

Uma Arquitetura Genérica para Tradução Automática *Text-to-Gloss* Baseada em Regras

Vinícius Matheus Veríssimo Da Silva



CENTRO DE INFORMÁTICA
UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA

João Pessoa, 2018

Vinícius Matheus Veríssimo Da Silva

Uma Arquitetura Genérica para Tradução Automática
Text-to-Gloss Baseada em Regras

Monografia apresentada ao curso Ciência da Computação
do Centro de Informática, da Universidade Federal da Paraíba,
como requisito para a obtenção do grau de Bacharel em Ciência da Computação

Orientador: Prof. Dr. Tiago Maritan Ugulino de Araújo

Novembro de 2018

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

S586a Silva, Vinícius Matheus Veríssimo da.
Uma Arquitetura Genérica para Tradução Automática
Text-to-Gloss Baseada em Regras / Vinícius Matheus
Veríssimo da Silva. - João Pessoa, 2018.
60 f. : il.

Orientação: Tiago Maritan Ugulino de Araújo Araújo.
Monografia (Graduação) - UFPB/CI.

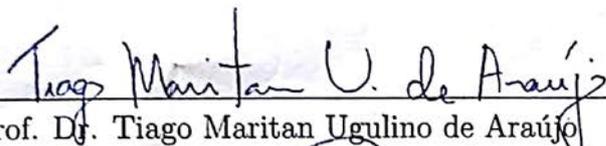
1. acessibilidade. 2. tradução automática. 3. língua de
sinais. I. Araújo, Tiago Maritan Ugulino de Araújo. II.
Título.

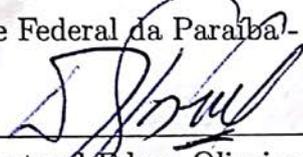
UFPB/BC

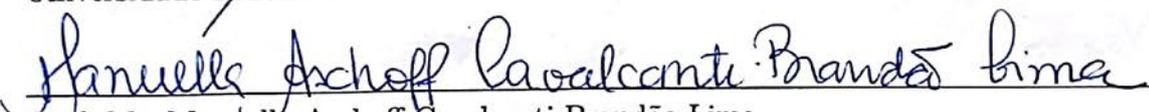


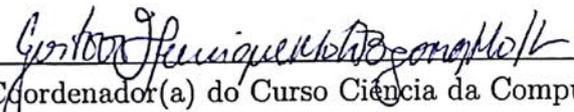
CENTRO DE INFORMÁTICA
UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA

Trabalho de Conclusão do Curso de Ciência da Computação intitulado *Uma Arquitetura Genérica para Tradução Automática Text-to-Gloss Baseada em Regras* de autoria de Vinícius Matheus Veríssimo Da Silva, aprovado pela banca examinadora constituída pelos seguintes professores:


Prof. Dr. Tiago Maritan Ugulino de Araújo
Universidade Federal da Paraíba - CI


Prof. Dr. Rostand Edson Oliveira Costa
Universidade Federal da Paraíba - CI


Prof. M.^a Manuella Aschoff Cavalcanti Brandão Lima
Universidade Federal da Paraíba - CI


Coordenador(a) do Curso Ciência da Computação
Gustavo Henrique Matos Bezerra Motta
CI/UFPB

Prof. Dr. Gustavo H. M. B. Motta
Coordenador Bacharelado
Ciência da Computação
CI-UFPB / Mat. SIAPE 2126491₁

João Pessoa, 12 de Novembro de 2018

“Não perca mais tempo discutindo sobre como um bom homem deve ser. Seja um.”

Marco Aurélio

AGRADECIMENTOS

O principal e maior agradecimento deve ser aos meus pais Valdineide Veríssimo da Silva e Valdir Félix da Silva, que puderam me proporcionar as oportunidades que me fizeram ingressar na universidade e que continuaram com o apoio para que eu pudesse concluir a graduação.

À minha amada e companheira Dyliane Mourí, por ter me apoiado, aconselhado e acalmado durante todo esse tempo juntos. Me ajudou a amadurecer não só pessoal, mas também academicamente e profissionalmente. Devo muito a ela.

Ao meu orientador Prof. Dr. Tiago Maritan Ugulino de Araújo que não só auxiliou no desenvolvimento do trabalho, mas também proporcionou oportunidades e desafios que me fizeram fortalecer e a crescer.

Por fim, a todos os meus amigos e colegas do curso de Ciência da Computação da UFPB e do Laboratório de Aplicações de Vídeo Digital (LAVID), pela suas parcerias e trabalhos juntos. E aos professores que se dedicaram a proporcionar os conhecimentos que levarei para a vida.

RESUMO

As pessoas surdas possuem dificuldades em comunicação e aquisição de informação, pois em ambos os casos o que prevalece é a utilização de línguas orais, mas os surdos possuem como língua natural a língua de sinais, tendo a língua oral como uma língua secundária. Várias áreas buscam soluções para combater essa barreira com a comunidade surda. Na área da tecnologia os esforços são voltados para a acessibilidade das Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs). Uma das principais estratégias implementadas é a construção de tradutores automáticos que traduzem a informação de língua oral para língua de sinais. Como auxílio a essa área de pesquisa, esse trabalho tem como objetivo apresentar uma proposta de arquitetura flexível para a construção de tradutores automáticos baseados em regras para traduções entre língua oral e língua de sinais, tendo como base o tradutor automático utilizado na Suíte VLibras, um sistema consolidado e que permite a acessibilidade de áudio, texto e vídeo em português para usuários de LIBRAS. Como prova de conceito da arquitetura proposta, foi criado, a partir dela, um tradutor automático para a tradução de texto em inglês para glosa ASL. Foram aplicados testes automáticos de tradução sobre esse tradutor e os resultados foram avaliados com as métricas BLEU e WER.

Palavras-chave: acessibilidade, tradução automática, língua de sinais.

ABSTRACT

Deaf people have difficulties in communication and information acquisition, because in both cases what is prevalent is the use of oral languages, but the deaf have sign language as natural language, having oral language as a secondary language. Several areas are seeking solutions to combat this barrier with the deaf community. In the area of technology, efforts are focused on the accessibility of Information and Communication Technologies (ICTs). One of the main strategies is the construction of automatic translators that translate oral language information into sign language. As an aid to this area of research, this paper aims to present a flexible architecture proposal for the construction of automatic rules-based translators for translations between oral and sign language, based on the automatic translator used in the Suíte VLibras, a consolidated system that allows the accessibility of audio, text and video in Portuguese for users of LIBRAS. As proof of concept of the proposed architecture, an automatic translator for the translation of English text for ASL gloss was created. Automatic translation tests were applied on this translator and the results were evaluated with the BLEU and WER metrics.

Key-words: accessibility, machine translation, sign language

LISTA DE FIGURAS

1	Sinal <i>IDEA</i> na notação de Stokoe [44]	21
2	Descrição da sinalização de HOUSE na notação HamNoSys [17]	21
3	Escrita de <i>BRASIL</i> na notação SignWriting	22
4	Exemplo da representação em glosa da frase “Eu nunca vou à casa dele”[34]	22
5	Arquitetura alto-nível do Tradutor do VLibras	30
6	Representação gráfica da árvore sintática da frase “Ela é uma pessoa surda”	31
7	Exemplo de um regra para remoção de preposições (P)	31
8	Fluxo abstrato de tradução da solução proposta	33
9	Arquitetura dos componentes do tradutor do VLibras	33
10	Arquitetura dos componentes da proposta	34

LISTA DE TABELAS

1	Comparação dos trabalhos relacionados a tradução LO-LS	28
2	Métricas BLEU e WER da Tradução Automática e da Tradução Direta .	38

LISTA DE ABREVIATURAS

- ArSL - Língua Árábica de Sinais (Arabic Sign Language)
- ASL – Língua Americana de Sinais (American Sign Language)
- DSL - Língua Alemã de Sinais (Deutsche Gebärdensprache)
- EBMT – Tradução de Máquina Baseada em Exemplos
- LIBRAS – Língua Brasileira de Sinais
- LO - Língua Oral
- LS – Língua de Sinais
- LSE – Língua Espanhola de Sinais (Lengua de Signos Española)
- LSTM - Long Short-term Memory
- NLTK – Natural Language Toolkit
- NMT – Tradução de Máquina Neural
- RBMT – Tradução de Máquina Baseada em Regras
- RNN – Rede Neural Recorrente
- SMT – Tradução de Máquina Estatística
- TA – Tradução Automática

Conteúdo

1	INTRODUÇÃO	16
1.1	Objetivo geral	18
1.2	Objetivos específicos	18
1.3	Estrutura da monografia	18
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	19
2.1	Línguas de Sinais	19
2.2	Tradução Automática	22
2.2.1	Análise Léxica e Sintática	24
2.2.2	Adequação Semântica e Estrutural	25
3	TRABALHOS RELACIONADOS	26
4	SOLUÇÃO PROPOSTA	29
4.1	Tradutor do VLibras	29
4.2	Generalização da Arquitetura	32
4.3	Implementação de Um Tradutor Português(Brasileiro)-LIBRAS usando <i>Deep Learning</i>	34
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES	36
5.1	Testes e Resultados do Tradutor Inglês-ASL	37
5.2	Análise dos Resultados	38
6	CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS	40
	REFERÊNCIAS	40
	APÊNDICE A - Frases Utilizadas nos Testes do Tradutor Automático <i>text-to-gloss</i> Inglês-ASL	45
	APÊNDICE B - Mapeamento entre as <i>tags</i> do Aelius e NLTK	54
	ANEXO A - Artigo Publicado no XXIII WebMedia	58

1 INTRODUÇÃO

Na literatura, existem diversas pesquisas mundiais relacionadas à acessibilidade para pessoas surdas, principalmente no que se diz respeito à comunicação e ao consumo de informação, dado que majoritariamente esses conteúdos são destinados a algum tipo de língua oral (LO), mas os surdos têm como língua natural a língua de sinais (LS). Nesse sentido, o diagnóstico de surdez traz consigo algumas consequências culturais relacionadas ao “ser surdo”, dentre elas, a impossibilidade ou quase impossibilidade de falar, dificuldades de aprendizagem, insucesso na escola, e a dificuldade em conseguir um bom emprego [38].

Guarinello [15] retrata que nos anos de 1970, devido à grande insatisfação com os resultados da utilização de LO no ensinamento de surdos e as recentes pesquisas sobre pais surdos com filhos surdos, alguns estudiosos propuseram a adoção de sinais na educação de surdos. Assim, criou-se a filosofia da “comunicação total”, que propunha o uso de gestos naturais, da língua de sinais, do alfabeto manual, da expressão facial, da fala e dos aparelhos de amplificação sonora para transmitir a linguagem, vocabulário, conceitos e ideias. Todavia, salienta-se que mesmo com a comunicação total tendo se espalhado para vários países a partir da década de 70, ela teve fraco impacto no sucesso acadêmico dos surdos na América, pois os professores tinham dificuldade em utilizar duas línguas simultaneamente.

Toscano et al. [42] afirmam que desde a infância os surdos utilizam sinais (não em uma estrutura formalmente padronizada) de maneira espontânea, sem que seja necessário um treinamento. De qualquer forma, para que uma criança desenvolva a sua língua naturalmente, é necessário um ambiente linguístico propício para isso. Assim sendo, em um ambiente onde todos os membros da família utilizam LO, uma criança ouvinte facilmente aprenderá aquela língua oral, todavia, para que surdos, filhos de pais ouvintes, desenvolvam a língua de sinais, eles precisam interagir com pessoas que utilizam essa mesma língua [15].

Autores como Quadros et al. [35] apresentam evidências de que as línguas de sinais são tão complexas gramaticalmente quanto as Línguas orais tradicionais. Por essa razão, e pelo fato de que a maioria das pessoas surdas convivem em ambientes onde há o uso de línguas orais, os quais farão com que essas pessoas consigam interpretar certos aspectos de tais línguas, que esses indivíduos podem ser reconhecidos como sujeitos bilíngues, onde as LS são tidas como a sua língua principal, e as LO como língua secundária. Assim sendo, mesmo que ao redor da pessoa surda, a LO seja a principal forma de interação, direta ou indiretamente, ele estará ligado à utilização de algum tipo de LS [32].

