

SILVA, A. C. C. **O uso de redes neurais auto-organizáveis para a análise do conhecimento acentual em aprendizes brasileiros de língua inglesa**. 2010. 200f. Tese (Doutorado)-Programa de Pós-Graduação em Linguística, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2010.

SILVA, T. C. **Fonética e fonologia do português**. São Paulo: Contexto, 2010.

SINGLETON, D. **Exploring the second language mental lexicon**. Cambridge: Cambridge University Press, 1999.

STERN, H. H. **Fundamental concepts of language teaching**. London: Oxford University Press, 1983.

TARONE, E. The phonology of interlanguage. In: IOP, G.; WEINBERGER, S. H. **Interlanguage phonology**. Cambridge: Newbury House, 1987. p. 70-85.

THOMAS, M. Assessment of L2 proficiency in second language acquisition research. **Language learning**. n. 44, p. 307-336, 1994.

VANDRESEN, P. Linguística contrastiva e ensino de línguas estrangeiras. In: BOHN, H., VANDRESEN, P. (Org). **Tópicos de Linguística Aplicada: o ensino de línguas estrangeiras**. Florianópolis: Editora UFSC, 1998, p. 50-74.

WEINRICH, U. **Languages in contact**. New York: Linguistic Circle of New York, 1953.

WHEATLEY, B.; HASTINGS, A.; ECKMAN, F.; BELL, L.; KRUKAR, G.; RUTKOWSKY, R. **Current approaches to Second Language Acquisition**. Bloomington: Indiana University Press, 1987.

WITTIG, A. **Teoría y Problemas de psicología del Aprendizaje**. Serie de Compendios Schaum. Segunda Edición. México: McGraw-Hill, 1991.

WODE, H. Developmental sequence in naturalistic SLA. In: Hatch, E. **Readings in second language acquisition**. Rowley: Newbury House Publishers, 1978. p.101-117.

YAVAS, M. **Applied English Phonology**. Malden: Blackwell Publishing, 2006.

ZIMMER, M. C. **A transferência do conhecimento fonético-fonológico do português brasileiro (L1) para o inglês (L2) na recodificação leitora: uma abordagem conexionista.** 2003.184f. Tese (Doutorado). Faculdade de Letras, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.

ZIMMER, M. C.; ALVES, U. K. A produção de aspectos fonético-fonológicos da segunda língua: instrução explícita e conexionismo. **Revista Linguagem & Ensino**, Pelotas, v. 9, n. 2, 2006, p. 101-143.

ZIMMER, M. C.; ALVES, U. K. A dessonorização terminal na aprendizagem da L2: evidências do *continuum* fonética-fonologia. **Letras de Hoje**, v. 42, p. 56-68, 2007.

ZIMMER, M. C. Cognição e aprendizagem de L2: uma abordagem conexionista. In: MACEDO, Ana Cristina Pelosi de; FELTES, Heloísa Pedroso de Moraes; FARIAS, Emília Maria Peixoto. (Orgs) **Cognição e Linguística: explorando territórios, mapeamentos e percursos.** Porto Alegre: EdiPURS, 2008. p. 229-235.

ZIMMER, M. C.; SILVEIRA, R.; ALVES, U. K. **Pronunciation instruction for brazilians: bringing theory and practice together.** Cambridge: Scholars Publishing, 2009.

APÊNDICES

APÊNDICE A - TERMO DE ANUÊNCIA.

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO CEARÁ

CENTRO DE HUMANIDADES

Programa de Pós-graduação em Linguística Aplicada

Prezado Prof. Ms. João Artur Freitas da Rocha

Coordenador geral do Núcleo de Línguas Estrangeiras da UECE.