Atualmente, embora existam as LS para a comunicação dos surdos, esses sujeitos ficam parcialmente isolados da sociedade no que tange o uso da internet. Tal fato ocorre

porque, embora o fluxo de conteúdo consumido e produzido na internet tenha crescido significativamente nos últimos anos, apenas uma pequena parcela dessa informação é acessível ao surdo. Assim sendo, essa se torna uma das preocupações que se deve ter com a comunidade surda, a partir da qual se deve buscar soluções, assim como houve na década de 70, quando se tornou evidente o fracasso da utilização de LO no aprendizado dos surdos, o que levou a diversas investigações em várias áreas da ciência – neurologia, psicologia, linguística, educação, tecnologia, entre outras –, fato que impulsionou o uso das línguas de sinais, e comprovou o seu valor, visto que as LS têm grande influência no desenvolvimento e aprendizagem das pessoas surdas [32].

Na área de pesquisa das Tecnologias da Informação e Comunicação (TICs), constantemente se buscam soluções para a diminuição da marginalização dos surdos nos ambientes reais e virtuais, com a proposta de tornar as informações transmitidas por elas mais acessíveis aos surdos. Uma das formas de se proporcionar essa acessibilidade é com a utilização de tradutores automáticos de línguas orais para línguas de sinais. Esses tradutores podem ser utilizados em casos onde a presença de um intérprete humano de LS nem sempre é possível, como na internet, por exemplo, ou até mesmo no dia a dia de uma pessoa surda, como em consultas médicas, no atendimento em estabelecimentos ou quando ela vai assistir uma apresentação ao vivo. A principal dificuldade dessa estratégia é garantir que a informação acessível chegue ao usuário da melhor forma possível, e que não perca o sentido da informação original.

Além disso, línguas de sinais são línguas viso-espaciais, ou seja, são percebidas pelos os olhos e são realizadas no espaço por meio de articuladores visuais, tais como mãos, corpo, movimentos e espaço de sinalização [34]. O objetivo desses tradutores será gerar uma tradução semelhante à das LS ou um tipo de saída que possa ser utilizada por um sistema à parte que, apoiado sobre esse resultante inicial, irá gerar a representação da tradução em sinais ou em algo inteligível por quem utiliza a LS. Traduzir língua oral para uma representação em línguas de sinais, como uma sinalização por avatar ou sintetização de vídeo, são formas de um surdo receber informação e se comunicar [40].

Um exemplo de sistema que se utiliza tradução automática e que ajuda na acessibilidade de surdos à informação é a Suíte VLibras [4], que possui versões para *browsers*, computadores pessoais e *smartphones*. O VLibras realiza a tradução de texto em português brasileiro para LIBRAS (Língua Brasileira de Sinais). O resultado da tradução é apresentado por um avatar 3D que realiza a sinalização do conteúdo traduzido para LIBRAS.

Apesar de eficiente, a Suíte VLibras apenas realiza tradução entre um único par de línguas. Pelo projeto possuir código aberto, vislumbra-se a possibilidade de aproveitar sua arquitetura original de tradução automática para que possa ser expandida, possibilitando o suporte à construção de outros tradutores automáticos de LO para LS, e que possam

ser facilmente acoplados à toda Suíte VLibras.

1.1 Objetivo geral

Como esforço para ajudar no combate à marginalização sofrida pelos surdos, o trabalho tem como objetivo geral definir uma arquitetura genérica que facilite a construção de tradutores automáticos *text-to-gloss* de várias línguas orais para várias línguas de sinais.

1.2 Objetivos específicos

Para que a solução proposta tenha êxito, faz-se necessário, portanto, que os seguintes objetivos específicos sejam atingidos:

- Explorar soluções de código aberto que possam contribuir com a definição da arquitetura;
- Modelar da arquitetura definida;
- Construir um tradutor automático de LO para LS a partir da arquitetura;
- Realizar testes do tradutor construído a partir da arquitetura proposta, a fim de provar a funcionalidade da mesma.

1.3 Estrutura da monografia

O trabalho está estruturado da seguinte forma: no Capítulo 1 foi apresentada a motivação do trabalho, ressaltando as dificuldades enfrentadas pelos surdos na comunicação e acesso à informação e a utilização de TICs como um forma de combate a essas dificuldades; no Capítulo 2 são apresentadas as bases teóricas do trabalho, características e formas de transcrição das línguas de sinais, tipos e funcionamento das traduções automáticas; no Capítulo 3 são apresentados trabalhos correlatos à ideia de tradução automática e que serviriam de base para a construção da solução proposta; no Capítulo 4 é descrito o processo de desenvolvimento da solução proposta; no Capítulo 5 são apresentados e discutidos os resultados de uma aplicação prática da solução proposta; e por fim, no Capítulo 6 são discutidos os aspectos da proposta, bem como sugestões de trabalhos futuros.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Esse trabalho está estruturado sobre dois temas principais: línguas de sinais (LS) e tradução automática (TA). Nessa seção serão apresentadas as principais características, conceitos e propriedades de cada um dos temas.

2.1 Línguas de Sinais

Os estudos linguísticos formais das línguas de sinais iniciaram-se com Willian Stokoe na década de 60. Por meio de um estudo que apresentava uma análise descritiva da Língua de Sinais Americana (ASL), Stokoe revolucionou a linguística na época. A partir de então, as línguas de sinais passaram a ser reconhecidas como línguas de fato [35]. Hoje em dia, a língua de sinais é considerada a primeira língua ou a língua materna de muitas pessoas surdas [13].

Embora as línguas orais e as línguas de sinais possam transmitir a mesma informação, essas se diferenciam em relação à modalidade: visual-espacial (ou gesto-visuais) e auditivo-oral, respectivamente [13]. Os gestos representam a ação dos atores que participam da interação por meio da imitação do ato simbolizando as relações com as coisas. As línguas de sinais aproveitam esse potencial dos gestos trazendo-o para dentro da língua, fazendo com que sinais visuais representem palavras envolvendo a organização da língua [35]. Nas línguas orais são utilizadas a garganta, nariz e boca como articuladores, enquanto que nas línguas de sinais utilizam-se dedos, mãos, braços e expressões faciais [3], além de movimento, posição e espaço de sinalização.

As pessoas surdas de uma mesma região irão se comunicar através de línguas de sinais de forma análoga a qualquer outro grupo socio-cultural que utiliza línguas orais [33]. Em outras palavras, as LS não são universais e existem muitas diferenças entre elas, visto que essas variam pela área e cultura, assim como as línguas orais [39]. Além disso, as línguas de sinais podem ser analisadas nos níveis léxico, sintático, semântico e morfológico, e são tão complexas quanto as línguas orais [13].

As LS são tão complexas quanto qualquer outra língua natural humana, pois elas possuem variações linguísticas não só entre comunidades de usuários, mas também quanto aos aspectos fonológico, morfológico, sintático e semântico-pragmático. Quadro et al. [35] enumeram propriedades comuns das línguas humanas e que também estão presentes nas Línguas de Sinais, são elas:

- **Flexibilidade e Versatilidade** - As línguas apresentam várias possibilidades de uso em diferentes contextos;

- **Arbitrariedade** - A palavra é arbitrária pois é sempre uma convenção reconhecida pelos usuários da língua;
- **Descontinuidade** - Diferenças mínimas entre as palavras e os seus significados são descontinuados por meio da distribuição que apresentam nos diferentes níveis linguísticos;
- **Criatividade/Produtividade** - É possível dizer uma mesma informação seguindo um conjunto finito de regras e, a partir delas, produzir sentenças infinitas;
- **Dupla Articulação** - As línguas orais apresentam duas articulações: a primeira é das unidades menores sem significado, e a segunda, das unidades que combinadas formam unidades com significado;
- **Padrão** - As línguas seguem um conjunto de regras definidas por um grupo de pessoas;
- **Dependência Estrutural** - Existe uma relação estrutural entre os elementos da língua.

Apesar das LS serem viso-espaciais, há esforços que buscam representá-las no contexto escrito. Certas formas de representação escrita utilizam símbolos que dificultam a leitura por quem não a conhece, enquanto outras possuem uma escrita mais próxima da utilizada pelas LO. As principais estratégias de representação escrita de línguas de sinais são as seguintes:

- **Notação de Stokoe** - Em seus trabalhos (que iniciaram os estudos das línguas de sinais), Stokoe propôs que os sinais eram compostos de três partes (ou parâmetros), são eles: localização do sinal, forma da mão e movimento. Palma da mão e sinais não-manuais são tratados indiretamente no sistema de Stokoe [44]. Stokoe chamou esses parâmetros de *quiremas*, semelhantes aos fonemas nas LO, que são os menores elementos sonoros que permitem distinguir o significado em palavras. Cada parâmetro possui um conjunto de símbolos para designar suas variações, sendo compostos por letras, número e símbolos especiais.

A Figura 1 é um exemplo da representação de um sinal na notação de Stokoe. Na figura é apresentada a transcrição da palavra *idea* (inglês de “ideia”) em ASL, em que: \cap indica a localização na testa, $|$ representa o formato da mão e \wedge indica o movimento ascendente [44].



Figura 1: Sinal *IDEA* na notação de Stokoe [44]

- **HamNoSys** - O nome HamNoSys é a sumarização de *Hamburg Notation System*. Essa notação foi desenvolvida pelo Grupo de Pesquisa da Universidade de Hamburgo e tem como base os parâmetros da notação proposta por Stokoe. O HamNoSys é uma notação simbólica e capaz de expressar o formato da mão, a orientação da mão, localização, ações, utilização de duas mãos e componentes não-manuais [16].



Figura 2: Descrição da sinalização de *HOUSE* na notação HamNoSys [17]

- **SignWriting**¹ - O SignWriting é um sistema prático de escrita para línguas de sinais, composto por um conjunto intuitivo de símbolos gráfico-semânticos, e de regras simples para serem combinadas com os símbolos para a representação dos sinais. Diferente do HamNoSys, ele não é um sistema para ser utilizado por linguistas em suas representações analíticas de sinais. O SignWriting é essencialmente um sistema concebido para ser utilizados por surdos no seu dia a dia, para os mesmo propósitos que ouvintes utilizam escritas de línguas orais. Assim como as demais representações simbólicas, o sistema se baseia em representar os principais aspectos utilizados nas LS, como a configuração das mãos, o movimento das mãos e dos dedos, a localização, a expressão facial, etc [36].

¹<http://www.signwriting.org/>



Figura 3: Escrita de *BRASIL* na notação SignWriting

- **Glosa** - A glosa é a grafia da palavra, correspondente ao sinal, em letras maiúsculas na língua oral na qual a LS é baseada. Além disso, podem ser acrescentadas algumas marcações não-manuais e alguns usos do espaço de sinalização, que são representados por letras ou números subscritos [25]. A glosa respeita as regras sintáticas e semânticas da LS a qual está associada. Atualmente não há um padrão formal para se escrever a glosa. É comum a modificação dela para a representação dos parâmetros das LS em texto corrido. A glosa é a representação que mais se aproxima da escrita das LO. Até mesmo alguém que não saiba a gramática de uma LS pode compreender a informação.

NUNCA_a IR_b CASA DELE.
(Eu) nunca vou (à) casa dele

Figura 4: Exemplo da representação em glosa da frase “Eu nunca vou à casa dele” [34]

2.2 Tradução Automática

No início da década de 60 havia a expectativa de que os computadores pudessem realizar traduções de uma língua natural para outra, assim como o projeto de Turing foi capaz de “traduzir” mensagens codificadas para mensagens inteligíveis em Alemão. Contudo, por volta de 1966 ficou claro que uma tradução depende do significado da mensagem e de um conhecimento detalhado das palavras, enquanto o quebrador de códigos dependia apenas das propriedades sintáticas da mensagem [37].

Uma tradução manual depende de fatores como uma boa interpretação da informação, um amplo conhecimento da língua de origem e da língua de destino, e que a transmissão da mensagem traduzida não distorça a informação a ponto de mudar o seu significado original. O processo depende de muitos passos inerentes às habilidades e conhecimentos humanos, o que representa um grande desafio para a tradução automática (TA).

O mundo está precisando de tradutores, a quantidade de pares de línguas que precisam de tradução e os tipos de documentos envolvidos crescem constantemente [20]. O uso de TA pode melhorar a qualidade das traduções. Particularmente, no uso de terminologias consistentes dentro de um texto ou para um tipo de cliente em particular, similarmemente, a disponibilidade dos TA faz com que sejam uma alternativa prática para traduções de páginas da *web* e de outros materiais na internet [43].

Neste aspecto, Su e Wu [40] apontam três principais estratégias de tradução automática: Tradução de Máquina Baseada em Regras (RBMT - *Rule-Based Machine Translation*), Tradução de Máquina Estatística (SMT - *Statistical Machine Translation*) e Tradução de Máquina Baseada em Exemplos (EBMT - *Example-Based Machine Translation*). Mais recentemente pode-se observar o crescimento e a utilização de tradutores automáticos que se utilizam da estratégia de Tradução de Máquina Neural (NMT - *Neural Machine Translations*), uma estratégia promissora e com o potencial de lidar com as deficiências dos métodos mais tradicionais [46].

Uma estratégia utilizando RBMT é comumente implementada criando-se uma base de dados com as regras de tradução entre uma língua de origem e uma língua de destino, para serem utilizadas durante o processamento do texto. Quando uma das regras definidas coincide com alguma parte da informação processada, a regra é aplicada. As regras de uma RBMT podem ser em nível léxico, sintático ou semântico. Quando a tradução se atem a aplicar apenas as regras léxicas, o que ocorre é apenas uma substituição das palavras no texto de origem para as suas correspondentes na língua de destino, sem se alterar a estrutura gramatical original. Morrisey [26] classifica esse tipo de tradução como sendo uma Tradução Direta. Com a utilização das regras a nível sintático e semântico, o texto na língua de origem sofre um processamento que gera uma representação sintática (ou semântica). Em seguida, com a utilização das regras de tradução é gerada uma representação textual na língua de destino. Morrisey [26] classifica esse processo como sendo uma Tradução Baseada em Transferência.

Um tradutor automático que utilize uma estratégia SMT irá utilizar dados estatísticos e um modelo probabilístico para a seleção da tradução. Além disso, essa abordagem utiliza a teoria de decisão estatística e aprendizado estatístico [9]. O sistema é treinado utilizando um conjunto de pares de sentenças [9], também chamado de corpus bilíngue, a partir do qual se procura extrair automaticamente o conhecimento necessário (regras de tradução e base de conhecimento) para realizar a tradução [37]. Koehn [21] destaca que um modelo de SMT pode ser construído a nível de palavra (*word-based model*), de frase (*phrase-based model*) ou sintático (*syntax-based model*).

Uma estratégia de TA que opte por utilizar EBMT estará realizando, essencialmente, uma tradução por analogia: dado um texto de entrada na língua de origem e um corpus bilíngue, procurar a frase no corpus que mais se assemelha com o texto de entrada e

definir o texto correspondente na língua de destino como a tradução [8]. A necessidade de se possuir um corpus bilíngue restringe esse tipo de estratégia para sistemas de tradução automática de domínio específico.

A utilização da estratégia de NMT para construção de tradutores automáticos é uma das estratégias mais utilizada na literatura científica atualmente. A NMT é uma nova abordagem para a SMT, mas é puramente baseada em redes neurais [10] e, tal qual uma SMT, necessita de um corpus bilíngue para o treinamento do modelo. Os primeiros trabalhos que trouxeram bons resultados usando essa estratégia foram os trabalhos de Kalchbrenner e Blunsom [19], e Sutskever et al. [11]. Esses trabalhos utilizam um tipo de rede neural conhecida como Rede Neural Recorrente (RNN - Recurrent Neural Network) com arquitetura *encoder-decoder*. Na arquitetura *encoder-decoder*, o *encoder* recebe como entrada um vetor de tamanho variável e extrai uma representação para um vetor de tamanho fixo, que servirá de entrada para o *decoder*, este, por sua vez, irá gerar outro vetor de tamanho variável que corresponde a tradução. Diferentemente dos demais sistemas convencionais de tradução, cada componente do modelo de tradução neural é treinado juntamente para maximizar a qualidade da tradução [10].

Alguns processos como os de pré-processamento e pós-processamento de texto, análise léxica e sintática, adequação semântica e estrutural são comuns nas estratégias de TA convencionais. Como pré e pós-processamento são utilizados para adequar o texto ao modelo de tradução e evitar eventuais erros de tradução e/ou execução, apenas os demais processos serão explorados a seguir.

2.2.1 Análise Léxica e Sintática

Na análise léxica normalmente é aplicado algum algoritmo de *POS tagging* e de tokenização². Os resultados desses dois processos são unidos para a definição de tuplas, cada uma contendo um elemento do texto, palavra ou pontuação, e sua respectiva classe gramatical atribuída no processo de *POS tagging*.

A análise sintática utiliza o resultado da análise léxica e uma descrição da gramática da língua de entrada. Em posse dessas duas informações, tenta-se verificar se o texto está em concordância com a gramática da língua de origem. Nessa etapa também pode-se tentar a geração de uma árvore sintática do texto de entrada, que descreve as suas dependências sintáticas. Os resultantes deste processo serão utilizados como base para a aplicação das Adequações Semânticas e Estruturais.

²*POS Tagging* ou *Part-Of-Speech Tagging* é um processo de atribuição das classes gramaticais de cada palavra de entrada, além de usualmente ser aplicada uma tokenização ao texto [18], separando as palavras e pontuações.

2.2.2 Adequação Semântica e Estrutural

O processo de adaptação morfo-semântica visa aplicar as regras de construção gramatical da língua de destino no texto de entrada, partindo das *tags* gramaticais e da árvore sintática definida na análise léxico-sintática. Há casos onde a geração da árvore sintática não é efetiva, seja pelo fato da frase estar em uma construção sintática errada ou por alguma regra sintática não ter sido descrita, ou ter sido descrita incorretamente. Em todos os casos ainda sim será possível a realização desse processo apenas com a análise léxica, mas não resultará uma tradução tão boa quanto com a presença da árvore sintática.

Essa etapa de adaptação é dividida em operações morfológicas e sintáticas sobre o texto. Algumas dessas operações são: modificação de palavras, remoção de classes gramaticais, conversão de verbos, alteração na ordem de parte de uma sentença, etc. No caso da estratégia de RBMT, tais adaptações utilizam uma descrição estruturada dessas regras de construções gramaticais para a aplicação das mesmas sobre o texto de entrada.

A tradução de língua oral para língua de sinais é tão complexa quanto a tradução entre línguas orais, dada as propriedades das LS que as fazem ser consideradas línguas de fato, e as diversas formas de representação textual das mesmas, o que possibilita a aplicação dos processos de tradução automática textual.

No capítulo seguinte serão apresentados trabalhos relacionados à temática de tradução automática que serviram de embasamento para a solução proposta.

3 TRABALHOS RELACIONADOS

Neste capítulo serão apresentados os principais trabalhos encontrados na literatura científica relacionados a esta proposta. Bungeroth e Ney [9], por exemplo, propõem um tradutor automático utilizando a estratégia de tradução automática estatística para tradução de áudio em alemão para a glosa da Língua Alemã de Sinais (DGS), posteriormente utilizada numa sinalização por um avatar 3D. Os autores alertam para a falta de corpus bilíngue entre alemão e DGS (cerca de 2.000 frases foram utilizadas), o que influencia diretamente na qualidade da tradução final, uma vez que um tradutor SMT necessita de uma grande base de dados para o treinamento. Os autores apresentam vários modelos de SMT testados, como o IBM Model 1-4 [7] e Modelo Oculto de Markov [27], mas nenhum deles teve um resultado muito satisfatório. A falta de corpus de treinamento é apontada como causa da baixa performance da solução.

Almasoud e Al-Khalifa [3] propõem um sistema que se utiliza de uma estratégia de RBMT para a tradução de texto em árabe para a Língua Árábica de Sinais (ArSL). O resultado final da tradução é um texto utilizando a notação do SignWriting. Os autores afirmam que essa estratégia foi escolhida devido a falta de um corpus bilíngue entre árabe e ArSL, e por não haver nenhum outro trabalho seguindo esse caminho de pesquisa. Os trabalhos anteriores de TA para esse escopo apenas faziam a tradução das palavras para a LS sem aplicarem tratamento semântico na tradução, ou seja, apenas realizavam uma tradução direta.

López-Ludeña et al. [23] propõem um sistema de tradução automática de espanhol para a Língua de Sinais Espanhola (LSE). No trabalho foi limitado o escopo de atuação do sistema, se atendo apenas a tradução de diálogos para atendimento em hotéis. O sistema tem como entrada um áudio em espanhol e como saída a sinalização em LS feita por um avatar 3D. Além de um algoritmo de reconhecimento de fala, que traduz o som em texto, o sistema utiliza um tradutor automático híbrido, que se utiliza de mais de uma das estratégias descritas na Seção 2.2 desse presente estudo. Mais especificamente, eles utilizam tradutores que se utilizam das estratégias de EBMT e SMT. Provavelmente essa estratégia foi escolhida devido à baixa quantidade de dados para o treinamento do tradutor, problema que foi alertado no trabalho.

Othman e Jemni [29] apresentam o processo da construção de um tradutor automático de textos em Inglês para a Língua Americana de Sinais (ASL). O sistema proposto por eles utiliza um tradutor automático que se emprega a estratégia de SMT. Para o treinamento foi utilizada uma base de dados que era composta de textos interrogativos. Para fazer um alinhamento das palavras nas duas línguas, foi utilizada um *toolkit* para alinhamento estatístico de palavras chamado GIZA++ [28], e como modelo tradutor automático foi utilizado o MOSES [21].

A Suíte VLibras [4] é o resultado de uma parceria entre o Ministério de Planejamento, Desenvolvimento e Gestão (MP), através da Secretaria de Tecnologia da Informação (STI), e a Universidade Federal da Paraíba (UFPB), através do Laboratório de Aplicações de Vídeo Digital (LAVID). Ela consiste em um conjunto de ferramentas para tradução automática de Português Brasileiro (texto, áudio e vídeo) para a Língua Brasileira de Sinais (LIBRAS), tornando computadores, dispositivos móveis e plataformas Web acessíveis para os surdos. Atualmente, o VLIBRAS é usado em vários sites públicos e privados, dentre eles os principais sites do Governo Brasileiro (brasil.gov.br), da Câmara dos Deputados (camara.leg.br) e do Senado Federal (senado.leg.br)³. Em seu núcleo, a Suíte VLibras utiliza um tradutor automático baseado em regras.

Forcada et al. [14] apresentam o Apertium, uma plataforma gratuita de código aberto para a construção de tradutores automáticos do tipo RBMT. A plataforma originalmente foi construída apenas para a tradução de textos entre Espanhol e Português, mas aos poucos foi se expandindo para outros pares de línguas. O Apertium utiliza transdutores de estados finitos, um tipo de autômato de estado finito que faz o mapeamento entre dois conjuntos de símbolos [3] para o processamento léxico, Modelos Ocultos de Markov [7] para o *POS Tagging* e um autômato finito e de múltiplos estados para separação de elementos para a modificação estrutural. A plataforma utiliza um formato padrão para a codificação dos dados linguísticos necessários. Além disso, possui documentado todos os processos para a preparação dos dados e o treinamento dos módulos necessários.

Apesar de não ser voltado para a tradução de LO para LS, o Apertium é uma solução que se aproxima da proposta do trabalho. Entretanto, a proposta apresenta uma abordagem futura mais ampla, já que uma tradução para língua de sinais necessita não só de uma transcrição, mas também a sinalização da tradução, uma vez que as LS são línguas viso-espaciais. O foco do trabalho é gerar a transcrição dos sinais a partir de um texto em língua oral, que poderá posteriormente ser utilizada em um sistema de sinalização.