Solicitamos autorização da Coordenação Geral do Núcleo de Línguas Estrangeiras da Universidade Estadual do Ceará-UECE para realização da pesquisa intitulada “Identificação de processos de transferência do português do Brasil para o inglês (L2) por meio de rede neural artificial MLP” no Núcleo de Línguas Estrangeiras da UECE. A pesquisa tem por objetivo identificar e classificar três processos de transferência ainda não elencados na literatura pesquisada: a) apagamento de [h] no início de palavras começadas por <h> (AH); b) apagamento de [h] no início de palavras começadas por <hy> seguido de substituição do ditongo [ai] pela vogal [i] (AHS); c) pronúncia de [k] mudo com inserção da vogal [i] em palavras começadas por <kn> (PKI); bem como verificar se a ocorrência de tais processos varia em função dos diferentes níveis de proficiência. Paralelamente, a verificação da variação da ocorrência dos citados processos, em diversos níveis de proficiência, será efetuada através de aplicação de uma rede neural artificial (RNA) classificadora. A pesquisa consiste na gravação de áudio dos alunos quando da leitura de palavras em língua inglesa.

A contribuição do trabalho é proeminente, uma vez que fornece novos dados acerca de fenômenos linguísticos cognitivos, e, sobretudo, fornece subsídios ao ensino de língua. Ademais, apresenta um modelo de rede neural para auxiliar na reflexão sobre aquisição de L2 e também amplia a discussão que abrange a teoria conexionista, que subjaz os princípios da rede aplicada.

Os sujeitos serão convidados a participarem da pesquisa na própria sala de aula onde fazem o curso de língua inglesa, no Núcleo de Línguas. Somente participarão do estudo os indivíduos que tenham assinado Termo de Assentimento e cujos pais tenham assinado Termo de Consentimento Livre e Esclarecido no caso de serem menores de idade. A coleta de dados da pesquisa será iniciada no semestre de 2015.II, sendo conduzida pela pesquisadora responsável, que é aluna de doutorado da Pós-Graduação em Linguística Aplicada da UECE.

Os dados coletados serão publicados de maneira a não identificarem os participantes e a coleta somente será iniciada após a aprovação do protocolo de pesquisa pelo

Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da Universidade Estadual do Ceará (UECE).

Na certeza de contarmos com a colaboração e empenho desta Casa, agradecemos antecipadamente a atenção, além de ficamos à disposição para quaisquer esclarecimentos que se fizerem necessários.

Fortaleza, ____ de _____ de 2015.

Prof. Ms. Aratuza Rodrigues Silva Rocha

Aluna do Programa de Pós-Graduação em Linguística Aplicada da UECE

Termo de Anuência

Eu, _____

Coordenador Geral do Núcleo de Línguas Estrangeiras da UECE, autorizo a realização da pesquisa “Identificação de processos de transferência do português do Brasil para o inglês (L2) por meio de rede neural artificial MLP”, desenvolvida pela pesquisadora Aratuza Rodrigues Silva Rocha, a ser iniciada após aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da UECE.

Autorizo a pesquisadora a utilizar o espaço das salas do Núcleo de Línguas Estrangeiras da UECE a serem selecionadas para a realização da coleta de dados. Afirmando que não haverá qualquer implicação negativa aos alunos e pais que não queiram ou desistam de participar do estudo.

Fortaleza, _____ de _____ de _____

Prof. Ms. João Artur Freitas da Rocha

Coordenador Geral do Núcleo de Línguas Estrangeiras da UECE

(carimbo e assinatura do Coordenador Geral)

APÊNDICE B - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO.

Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

“Identificação de processos de transferência do português do Brasil para o inglês (L2) por meio de rede neural artificial MLP”

Seu(sua) filho(a) está sendo convidado(a) a participar da pesquisa com o título acima que está sendo desenvolvida pela Profa. Ms. Aratuza Rodrigues Silva Rocha, aluna de doutorado do Programa de Pós-Graduação em Linguística Aplicada da Universidade Estadual do Ceará (UECE). A pesquisa tem por objetivo geral identificar e classificar três processos de transferência ainda não elencados na literatura pesquisada: a) apagamento de [h] no início de palavras começadas por <h> (AH); b) apagamento de [h] no início de palavras começadas por <hy> seguido de substituição do ditongo [ai] pela vogal [i] (AHS); c) pronúncia de [k] mudo com inserção da vogal [i] em palavras começadas por <kn> (PKI); bem como verificar se a ocorrência de tais processos varia em função dos diferentes níveis de proficiência. Paralelamente, a verificação da variação da ocorrência dos processos citados, em diversos níveis de proficiência, será efetuada através de aplicação de uma rede neural artificial (RNA) classificadora. Através deste termo de consentimento, você autorizará que o pesquisador realize os procedimentos de seleção de participantes e de coleta de dados com seu(sua) filho(a). O procedimento de coleta de dados consta de gravação de áudio de leitura de palavras em língua inglesa. A participação dos adolescentes é voluntária, o que significa que o consentimento poderá ser retirado a qualquer momento, sem penalidades ou prejuízo em caso de recusa ou desistência no curso da pesquisa. Cabe ressaltar que a execução da pesquisa somente ocorrerá após a aprovação da mesma no Comitê de Ética da Universidade Estadual do Ceará. A submissão ao referido comitê atende às exigências da Resolução N° 466/2012 do Conselho Nacional de Saúde. De modo a atender a referida resolução e dada a necessidade de obediência aos preceitos éticos em pesquisa, vimos informar que asseguramos aos sujeitos da amostra: o sigilo das informações, o anonimato preservado e a liberdade para desistir da pesquisa. Os mesmos estarão sujeitos a danos morais, uma vez que poderá haver constrangimento no momento da leitura, porém, a pesquisadora minimizará ao máximo o desconforto do participante, realizando a gravação reservadamente e deixando claro que não se busca erros na leitura, mas apenas dados para a pesquisa. Os participantes não terão nenhum tipo de gasto financeiro. Assim, a pesquisadora se compromete a utilizar os dados coletados somente para fins acadêmicos, sendo a identidade dos participantes mantida em absoluto sigilo diante da publicação dos resultados. Participando desta pesquisa, seu(sua)

filho(a) estará contribuindo para o fornecimento de novos dados acerca de fenômenos linguísticos cognitivos, e sobretudo, para o fornecimento de subsídios ao ensino de língua. Também amplia a discussão que abrange a teoria conexionista, que subjaz os princípios da rede neural artificial aplicada. O(a) senhor(a) ficará com uma cópia deste termo. Assim, qualquer dúvida que venha a surgir esta poderá ser questionada diretamente à pesquisadora pelo telefone (85) 8895.0012. Dúvidas a respeito da ética desta pesquisa poderão ser feitas ao Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Estadual do Ceará, no endereço Av. Paranjana, 1700 ou pelo fone (85) 3101.9890.

Consentimento pós-esclarecimento:

Acredito ter sido suficientemente esclarecido(a) a respeito da pesquisa, tendo ficado claro para mim quais seus objetivos, a forma pela qual será realizada, além de ter conhecimento das garantias de confidencialidade e de esclarecimentos. Dessa forma, estando esclarecido acerca da pesquisa, é de meu consentimento que meu(minha) filho(a) participe voluntariamente da mesma.

Fortaleza, _____ de _____ de _____

Nome do(a)

aluno(a) _____

Responsável _____

Assinatura

Identidade

APÊNDICE C - TERMO DE ASSENTIMENTO.

Termo de Assentimento

“Identificação de processos de transferência do português do Brasil para o inglês (L2) por meio de rede neural artificial MLP”

Caro(a) aluno(a), você está sendo convidado(a) a participar de uma atividade que envolve a leitura de palavras em língua inglesa. Essa tarefa faz parte de um estudo desenvolvido pela pesquisadora Aratuza Rodrigues Silva Rocha, aluna de doutorado do programa de Pós-Graduação da Universidade Estadual do Ceará. Se você desejar, poderá autorizar que a pesquisadora realize essa atividade com você. Você também poderá desistir quando quiser, é só falar para a pesquisadora que não haverá nenhum problema. O mais importante é que você se sinta bem e que participe espontaneamente da atividade.

A pesquisadora terá o cuidado com você, de modo a lhe garantir o sigilo das informações de sua atividade, a liberdade para você desistir da pesquisa, e se você tiver alguma dificuldade, a pesquisadora irá prestar-lhe a assistência necessária para que não lhe ocorra nenhuma espécie de constrangimento durante a realização da pesquisa.

Participando desta pesquisa, você estará contribuindo para uma melhor compreensão da aquisição de segunda língua.