Na Tabela 1, é apresentado um resumo das principais características dos trabalhos apresentados neste Capítulo. Conforme pode ser observado, todos os trabalhos atuam apenas na tradução automática para um par de línguas. A solução proposta neste trabalho, no entanto, tem o objetivo de expandir esse escopo de atuação, possibilitando a construção de tradutores de qualquer língua oral para qualquer língua de sinais associada. No capítulo seguinte será abordada a metodologia utilizada para a definição da solução proposta.

³Mais informações podem ser obtidas em <http://www.vlibras.gov.br>.

Tabela 1: Comparação dos trabalhos relacionados a tradução LO-LS

Trabalho	Língua Origem	Língua Destino	Estratégia	Tipo de Entrada	Tipo de Saída
Bungeroth e Ney [9]	Alemão	DGS	SMT	Áudio	Avatar 3D
Almasoud e Al-Khalifa [3]	Árabe	ArSL	RBMT	Texto	Texto em SignWriting
López-Ludeña et al. [23]	Espanhol	LSE	EBMT e SMT	Áudio	Avatar 3D
Othman e Jemni [29]	Inglês	ASL	SMT	Texto	Glosa
Suíte VLibras [4]	Português	LIBRAS	RBMT	Texto, áudio e vídeo	Avatar 3D

4 SOLUÇÃO PROPOSTA

Para a construção da arquitetura do tradutor genérico de texto em língua oral para língua de sinais, foi escolhido como base o sistema da Suíte VLibras [4] apresentado no Capítulo 3. Os principais motivos dessa escolha são pelo fato desse sistema, que utiliza a estratégia RBMT, ser uma plataforma de acessibilidade que está consolidada na sua área e possuir código aberto escrito em Python 2.7, o que possibilita a integração de um novo tradutor ao sistema, reaproveitando toda a cadeia de tradução dele. Como consequência disso, a representação das traduções serão feitas através da glosa, que posteriormente é utilizada no sistema para a interpretação da tradução por meio de um avatar 3D. Um outro motivo que levou a escolha desse trabalho como base diz respeito ao fato de que as traduções *text-to-gloss* carecem de corpus bilíngue grande, o que dificulta a construção de qualquer estratégia que necessite de uma base de dados, empecilho também exposta em alguns dos trabalhos relacionados apresentados no Capítulo 3.

4.1 Tradutor do VLibras

O tradutor utilizado na Suíte VLibras recebe como entrada um texto em português brasileiro e resulta na glosa em LIBRAS correspondente ao texto de entrada.

Na Figura 5 é apresentada uma representação auto-nível da arquitetura atual do tradutor utilizado como base para a construção da proposta. Ele é composto pelas etapas de pré-processamento, análise léxica e sintática (na imagem apresentadas como Classificação Morfológica e Classificação Sintática), adequação semântica e estrutural (na imagem representadas como Adequação Morfológica e Adequação Sintática) e pós-processamento. Além disso, a arquitetura também possui uma base de regras, que é composta pelas regras de tradução entre português e LIBRAS.

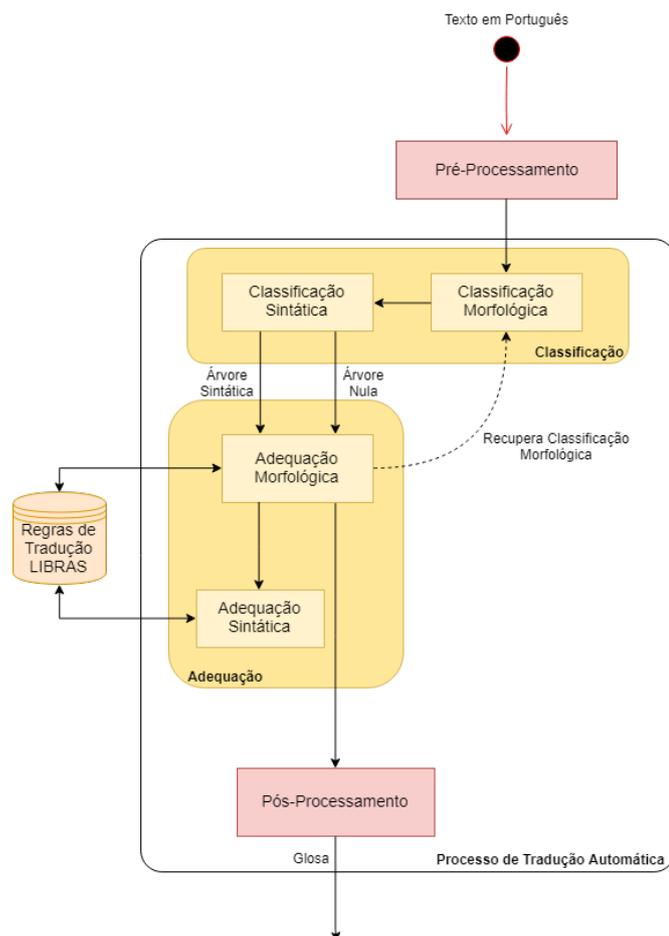


Figura 5: Arquitetura alto-nível do Tradutor do VLibras

No pré-processamento é realizada a codificação do texto de entrada, para tratar eventuais erros de execução decorrentes da utilização de acentuações e caracteres especiais. Para tal, o texto é codificado para o padrão Unicode [12], um padrão adotado mundialmente e que é capaz de representar qualquer caractere das línguas orais escritas. Outro tratamento realizado no pré-processamento é a separação do texto em frases, levando em consideração sinais de pontuação como ponto de período, ponto final, exclamação e interrogação.

Conforme apresentado na Seção 2.2.1, no processo de análise léxica e sintática serão aplicados os subprocessos de *POS Tagging*, tokenização e construção da árvore sintática. No tradutor do VLibras, os procedimentos de *POS Tagging* e tokenização são realizados usando o Aelius [1], um pacote criado para a biblioteca NLTK (*Natural Language Toolkit*) [6] e voltado para o auxílio no processamento de textos em português. Para a construção da árvore sintática é utilizado um arquivo contendo a descrição da gramática da língua portuguesa. Os símbolos não-terminais da gramática são representados pelas etiquetas utilizadas no Aelius. Esse arquivo é usado em conjunto com o NLTK e o resultado do processo anterior de *POS Tagging* e tokenização para a construção da árvore sintática da

sentença. A Figura 6 apresenta graficamente como é uma árvore sintática gerada ao final do processo de análise sintática.

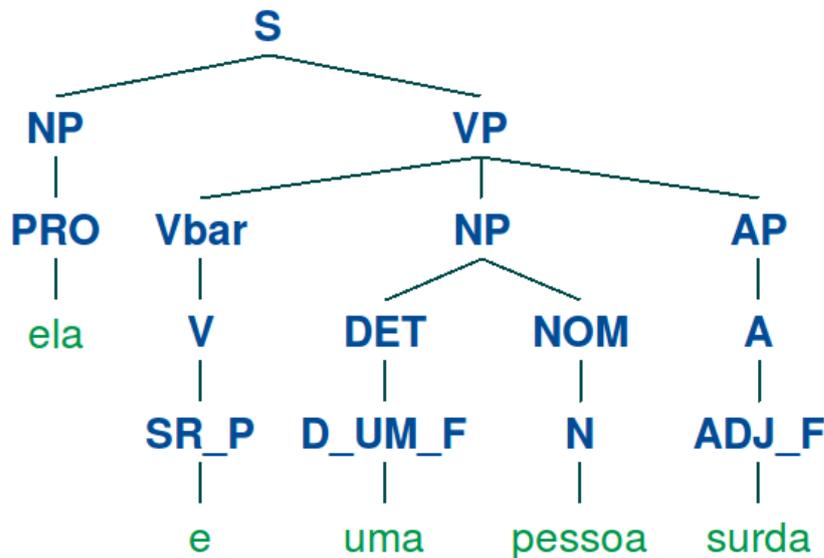


Figura 6: Representação gráfica da árvore sintática da frase “Ela é uma pessoa surda”

Na adequação morfo-sintática, apresentada na Seção 2.2.2 desse trabalho, serão aplicadas de fato as regras de tradução. As regras utilizadas no VLibras são descritas através da linguagem XML, uma linguagem de marcação onde é possível definir dados de uma forma hierárquica e estruturada. Uma regra é composta pela *tag* a qual ela se aplica e a ação que deve ser realizada caso a regra venha a ser aplicada. As ações podem ser em nível morfológico, como a substituição de palavras (trocar o verbo por seu infinitivo ou substituição de uma palavra no plural por seu singular) e em nível semântico, modificação que afetam a árvore sintática como a alteração na posição das palavras em parte da sentença. A Figura 7 apresenta um exemplo das formatação das regras.

```
<rule name = "P"><!-- Eliminar preposição específica -->
<active>true</active>
  <count>1</count>
  <class>
    <title>P</title>
    <specific>x</specific>
    <action>remove</action>
  </class>
</rule>
```

Figura 7: Exemplo de um regra para remoção de preposições (P)

O pós-processamento é realizado para tratar eventuais problemas na tradução,

erros recorrentes ou adaptações. Mesmo um tradutor humano faz adaptações na tradução para simplificá-la ou deixá-la mais condizente com as características culturais da utilização da língua de destino. No caso do tradutor do VLibras, a adaptação realizada no pós-processamento também está relacionada a adaptar a tradução para ser utilizada no sistema que irá fazer a sinalização da tradução por meio de um avatar 3D.

4.2 Generalização da Arquitetura

A partir de uma análise da arquitetura do tradutor automático do VLibras, foram buscados nela pontos que poderiam ser reaproveitados ou estendidos, ou seja, pontos que poderiam ser mantidos e onde seriam possíveis a generalização do processo para permitir o acoplamento de implementações externas. Foi observado que o fluxo de processos e passos utilizados no tradutor do VLibras pode ser mantido para a construção da solução proposta, por exemplo.

As etapas de *POS Tagging* e tokenização não podem ser reaproveitadas, pois o algoritmo se utiliza do Aelius, que serve apenas para processamento de texto em português. Para isso foi necessário fazer uma modificação no código para que fosse possível a integração e seleção dinâmica de outras ferramentas que realizam os mesmos processos para outras línguas orais.

Para a definição da árvore sintática é necessária a criação de um arquivo contendo a formalização da gramática da língua oral de origem, ou seja, cada língua oral necessitará da sua própria descrição de sua gramática utilizando como símbolos não-terminais as etiquetas providas pela ferramenta de *POS Tagging* escolhida para o passo anterior.

No processo de adequação morfossintático, ações mais genéricas como remoção de palavras e alteração de parte da sentença podem ser reaproveitadas completamente. Entretanto as construções das regras dependem da LO de origem e da LS alvo, bem como da ferramenta utilizada para a realização do *POS Tagging*. Além disso, tratamentos específicos como a conversão de um verbo para o seu infinitivo, tratamento de advérbios ou qualquer outra adequação em um nível morfossintático mais preciso demandam a utilização de dicionários auxiliares, os quais são específicos para cada língua oral e precisam ser definidos individualmente para cada LS alvo. É necessário também que a construção da base de regras siga a semântica do XML já utilizada no tradutor automático do VLibras, além do tratamento das ações de cada regra, referentes às características morfossintáticas da língua de sinais alvo.

O pós-tratamento, por sua vez, também está muito ligado à LS de destino. Assim, é necessária a definição de casos específicos de pós-tratamento para a língua de sinais desejada.

Para a realização do processo de generalização da arquitetura do tradutor au-

tomático do VLibras, foram utilizados padrões de projeto como *template* e *factory*, que ajudam a diminuir o acoplamento entre os componentes do código. Tais padrões de projeto permitem a seleção das implementações concretas dos módulos de classificação e adequação morfofossintática, pré e pós-tratamento e de leitura dos dicionários auxiliares de acordo com a língua oral de entrada e a língua de sinais de saída desejadas.

Na Figura 8 é apresentado um fluxo de tradução contendo os módulos abstratos da arquitetura proposta. Nas Figuras 9 e 10 são apresentadas, respectivamente, a arquitetura dos componentes do atual tradutor automático do VLibras e a arquitetura proposta com a utilização dos padrões *template* e *factory* nas abstrações.