Consentimento pós-esclarecimento:

Após ter sido informado sobre a pesquisa e sobre as atividades que terei de realizar:

() confirmo minha participação

() não confirmo minha participação

Fortaleza, _____ de _____ de _____

Nome _____ do(a)

aluno(a) _____

Assinatura: _____

APÊNDICE D - QUESTIONÁRIO DE SONDAÇÃO LINGUÍSTICA APLICADO AOS ALUNOS.

Questionário de sondagem-aluno

Prezado aluno, peço-lhe que responda às perguntas abaixo, tomando como base seu tempo de estudo de língua inglesa.

QUESTIONÁRIO DE SONDAÇÃO LINGUÍSTICA

1.Nome:_____

2.Semestre: _____

3.Idade:_____

4.Estuda (ou estudou) outra língua além do inglês? Sim () Não ()

5.Possui alguma reprovação no curso de inglês do Núcleo de Línguas Estrangeiras da UECE? Sim () Não ()

6.Como era seu contato com o inglês antes de entrar no Núcleo de Línguas?

() através de música () estudando a gramática do inglês

() através de filmes () através da internet

() fazendo curso de inglês () outros _____

7.Há quanto tempo estuda inglês? _____

8.Já morou no exterior em país de língua inglesa? Sim () Não ()

9. Como é seu contato com o inglês hoje? _____

APÊNDICE E - PALAVRAS SELECIONADAS PARA PESQUISA.

Segue a lista de palavras selecionadas para pesquisa, organizadas em cognatas e não cognatas e por suas frequências de ocorrências,

Alta Frequência	Cognatas		Alta Frequência	Não cognatas
114904	history		4303955	have
39642	hotel		295936	high
9829	humor		216082	help
Baixa Frequência	Cognatas		Baixa Frequência	Não cognatas
690	hiatus		488	hang
564	herpes		462	hem
501	holocaust		407	hog

Alta Frequência	Cognatas		Alta Frequência	Não cognatas
9820	hypotesis		2913	hyde
4901	hydrogen		2063	hype
1299	hygiene		592	hyman
Baixa Frequência	Cognatas		Baixa Frequência	Não cognatas
500	hyperbole		256	hyland
129	hyphen		246	hydrangea
127	hyper		217	hyannis

Alta Frequência	Palavras
892535	know
17146	knock
15792	knife
Baixa Frequência	Palavras
248	knickers
237	knell
135	knave

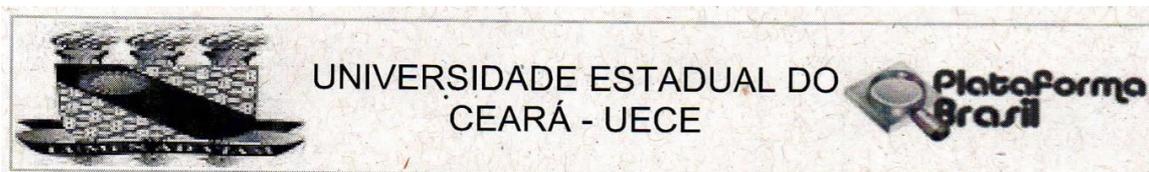
APÊNDICE F – AMOSTRA DE TRANSCRIÇÃO DAS PALAVRAS UTILIZADAS NA PESQUISA

Sequência de palavras de um participante do semestre 1, com transcrição fonética padrão do IPA (*International Phonetic Alphabet*) e as transcrições dos três avaliadores.