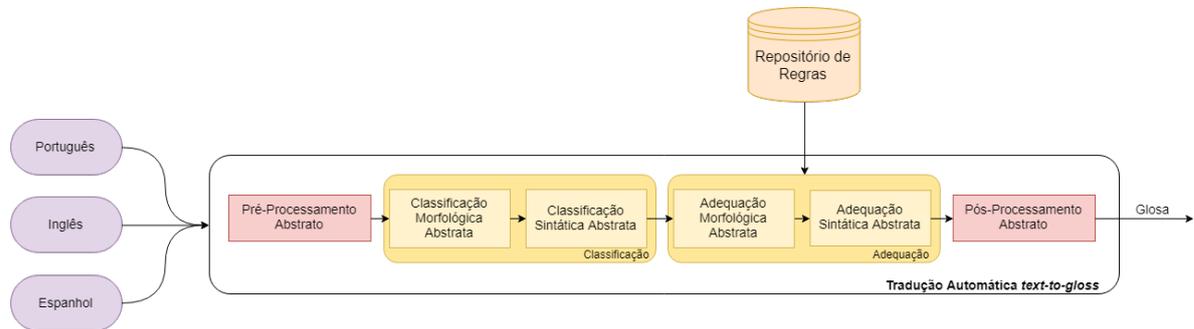


Figura 8: Fluxo abstrato de tradução da solução proposta

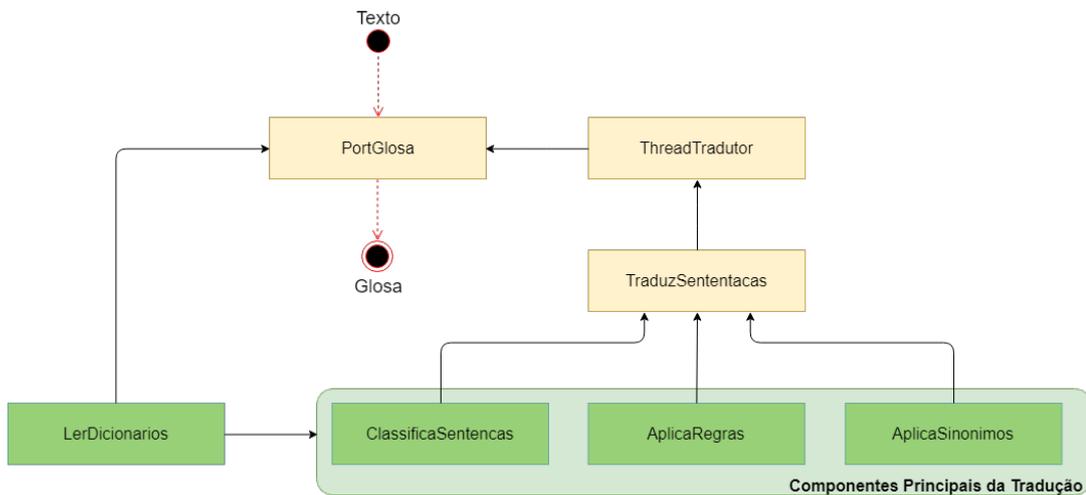


Figura 9: Arquitetura dos componentes do tradutor do VLibras

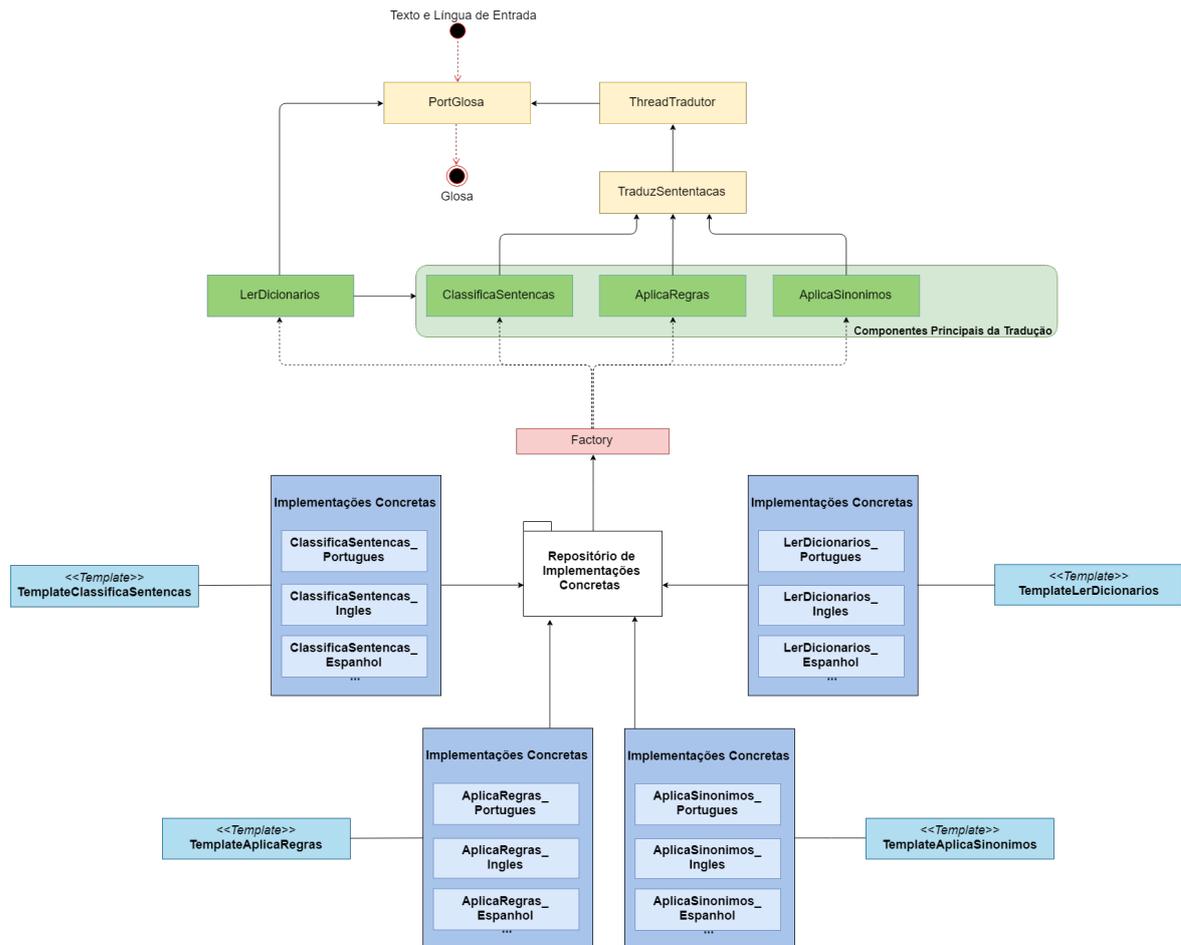


Figura 10: Arquitetura dos componentes da proposta

4.3 Implementação de Um Tradutor Português(Brasileiro)-LIBRAS usando *Deep Learning*

Além da generalização da arquitetura, uma outra abordagem explorada foi a criação de uma arquitetura genérica baseada na estratégia NMT. No entanto, não foram obtidos resultados satisfatórios com essa abordagem.

Como base para essa implementação, foram utilizados os trabalhos de Sutskever et al. [41], Cho et al. [11], Bahdanau et al. [5] e Luong et al. [24], que utilizam o modelo Sequence-to-Sequence para realizar TA entre duas línguas orais.

O modelo Sequence-to-Sequence utiliza uma arquitetura *encoder-decoder*, onde duas redes neurais recorrentes do tipo *long short-term memory* (LSTM) são utilizadas, uma como *encoder* e outra como *decoder*. Uma LSTM é um tipo de RNN com uma memória de valores em relação ao tempo. Uma variação mais avançada de um modelo Sequence-to-Sequence utiliza também o mecanismo de *attention*, utilizado na criação do vetor de contexto, vetor que sumariza toda a informação extraída pelo *encoder* e é utilizado como entrada no *decoder*.

Apesar de ser um modelo eficiente, e dos trabalhos citados trazerem bons resultados, essa estratégia demanda um grande corpus bilíngue para o seu treinamento. Em razão de não haver um corpus bilíngue entre a língua oral e a língua de sinais tão grande quanto os utilizados nos trabalhos referenciais, acredita-se que essa opção de se utilizar a NMT não obteve resultados satisfatórios. A construção de um corpus bilíngue demanda muito tempo, o que inviabilizou a construção de um para ser utilizado no escopo deste trabalho.

No capítulo seguinte será apresentado a avaliação da implementação de um tradutor automático baseado em regras de inglês para ASL, utilizando a arquitetura proposta.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Como forma de validação da solução proposta, foi elaborado e implementado um tradutor *text-to-gloss* preliminar entre as línguas inglês e ASL.

Para a construção do tradutor automático *text-to-gloss* foram utilizadas as observações e a arquitetura genérica apresentados na Seção 4.2 do presente estudo. Na Figura 10, presente na Seção 4.2, é possível observar onde as implementações concretas se encontram na arquitetura.

Nos processos de *POS Tagging* e tokenização foram utilizados módulos padrões do NLTK, que possui um repositório de módulos para o processamento de algumas línguas, dentre elas o inglês. Como o NLTK já é utilizado no VLibras por conta do Aelius e para a construção da árvore sintática, então sua integração foi natural e simplificada.

O processo de análise sintática possui uma grande dificuldade, a necessidade de uma descrição formal da gramática da LO de origem. Com a indisponibilidade dessa descrição formal que se adequasse ao problema. Optou-se por utilizar a gramática da arquitetura original, considerando que as línguas portuguesa e inglesa possuem construções sintáticas semelhantes. Todavia, é necessário que as etiquetas utilizadas no *POS Tagging* sejam as mesmas que são esperadas na descrição da gramática da língua, as *tags* utilizadas pelo Aelius são diferentes das utilizadas por padrão no NLTK. Para sanar esse problema foi necessário a criação de um mapeamento entre as etiquetas utilizadas no NLTK e as equivalentes no Aelius. Quando não foi possível a substituição da etiqueta, considerou-se o valor original, apesar dessa estratégia poder ocasionalmente anular a geração da árvore sintática. Mesmo assim, a proposta ainda pode ser considerada válida, pois a não criação da árvore sintática não inviabiliza a tradução, apenas afeta na qualidade do resultado final. Nas tradução onde não é possível a geração da árvore sintática, apenas a adequação morfológica é realizada. No Apêndice B é apresentado tabela de mapeamento das etiquetas.

As regras de tradução *text-to-gloss* de inglês para ASL foram modeladas num arquivo XML, seguindo o padrão já utilizado no VLibras e exemplificado na Figura 7. Para esse tradutor preliminar apenas algumas regras de adequação morfológica foram modeladas com o auxílio de um especialista em línguas de sinais.

Para o caso das regras às quais as ações necessitavam de um tratamento mais específico, que vão além das operações genéricas abordadas em 4.2, também foram utilizados os módulos do NLTK e dicionários auxiliares. Esse recurso foi utilizado para definir o tratamento de verbos e palavras no plural e identificação de palavras que necessitam de um tratamento específico, por exemplo.

A seguir serão apresentados alguns testes realizados no tradutor automático preli-

minar para tradução inglês-ASL.

5.1 Testes e Resultados do Tradutor Inglês-ASL

Para realizar a validação do tradutor *text-to-gloss* inglês-ASL, construído a partir da arquitetura proposta, foram selecionadas 295 frases em inglês que possuíam sua tradução em glosa ASL feita por um intérprete americano. A base de frases inglês-ASL fazem parte do conjunto de lições do site LifePrint⁴, que possui o intuito de disseminar e facilitar a aprendizagem da ASL. As frases utilizadas se encontram no Apêndice A.

Para avaliar a qualidade das traduções produzidas por esse tradutor preliminar, foram utilizadas duas métricas de comparação textual: BLEU (*Bilingual Evaluation Understudy*) e WER (*Word Error Rate*). Essas métricas foram escolhidas não só por serem as mais utilizadas nos trabalhos sobre tradução automática, mas também por serem as principais métricas utilizadas nos trabalhos referenciais apresentados no Capítulo 3.