Palavra	Transcrição fonética (IPA)	Avaliador A	Avaliador B	Avaliador C
have	hæv	hav	hæv	hev
hyannis	haɪ'æni:s	'haɪʌni:s	'haɪani:s	'haɪ'anis
know	nəʊ	naʊ	naʊ	naʊ
hyperbole	haɪ'pɜ:bə,li	ɪ'pa:baʊ	ɪ'pɜ:bi	ɪ'pɜ:bau
hotel	həʊ'tel	'haʊtaʊ	'həʊteʊ	'haʊteu
hiatus	haɪ'ertəs	hi:'ɒtu:s	hi'atus	hi'ɒtus
hydrangea	haɪ'dreɪn.dʒə	haɪ'drʌndʒə	haɪ'drændʒa	haɪ'drʌnʒa
knell	neɪ	neʊ	naʊ	neʊ
hydrogen	'haɪdrədʒən	ai'draʊdʒen	ai'drouʒan	ai'draʊʒen
high	haɪ	haɪ	haɪg	haɪ
hygiene	'haɪ,dʒi:n	'aɪdʒen	'aɪdʒi:en	'aɪʒen
hype	haɪp	haɪp	haɪp	haɪp
hem	hɛm	hem	em	em
hyde	haɪd	haɪd	haɪd	haɪd
knife	naɪf	naɪf	naɪf	naɪf
hyman	'haɪmən	'haɪmʌn	'haɪmen	'haɪmen
hog	hɒg	haʊg	hog	haʊg
knave	neɪv	naç	nev	nev
hypothesis	haɪ'pəθəsəs	ai'pə:ti:zi:s	ai'pə:ti:zi:s	ai'pətezi:s
hang	hæŋ	heŋ	hæng	heng
knickers	'nɪkərz	'ni:kɜ:s	knɪ:kars	knɪkɜ:s
history	'hɪstəri	'hi:stəuri:	'hi:stori	'hɪstəuri
knock	nɒk	k'nɒk	knɒk	k'nɒk
hyper	'haɪpər	'ɪ:pɜ:	'ɪ:par	ɪ:pɜ:
humor	'hjumər	'umɔr	'umor	'umar
herpes	'hɜ:pɪz	'herps	hehps	herps
hyland	'haɪlənd	'haɪlʌn	'haɪlan	'haɪ'lan
holocaust	'hɒlə,kɒst	'həʊləʊkəʊst	'holokaʊst	'holokaʊst
help	hɛlp	hep	heʊp	heʊp
hyphen	'haɪfən	'ɪ:fən	'ɪfen	'ɪ:fən

ANEXOS

ANEXO A - PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP.



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: IDENTIFICAÇÃO DE PROCESSOS DE TRANSFERÊNCIA DO PORTUGUÊS DO BRASIL PARA O INGLÊS (L2) POR MEIO DE REDE NEURAL ARTIFICIAL MLP.

Pesquisador: Aratuza Rodrigues Silva Rocha

Área Temática:

Versão: 1

CAAE: 50237615.0.0000.5534

Instituição Proponente: Programa de Pós-Graduação em Linguística Aplicada

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 1.379.854

Apresentação do Projeto:

Este estudo realiza a identificação de três processos de transferência na recodificação leitora de palavras da língua inglesa em estudantes, falantes nativos do português brasileiro, e utiliza-se de rede neural MLP para confirmá-los e verificar se a ocorrência de tais processos apresenta-se em função do nível de proficiência. A pesquisa abrange aprendizes que cursam desde o primeiro semestre (nível básico) até o último (nível avançado) semestre de língua inglesa do Núcleo de Línguas Estrangeiras da UECE.

Objetivo da Pesquisa:

Identificar e classificar três processos de transferência ainda não elencados na literatura pesquisada; bem como verificar se a ocorrência de tais processos varia em função dos diferentes níveis de proficiência. Paralelamente, confirmar as análises do estudo empírico por meio de uma RNA MLP classificadora.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Riscos: não foram evidenciados no texto.

Benefícios:

A relevância social do presente projeto repousa sobre o fato de que esta pesquisa visa prestar auxílio ao aprendiz de língua inglesa na compreensão do sistema linguístico estrangeiro em seu