A BLEU [30] é uma métrica para a avaliação da qualidade da tradução automática em relação à tradução humana (tradução de referência). Ela utiliza uma precisão variável de *n-gramas* de verificação, *n* candidatos de comparação em relação à tradução de referência. Essa métrica varia de 0 a 1, o valor 1 só é possível se as frases forem exatamente iguais, ou seja, nem a comparação de duas traduções feitas por humanos diferentes necessariamente terá valor máximo na métrica [30].

A WER⁵ mede a relação de erros de inserção, substituição e remoção de palavras entre um texto de hipótese (tradução automática) e a quantidade total de palavras do texto de referência (tradução humana) [31]. Também varia de 0 a 1, onde o valor 0 indica que o texto hipótese não possui nenhum erro em relação ao texto de referência.

O experimento do tradutor *text-to-gloss* foi realizado traduzindo-se as 295 frases previamente selecionadas. Durante essa seleção foram descartadas frases cuja tradução em glosa ASL continham subscritos adicionais relacionados com a expressão não-manual que o intérprete deveria realizar durante a sinalização. Essa triagem se deve pelo fato desse tipo de glosa não ser tratada pelo tradutor original do VLibras. A utilização das frases descartadas acarretaria em resultados errôneos, uma vez que uma informação importante da tradução estaria sendo desconsiderada.

Antes da mensuração das traduções, foi realizado um tratamento das glosas manuais. Os sinais de pontuação como, por exemplo, ponto final/de período, exclamação e interrogação, foram substituídos por [DOT], [EXCLAMATION] e [INTERROGATION], respectivamente. Essas substituições também são realizadas internamente durante a

⁴<http://www.lifeprint.com/asl101/lessons/lessons.htm>

⁵Também é utilizada para avaliação de reconhecimento de áudio, onde a referência é o texto falado e a hipótese é a transcrição desse texto.

tradução, logo o mesmo tratamento foi realizado nas traduções de referência para condizem com a notação utilizada pelo tradutor automático e não causar falsos erros.

Após a configuração e adaptações iniciais, as 295 frases foram traduzidas e aplicadas as métricas BLEU e WER sobre as traduções. Para fins de comparação, também foram geradas as métricas BLEU e WER entre o texto original em inglês e a tradução ASL realizada por um intérprete humano, como uma comparação de uma estratégia utilizando-se da tradução direta. Os resultados são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2: Métricas BLEU e WER da Tradução Automática e da Tradução Direta

		Tradução Automática	Tradução Direta
BLEU	1-gramas	64,26%	51,54%
	2-gramas	42,09%	30,17%
	3-gramas	29,41%	17,44%
	4-gramas	21,06%	10,46%
WER		58,25%	87,99%

5.2 Análise dos Resultados

Como pode ser visualizado na Tabela 2, em todas as métricas o tradutor automático utilizando a arquitetura proposta foi superior à tradução direta. Pode-se observar que o valor médio da métrica WER foi de 58,25% para a solução proposta, ou seja, em média as frases traduzidas automaticamente estão 58,25% erradas em relação à tradução humana, levando em consideração os parâmetros de inserção, alteração e remoção de palavras. Comparando-se com tradução direta, a tradução automática foi em média aproximadamente 30 pontos percentuais melhor.

Os valores da métrica BLEU, para a precisão de 1-gramas, a tradução automática obteve um valor médio de 64,26%, ao contrário da WER, a BLEU é uma métrica que avalia a semelhança das traduções. Para a precisão de 4-gramas o valor médio foi de 21,06%, considerando que as frases utilizadas não são muito grandes, essa precisão leva em consideração toda ou boa parte das sentenças.

Algo que deve ter impactado bastante nos valores das métricas foi a falta de implementação de adaptações e adequações sintáticas e semânticas, além de um pós-processamento mais abrangente. Vale ressaltar que as traduções manuais também podem possuir modificações realizadas pelo intérprete humano, como a substituição por sinônimos.

No trabalho desenvolvido por Lima et al. [22] são apresentadas melhorias ao tra-

dutor do VLibras originalmente proposto por Araújo et al. [4]. Nesse trabalho é mostrado que a adição de adequação e adaptações sintáticas e semânticas têm um grande impacto positivo na qualidade da tradução final.

Esse teste serve mais pra demonstrar que a utilização da solução é viável e passível de apresentar resultados satisfatórios. Su e Wu [40] afirmam que apenas a utilização dessas métricas objetivas não é suficiente para se aferir a qualidade de uma tradução automática para uma língua de sinais, pois elas são línguas viso-especiais. Por isso, para uma conclusão decisiva quanto à qualidade das traduções automáticas geradas, seria necessário testes com usuários da LS alvo.

6 CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

Nesse trabalho foi apresentada uma proposta de arquitetura flexível que facilita a criação de tradutores automáticos baseados em regras para traduções *text-to-gloss*. Para isso, utilizou-se como base o tradutor automático usado na Suíte VLibras, um sistema consolidado e que possibilita a tradução de texto, áudio e vídeo em língua portuguesa para a Língua Brasileira de Sinais (LIBRAS).

O presente trabalho teve como um de seus objetivos a exploração de soluções de código aberto voltados para a problemática de tradução automáticas para auxiliar na definição da arquitetura. A solução escolhida foi a Suíte VLibras, a qual possui um tradutor automático baseado em regras e serviu como base para a modelagem da arquitetura proposta no trabalho. Outro objetivo diz respeito à construção de um tradutor automático a partir da solução proposta, o que foi atingido com a criação de um tradutor automático baseado em regras para traduções de texto em inglês para glosa ASL, bem como o teste por meio de 295 frases e a avaliação das traduções desse tradutor automático através das métricas de objetivas como BLEU e WER, que apresentaram resultados razoáveis, apesar do tradutor automático não ter sido implementado por completo.

Como contribuição desse trabalho, destaca-se que a arquitetura proposta pode ser utilizada para a construção de tradutores automáticos entre quaisquer LO e LS associada. Além disso, possibilita a integração desses tradutores com a arquitetura geral da Suíte VLibras, aproveitando-se dos sistemas que a acompanham, como o sistema de sinalização por avatar 3D.

Como proposta de trabalhos futuros, pretende-se completar as partes faltantes no tradutor automático inglês-ASL e testar suas traduções com usuários, a fim de ser ter uma avaliação qualitativa de sua tradução. Propõe-se também a construção de corpus bilíngues que auxiliem o desenvolvimento da estratégia NMT, que está sendo a principal opção dos melhores tradutores automáticos disponíveis.

REFERÊNCIAS

- [1] Alencar, L. F.: *Aelius: uma ferramenta para anotação automática de corpora usando o NLTK*. IX Encontro de Linguística de Corpus. Porto Alegre: [s.n.], 2010. Accessed 30-Nov-2015.
- [2] Allauzen, Cyril e Mehryar Mohri: *Efficient algorithms for testing the twins property*. Journal of Automata, Languages and Combinatorics, 8(2):117–144, 2003.
- [3] Almasoud, Ameera M e Hend S Al-Khalifa: *A proposed semantic machine translation system for translating Arabic text to Arabic sign language*. Em *Proceedings of the Second Kuwait Conference on e-Services and e-Systems*, página 23. ACM, 2011.
- [4] Araújo, Tiago Maritan Ugulino de: *Uma solução para geração automática de trilhas em Língua Brasileira de Sinais em conteúdos multimídia*. 2012.
- [5] Bahdanau, Dzmitry, Kyunghyun Cho e Yoshua Bengio: *Neural machine translation by jointly learning to align and translate*. arXiv preprint arXiv:1409.0473, 2014.
- [6] Bird, Steven e Edward Loper: *NLTK: the natural language toolkit*. Em *Proceedings of the ACL 2004 on Interactive poster and demonstration sessions*, página 31. Association for Computational Linguistics, 2004.
- [7] Brown, Peter F, Vincent J Della Pietra, Stephen A Della Pietra e Robert L Mercer: *The mathematics of statistical machine translation: Parameter estimation*. Computational linguistics, 19(2):263–311, 1993.
- [8] Brown, Ralf D: *Example-based machine translation in the pangloss system*. Em *Proceedings of the 16th conference on Computational linguistics-Volume 1*, páginas 169–174. Association for Computational Linguistics, 1996.
- [9] Bungeroth, Jan e Hermann Ney: *Statistical sign language translation*. Em *”Workshop on the representation and processing of sign languages, held in conjunction with the 4th international conference on language resources and evaluation”*, páginas 105–108. Citeseer, 2004.
- [10] Cho, Kyunghyun, Bart Van Merriënboer, Dzmitry Bahdanau e Yoshua Bengio: *On the properties of neural machine translation: Encoder-decoder approaches*. arXiv preprint arXiv:1409.1259, 2014.
- [11] Cho, Kyunghyun, Bart Van Merriënboer, Caglar Gulcehre, Dzmitry Bahdanau, Fethi Bougares, Holger Schwenk e Yoshua Bengio: *Learning phrase representations using RNN encoder-decoder for statistical machine translation*. arXiv preprint arXiv:1406.1078, 2014.

- [12] Consortium, The Unicode: *The Unicode® Standard Version 8.0 – Core Specification*. The Unicode Consortium, Mountain View, CA, 2015.
- [13] Corrêa, Ygor, Rafael Peduzzi Gomes e Carina Rebello Cruz: *A desambiguação de palavras homônimas em sentenças por aplicativos de Tradução Automática Português Brasileiro-Libras*. *Trabalhos em Linguística Aplicada*, 57(1):319–351, 2018.
- [14] Forcada, Mikel L, Mireia Ginestí-Rosell, Jacob Nordfalk, Jim O’Regan, Sergio Ortiz-Rojas, Juan Antonio Pérez-Ortiz, Felipe Sánchez-Martínez, Gema Ramírez-Sánchez e Francis M Tyers: *Apertium: a free/open-source platform for rule-based machine translation*. *Machine translation*, 25(2):127–144, 2011.
- [15] Guarinello, Ana Cristina: *O papel do outro na escrita de sujeitos surdos*. Plexus Editora, 2007.
- [16] Hanke, Thomas: *HamNoSys-representing sign language data in language resources and language processing contexts*. Em *LREC*, volume 4, páginas 1–6, 2004.
- [17] Hanke, THOMAS: *HamNoSys–Hamburg Notation System for Sign Languages*. Institute of German Sign Language, Accessed in, 7, 2010.
- [18] Jurafsky, Daniel e James H. Martin: *Speech and Language Processing 2ed*. Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ, USA, 2016.
- [19] Kalchbrenner, Nal e Phil Blunsom: *Recurrent continuous translation models*. Em *Proceedings of the 2013 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing*, páginas 1700–1709, 2013.
- [20] Kay, Martin: *The proper place of men and machines in language translation*. *machine translation*, 12(1-2):3–23, 1997.
- [21] Koehn, Philipp: *Statistical machine translation*. Cambridge University Press, 2009.
- [22] Lima, Manuella A.C.B., Tiago M.U. de Araújo e Erickson S. de Oliveira: *Incorporation of Syntactic-Semantic Aspects in a LIBRAS Machine Translation Service to Multimedia Platforms*. Em *Proceedings of the 21st Brazilian Symposium on Multimedia and the Web, WebMedia ’15*, páginas 133–140, New York, NY, USA, 2015. ACM, ISBN 978-1-4503-3959-9. <http://doi.acm.org/10.1145/2820426.2820434>.
- [23] López-Ludeña, Verónica, Carlos González-Morcillo, Juan Carlos López, Emilio Ferreira, Javier Ferreiros e Rubén San-Segundo: *Methodology for developing an advanced communications system for the Deaf in a new domain*. *Knowledge-Based Systems*, 56:240–252, 2014.