Endereço: Av. Silas Munguba, 1700

Bairro: Itaperi

CEP: 60.714-903

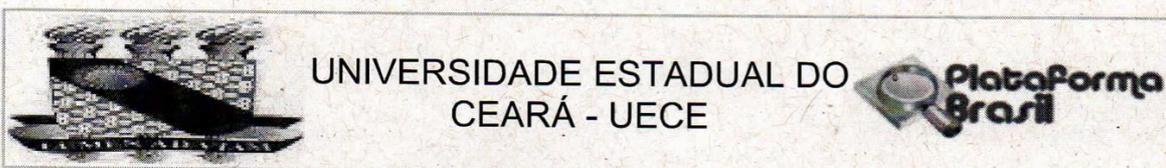
UF: CE

Município: FORTALEZA

Telefone: (85)3101-9890

Fax: (85)3101-9906

E-mail: anavaleska@usp.br



Continuação do Parecer: 1.379.854

aspecto grafo-fonético-fonológico. E, a partir da simulação realizada na rede, é possível fazer inferências sobre o desenvolvimento da produção da fala no que concerne aos processos de transferência identificados e, assim, fornecer subsídios ao ensino de língua.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

A contribuição do trabalho é proeminente, uma vez que fornece novos dados acerca de fenômenos linguísticos cognitivos, e sobretudo, fornece subsídios ao ensino de língua. Ademais, apresenta um modelo de rede neural ainda não usado em experimentos no campo da Linguística Aplicada. Também amplia a discussão que abrange a teoria conexionista, que subjaz os princípios da rede aplicada.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Folha de rosto, TCLE, Anuência e Assentimento seguem as solicitações do CEP-UECE.

Recomendações:

Alterar o cronograma de execução da coleta de dados dos participantes somente após aprovação do CEP-UECE.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Aprovado.

Considerações Finais a critério do CEP:

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_526068.pdf	20/10/2015 10:29:38		Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	Assentimento_corrigido.pdf	20/10/2015 10:28:27	Aratuza Rodrigues Silva Rocha	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	Termo_Anuencia_Carimbado.pdf	30/09/2015 09:36:07	Aratuza Rodrigues Silva Rocha	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_ASSENT_ANUEN.pdf	13/09/2015 01:20:25	Aratuza Rodrigues Silva Rocha	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura	tese7.pdf	19/08/2015 09:42:10	Aratuza Rodrigues Silva Rocha	Aceito

Endereço: Av. Silas Munguba, 1700

Bairro: Itaperi

CEP: 60.714-903

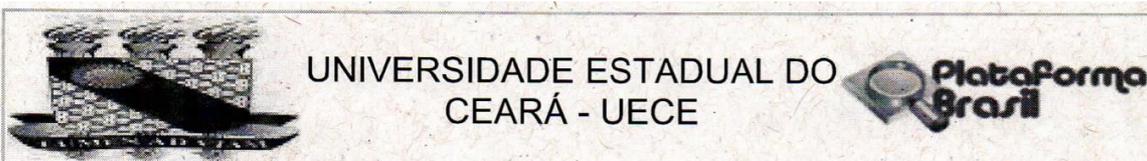
UF: CE

Município: FORTALEZA

Telefone: (85)3101-9890

Fax: (85)3101-9906

E-mail: anavaleska@usp.br



Continuação do Parecer: 1.379.854

Investigador	tese7.pdf	19/08/2015 09:42:10	Aratuzza Rodrigues Silva Rocha	Aceito
Outros	PB_XML_INTERFACE_REBEC.xml	15/07/2015 10:53:14	Aratuzza Rodrigues Silva Rocha	Aceito
Outros	PB_XML_INTERFACE_REBEC.xml	15/07/2015 10:30:17	Aratuzza Rodrigues Silva Rocha	Aceito
Outros	PB_XML_INTERFACE_REBEC.xml	15/07/2015 10:29:54	Aratuzza Rodrigues Silva Rocha	Aceito
Outros	PB_XML_INTERFACE_REBEC.xml	06/06/2015 09:56:00	Aratuzza Rodrigues Silva Rocha	Aceito
Folha de Rosto	Capa de rosto.pdf	06/06/2015 09:37:39		Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

FORTALEZA, 22 de Dezembro de 2015

Rhanna Emanuela Fontenele Lima de Carvalho

Assinado por:

**Rhanna Emanuela Fontenele Lima de Carvalho
(Coordenador)**



Endereço: Av. Silas Munguba, 1700

Bairro: Itaperi

CEP: 60.714-903

UF: CE

Município: FORTALEZA

Telefone: (85)3101-9890

Fax: (85)3101-9906

E-mail: anavaleska@usp.br