- [24] Luong, Minh Thang, Hieu Pham e Christopher D Manning: *Effective approaches to attention-based neural machine translation*. arXiv preprint arXiv:1508.04025, 2015.
- [25] McCleary, Leland e Evani Viotti: *Transcrição de dados de uma língua sinalizada: um estudo piloto da transcrição de narrativas na língua de sinais brasileira (LSB)*. Bilinguismo e surdez. Questões linguísticas e educacionais. Goiânia: Câne Editorial, páginas 73–96, 2007.
- [26] Morrissey, S.: *Data-driven machine translation for sign languages*. Dublin City University, Dublin, Irlanda, 2008.
- [27] Och, Franz Josef e Hermann Ney: *A comparison of alignment models for statistical machine translation*. Em *Proceedings of the 18th conference on Computational linguistics-Volume 2*, páginas 1086–1090. Association for Computational Linguistics, 2000.
- [28] Och, Franz Josef e Hermann Ney: *A Systematic Comparison of Various Statistical Alignment Models*. Computational Linguistics, 29(1):19–51, 2003.
- [29] Othman, Achraf e Mohamed Jemni: *Statistical sign language machine translation: from english written text to american sign language gloss*. arXiv preprint arXiv:1112.0168, 2011.
- [30] Papineni, Kishore, Salim Roukos, Todd Ward e Wei Jing Zhu: *BLEU: a method for automatic evaluation of machine translation*. Em *Proceedings of the 40th annual meeting on association for computational linguistics*, páginas 311–318. Association for Computational Linguistics, 2002.
- [31] Park, Youngja, Siddharth Patwardhan, Karthik Visweswariah e Stephen C Gates: *An empirical analysis of word error rate and keyword error rate*. Em *Ninth Annual Conference of the International Speech Communication Association*, 2008.
- [32] Peixoto, Renata Castelo: *A Língua de Sinais Constituinte o Surdo como Sujeito*. Em *Educação & Sociedade*, volume 26, páginas 205–229. 2006.
- [33] Pontes, Adéle Malta e Afonso Inácio Orth: *Uma proposta de interface de software orientada à linguagem de sinais*. Em *Anais. II Workshop sobre Fatores Humanos em Sistemas Computacionais. Campinas: Unicamp*, páginas 1–6, 1999.
- [34] Quadros, R. M. e L. B. Karnopp: *Língua de sinais brasileira: estudos linguísticos*. Artmed, Porto Alegre:RS, 2004.
- [35] Quadros, Ronice Muller de, Aline Lemos Pizzio e Patrícia Luiza Ferreira Rezende: *Língua Brasileira de Sinais I*.

- [36] Rocha Costa, Antônio Carlos da e Graçaliz Pereira Dimuro: *Sign Writing-Based Sign Language Processing*. Em *International Gesture Workshop*, páginas 202–205. Springer, 2001.
- [37] Russel, S. J. e P. Norvig: *Inteligência Artificial*. Elsevier, Rio de Janeiro:RJ, 2004.
- [38] Santana, Ana Paula: *Surdez e linguagem*. Grupo Editorial Summus, 2007.
- [39] Shoaib, Umar, Nadeem Ahmad, Paolo Prinetto e Gabriele Tiotto: *Integrating multiwordnet with Italian sign language lexical resources*. *Expert Systems with Applications*, 41(5):2300–2308, 2014.
- [40] Su, H. Y. e C. H. Wu: *Improving Structural Statistical Machine Translation for Sign Language with Small Corpus Using Thematic Role Templates As Translation Memory*. *Trans. Audio, Speech and Lang. Proc.*, 17(7):1305–1315, setembro 2009, ISSN 1063-6676. <http://dx.doi.org/10.1109/TASL.2009.2016234>.
- [41] Sutskever, Ilya, Oriol Vinyals e Quoc V Le: *Sequence to sequence learning with neural networks*. Em *Advances in neural information processing systems*, páginas 3104–3112, 2014.
- [42] Toscano, Liliane Correia, Brito Dizeu e Sueli APARECIDA Caporali: *A Língua de Sinais Constituindo o Surdo como Sujeito*. Em *Educação & Sociedade*, volume 26, páginas 583–597. 2005.
- [43] Trujillo, Arturo: *Translation engines: techniques for machine translation*. Springer Science & Business Media, 2012.
- [44] Valli, Clayton e Ceil Lucas: *Linguistics of American sign language: an introduction*. Gallaudet University Press, 2000.
- [45] Veríssimo, Vinícius, Manuella Aschoff, Rostand Costa, Tiago Maritan, Suanny Vieira e Alexandre Santos: *A Flexible Architecture for Building Ruled-Based Text-to-Gloss Machine Translators: Extended Abstract*. Em *Proceedings of the 23rd Brazilian Symposium on Multimedia and the Web*, WebMedia '17, páginas 473–480, New York, NY, USA, 2017. ACM, ISBN 978-1-4503-5096-9. <http://doi.acm.org/10.1145/3126858.3126860>.
- [46] Wu, Yonghui, Mike Schuster, Zhifeng Chen, Quoc V Le, Mohammad Norouzi, Wolfgang Macherey, Maxim Krikun, Yuan Cao, Qin Gao, Klaus Macherey *et al.*: *Google's neural machine translation system: Bridging the gap between human and machine translation*. arXiv preprint arXiv:1609.08144, 2016.

**APÊNDICE A - Frases Utilizadas nos Testes do Tradutor
Automático *text-to-gloss* Inglês-ASL**

Inglês	Glosa ASL
What is your name?	YOU NAME?
Are you Deaf?	DEAF YOU?
Are you a student?	STUDENT YOU?
What is your teacher's name?	YOUR TEACHER NAME 'HUH'?
Do you understand her?	YOU UNDERSTAND SHE?
Do you understand him?	YOU UNDERSTAND HE?
Who is he?	WHO HE?
Who is she?	WHO SHE?
What is your name again?	AGAIN, NAME YOU?
Is this yours?	THIS YOUR?
Are you a hearing person?	HEARING YOU?
Where are you learning sign?	YOU LEARN SIGN, WHERE?
Why are you learning sign?	YOU LEARN SIGN, WHY?
Is he a student?	STUDENT, HE?
Is she a student?	STUDENT, SHE?
Are they learning sign language?	THEY LEARN SIGN?
Who is your teacher?	YOUR TEACHER, WHO?
Do you like learning sign language?	YOU LIKE LEARN SIGN?
Hey, what's your name?	HEY, NAME YOU?
Are you married?	YOU MARRIED?
Do you have children?	CHILDREN YOU?
How-many sisters do you have?	HOW-MANY SISTER YOU?
What is your mom's name?	YOUR MOM NAME 'HUH'?
Is your dad deaf?	YOUR DAD DEAF?
Where do you work?	YOU WORK WHERE?
Where do you live?	YOU LIVE WHERE?
Are you divorced?	YOU DIVORCED YOU?
How many brothers do you have?	HOW-MANY BROTHER YOU?
Is your sister single?	YOUR SISTER SINGLE?
Spell your dad's name slowly.	YOUR DAD NAME, SPELL SLOW.
Did you meet my brother?	You-MEET MY BROTHER YOU?
Where do you live?	YOU LIVE WHERE?
Do you have a sister?	YOU HAVE SISTER?
Is this yours?	THIS YOUR?
What city do you live in?	CITY YOU LIVE?
Do you like learning sign?	YOU LIKE LEARN SIGN?
Is your house big?	YOUR HOUSE BIG?
How many children do you have?	YOU CHILDREN, HOW-MANY?
How many bathrooms do you have in your house?	YOUR HOUSE, BATHROOM HOW-MANY?
Do you like your work?	YOU LIKE YOUR WORK?

Do you think I sign well?	YOU THINK I SIGN GOOD?
Who is he?	HE WHO?
Where are you from?	FROM WHERE YOU?
Do you live here?	YOU LIVE HERE?
Is anyone in your family deaf?	FAMILY DEAF?
Is your house small?	YOUR HOUSE SMALL?
Do you want more children?	WANT MORE CHILDREN YOU?
Do you go to school?	YOU GO SCHOOL YOU?
Do you need to go to the bathroom?	YOU NEED BATHROOM?
Do you think I sign bad?	YOU THINK I SIGN BAD?
Do you need help learning sign language?	LEARN SIGN, NEED HELP YOU?
What is your favorite color?	YOUR FAVORITE COLOR, WHAT?
Name something that is black and white.	NAME SOMETHING ITSELF BLACK WHITE.
Do you like the color brown?	YOU LIKE COLOR BROWN?
Do you draw well?	YOU DRAW GOOD?
Are your parents divorced?	YOUR PARENTS DIVORCE?
Do you think that someday you will teach ASL?	YOU THINK FUTURE YOU TEACH ASL?
Is your chair green?	YOUR CHAIR GREEN?
How old are you?	how-OLD YOU?
In what city do you live?	CITY YOU LIVE?
How long have you lived there?	HOW-LONG YOU LIVE INDEX-there?
Do you want to go home now?	YOU WANT GO HOME NOW?
What color is your paper?	YOUR PAPER, WHAT COLOR?
Have you ever lived in a big city?	YOU LIVE BIG CITY PAST YOU?
Do you like red cars?	YOU LIKE RED CAR?
Are you going to school tomorrow?	TOMORROW YOU GO SCHOOL?
How many years have you lived here?	YOU LIVE HERE HOW-MANY YEAR?
Do you like to eat green apples?	APPLE, GREEN, YOU LIKE EAT?
Do you like cookies and milk?	YOU LIKE COOKIES WITH MILK?
How many cups of water do you drink daily?	WATER YOU DRINK EVERYDAY, CUP HOW-MANY YOU?
What is your favorite food?	YOUR FAVORITE FOOD WHAT?
Are you hungry?	HUNGRY YOU?
Do you like to eat popcorn at the movies?	SUPPOSE YOU GO MOVIE, YOU LIKE EAT POPCORN?
Do you like to eat red apples?	APPLE, RED, YOU LIKE EAT YOU?
Does your sister like eggs?	YOUR SISTER LIKE EGG?
If you eat three hamburgers will you be full?	SUPPOSE YOU EAT 3 HAMBURGER, WILL FULL YOU?
Do you have a backpack?	BACKPACK, YOU HAVE?
What color is your belt?	YOUR BELT, COLOR?
When do you change clothes?	YOU CHANGE CLOTHES, WHEN?
Where should we put dirty clothes?	CLOTHES DIRTY, SHOULD PUT WHERE?

Who in this room has glasses?	WHO THIS ROOM HAVE GLASSES?
Who has a hearing aid?	HEARING-AID, WHO HAVE?
Do you like doing laundry?	YOU LIKE WASHING-MACHINE CLOTHES?
Spell the word "pants".	"PANTS", SPELL.
How many pairs of shoes do you have?	SHOES, YOU HAVE HOW-MANY?
What color are your socks?	YOUR SOCKS, COLOR?
Do you think children should change their underwear everyday?	YOU THINK CHILDREN SHOULD CHANGE UNDERWEAR DAILY?
Does your backpack have a zipper?	YOUR BACKPACK HAVE ZIP?
Do you live in a basement apartment?	YOU LIVE BASEMENT APT?
Which do you prefer, taking a bath or taking a shower?	BATH, SHOWER, YOU PREFER WHICH?
What color is your couch?	YOUR COUCH, COLOR?
What color is that table?	THAT TABLE, COLOR?
Would you rather cook using a stove or a microwave?	YOU PREFER STOVE, MICROWAVE, WHICH?
What color is your fridge?	YOUR REFRIGERATOR, WHAT COLOR?
Have you ever been in an ambulance?	AMBULANCE, BEFORE YOU?
Why do deaf people tend to gather in the kitchen?	WHY DEAF PREFER KITCHEN?
Is there a window in your bedroom?	YOUR BEDROOM HAVE WINDOW?
How many bathrooms are there in your house?	YOUR HOUSE, HOW-MANY BATHROOM?
Do cats like to eat birds?	CAT LIKE EAT BIRD?
Do fish like to eat bugs?	FISH LIKE EAT BUG?
What do dogs like to chase?	NAME SOMETHING DOG CHASE?
Do you have a pet?	HAVE PET YOU?
Do some cats like water?	SOME CAT LIKE WATER?
Do you want a horse?	HORSE, YOU WANT?
Do you look like your father?	YOU LOOK-LIKE YOUR DAD?
Do birds like to eat fish?	BIRD LIKE EAT FISH?
Do horses like to eat fish?	HORSE LIKE EAT FISH?
Is your bedroom upstairs?	YOUR BEDROOM UPSTAIRS?
Tell me how you feel.	TELL-me HOW YOU FEEL.
Do you think a cow would make a good pet?	YOU THINK COW GOOD PET?
What is your favorite book?	YOUR FAVORITE BOOK, NAME?
Do you always go to class on time?	YOU GO CLASS ON TIME ALWAYS?
Do you have a cat and a dog?	YOU HAVE DOG AND CAT YOU?
Is anyone in your family deaf?	ANY YOUR FAMILY DEAF?
Are you going back home after class?	CLASS FINISH, BACK HOME YOU?
Are you able to use the phone?	PHONE, CAN YOU?

Name a book that you think is wonderful.	BOOK YOU THINK WONDERFUL, NAME.
Is your bedroom a little bit dirty?	YOUR BEDROOM DIRTY LITTLE-BIT?
Do you know how to make soup?	SOUP, YOU KNOW HOW MAKE?
You never eat candy?	YOU NEVER EAT CANDY YOU?
Do you have a new car?	NEW CAR HAVE YOU?
Would you rather have pizza or a hamburger?	YOU PREFER PIZZA OR HAMBURGER?
Do you like to meet new people?	YOU LIKE MEET NEW PEOPLE YOU?
When do you feel anxious?	YOU FEEL ANXIOUS, WHEN?
Do you like to chat with deaf people?	YOU LIKE CHAT-WITH DEAF?
Do you like to learn new things?	LEARN NEW THING YOU LIKE?
Do you work in the afternoon?	AFTERNOON WORK YOU?
Did you brush your teeth today?	TODAY YOU FINISH BRUSH-TEETH YOU?
Do you think life is fair for all people?	YOU THINK LIFE FAIR ALL PEOPLE?
Do you shower everyday?	EVERYDAY YOU SHOWER?
How many hours are in a day?	HOW-MANY HOUR EQUAL ONE DAY?
How many minutes are in an hour?	HOW-MANY MINUTE EQUAL ONE-HOUR?
How many days are in a month?	HOW-MANY DAY EQUAL ONE MONTH?
How many months are in a year?	HOW-MANY MONTH EQUAL ONE YEAR?
Do you like Mondays?	YOU LIKE MONDAY?
Why are Tuesday nights a good time to go to the movies? I'm going to a party Saturday night. Do you want to go with me?	MOVIE, GO TUESDAY NIGHT, GOOD, WHY? SATURDAY NIGHT, I GO PARTY, WANT ACCOMPANY-me?
How many days are in a week?	ONE WEEK HAVE HOW-MANY DAYS?
Which days are you in school?	YOU SCHOOL WHICH DAY?
On which day do people go to church?	PEOPLE GO CHURCH, WHICH DAY?
How many times did you eat yesterday?	YESTERDAY, HOW-MANY TIME YOU EAT?
Are you coming to school next week?	NEXT-WEEK YOU COME SCHOOL?
Do you like to read research articles?	RESEARCH ARTICLE, YOU LIKE READ?
Is your television close-captioned?	YOUR TV CLOSE-CAPTIONED?
Did your dad go to college?	YOUR DAD COLLEGE?
Are you attending Gallaudet?	YOU GALLAUDET YOU?

Do you want to be an interpreter?	WANT BECOME INTERPRETER YOU?
Do you think hard-of-hearing people should marry Deaf people or hearing people?	YOU THINK HARD-OF-HEARING SHOULD MARRY DEAF O-R HEARING?
When did you graduate high school?	HIGH-SCHOOL, YOU GRADUATE WHEN?
Do you think this class is hard?	YOU THINK THIS CLASS HARD?
Why do Deaf college students sometimes use note-takers?	DEAF COLLEGE STUDENT SOMETIMES USE NOTE-TAKER, WHY?
Do you like to watch close-captioned movies?	WATCH MOVIE, YOU LIKE CLOSE-CAPTION?
Do you like TRUE/FALSE tests?	TRUE FALSE TEST, YOU LIKE?
Do you like to write research papers?	RESEARCH PAPER, YOU LIKE WRITE?
Why does the teacher flash the lights?	TEACHER LIGHTS-FLASH, WHY?
Do you have a list of interpreters?	INTERPRETER LIST, YOU HAVE?
How many did you miss on the previous test you took in this class?	PAST TEST THIS CLASS YOU WRONG how-MANY?
When did you graduate from college?	COLLEGE, YOU GRADUATE WHEN?
Do you think this class is easy?	YOU THINK THIS CLASS EASY?
Did you attend a residential school for the Deaf?	DEAF-SCHOOL YOU?
Do you like cold weather?	COLD WEATHER, YOU LIKE?
Does it snow here in the winter?	WINTER HERE SNOW?
Do you think it will freeze tonight?	YOU THINK TONIGHT FREEZE?
If you work, how many days of sick-leave do you get?	WORK YOU? SICK DAY VACATION YOU CAN HOW-MANY?
Do you like warm cookies and milk?	WARM COOKIE AND MILK, YOU LIKE?
Do you like to sleep in?	SLEEP-IN, YOU LIKE?
Do you like hot weather?	HOT WEATHER, YOU LIKE?
Do you think bed rest will help when you are sick?	SUPPOSE SICK, YOU THINK GO-TO-BED HELP?
What is your favorite time of year?	YOUR FAVORITE TIME YEAR WHAT?
Do you feel sick?	FEEL SICK YOU?
Is your refrigerator full?	YOUR REFRIGERATOR FULL?
Do you like cold pizza?	COLD PIZZA, YOU LIKE?
What are you majoring in?	YOUR MAJOR WHAT?
Does your teacher have an aide?	YOUR TEACHER HAVE AIDE?
Do you use a babysitter?	YOU USE BABYSITTER?
What is your boss's name?	YOUR BOSS NAME?
Do you like to cook?	YOU LIKE COOK?
Was your grandpa a farmer?	YOUR GRANDPA FARMER?

If your dad were divorced and re-married, what relationship would the new wife be to you?	SUPPOSE YOUR DAD DIVORCE, MARRY NEW WOMAN, SHE YOUR WHAT?
What is your neighbor's name?	YOUR NEIGHBOR NAME, WHAT?
Do you have a picture of your family?	PICTURE YOUR FAMILY YOU HAVE?
Who is president of the United States?	U-S, PRESIDENT, WHO?
What does the sign "stepfather" mean?	STEPFATHER, MEANING?
How many brothers-in-law do you have?	BROTHER-IN-LAW YOU HAVE, HOW-MANY?
How much should you tip a waitress?	WAITRESS, HOW-MUCH SHOULD T-I-P?
Do you like to read the newspaper?	NEWSPAPER, YOU LIKE READ?
Which computer program or programs do you use?	WHICH COMPUTER PROGRAM YOU USE?
Do you wish you had your own secretary?	YOU WISH YOURSELF HAVE SECRETARY?
Would you wait a half-hour if the teacher doesn't come?	SUPPOSE TEACHER NOT COME, WAIT 1/2-HOUR YOU?
Do you have a doctor's appointment?	DOCTOR APPOINTMENT, YOU HAVE?
Which do you like best, spring, summer, or fall?	WHICH YOU LIKE BEST, SPRING, SUMMER, FALL?
Who do you think makes a better teacher, a woman or a man?	WHO YOU THINK BETTER DRIVER, WOMAN, bodyshift-OR MAN?
What did you do last weekend?	PAST WEEKEND DO-what?
How many pairs of shoes do you have?	SHOES, YOU HAVE, HOW-MANY?
Who was the last child in your family?	YOUR FAMILY, LAST CHILD WHO?
What is your last class today?	TODAY, YOUR LAST CLASS WHAT?
Are you always late to class?	LATE CLASS ALWAYS YOU?
Do you know where the center for the deaf is?	YOU KNOW WHERE DEAF CENTER YOU?
Who does most of the cooking in your family?	YOUR FAMILY, WHO COOK MOST?
What class do you have next?	YOUR NEXT CLASS WHAT?
Haven't you changed your hearing-aid battery yet?	HEARING-AID BATTERY, YOU NOT-YET CHANGE YOU?
How often do you go to the library?	LIBRARY, HOW OFTEN YOU GO?
Will you be graduating soon?	YOU GRADUATE SOON YOU?
Do you like bananas?	YOU LIKE BANANA?
Which do you prefer to drink, water, milk, pop, or beer?	WATER, MILK, POP, BEER, YOU PREFER DRINK WHICH YOU?
What did you have for breakfast?	NOW-MORNING EAT WHAT?
What did you have for dinner yesterday?	YESTERDAY NIGHT EAT WHAT?
Do you like a lot of salt on your French fries?	YOUR FRENCH-FRIES, YOU SALT A-LOT?
How do you make French toast?	FRENCH-TOAST, HOW MAKE?

How often do you often eat grapes?	GRAPES, YOU EAT HOW OFTEN YOU?
Do you like ketchup on your eggs?	SUPPOSE EAT EGG, LIKE KETCHUP YOU?
Do you want mustard on your hotdog?	YOUR HOTDOG, WANT MUSTARD YOU?
Would you like pancakes and sausage for breakfast tomorrow?	TOMORROW BREAKFAST YOU WANT PANCAKE AND SAUSAGE-[hotdog]?
Do you like pepper in your soup?	SOUP, YOU LIKE PEPPER?
Do you like pickles on your hamburger?	YOUR HAMBURGER, YOU LIKE PICKLE?
Would you like soup and salad for lunch tomorrow?	TOMORROW EAT NOON, YOU WANT SOUP AND SALAD?
Do you have a bike?	BICYCLE, HAVE YOU?
Have you been on a boat before?	BOAT, BEFORE YOU?
Do you want to build your own house?	YOU WANT BUILD your-SELF HOUSE?
Do you think finding new addresses is easy?	YOU THINK FIND NEW ADDRESS EASY?
Have you ever been on an airplane before?	AIRPLANE BEFORE YOU?
What do you enjoy doing?	YOU ENJOY DO-what?
Have you ever ridden a horse before?	HORSE, YOU RIDE-ON BEFORE?
Do you wish you had your own helicopter?	WISH HAVE your-SELF HELICOPTER YOU?
Do you have a motorcycle?	MOTORCYCLE, HAVE YOU?
Why do you practice signing?	YOU PRACTICE SIGN, WHY?
Are you looking for work?	YOU SEARCH WORK YOU?
Is there a subway in your city?	YOUR CITY HAVE SUBWAY?
How many tickets did you get last year?	last-YEAR TICKET HOW-MANY YOU?
Do you like to travel by train?	TRAIN TRAVEL, YOU LIKE?
Have you ever lost your ASL book?	YOUR ASL BOOK, YOU LOSE BEFORE YOU?
What scares you?	YOU AFRAID WHAT?
Do you think school is boring?	YOU THINK SCHOOL BORING?
Do you think firemen are brave?	YOU THINK FIREMEN BRAVE?
Do you like to chat on the phone?	YOU LIKE CHAT PHONE?
Do you embarrass easily?	EMBARRASS EASY YOU?
What do you enjoy doing?	YOU ENJOY DO-what?
Do you think most dogs are friendly or are they mean?	YOU THINK MOST DOG FRIENDLY, MEAN, WHICH?
When do you feel frustrated?	YOU FEEL FRUSTRATED WHEN?
When do you feel happy?	YOU FEEL HAPPY, WHEN?
Have you recently insulted anyone?	RECENT YOU INSULT ANY-ONE?

Do you sometimes feel lonely?	YOU SOMETIMES FEEL LONELY YOU?
Why are you mad?	YOU MAD, FOR-FOR?
Is your boyfriend the jealous type?	YOUR BOYFRIEND HE JEALOUS EASY?
What do you take pride in?	YOU PROUD ABOUT WHAT?
Do you think the teacher is silly?	YOU THINK HE TEACHER SILLY?
Do you think cats are stuck up?	YOU THINK CAT STUCK-UP?
Do you like surprise tests?	SURPRISE TEST, YOU LIKE?
Suppose you walk for four hours, would you be tired?	SUPPOSE WALK 4-HOUR, FUTURE-[will] TIRED YOU?
Have you ever had a buzz-cut hair-style?	BUZZ-CUT BEFORE YOU?
Name someone who has curly hair.	NAME SOMEONE CURLY-HAIR.
Who do you think is cute?	YOU THINK CUTE, WHO?
Does your mom have brown eyes?	YOUR MOM EYES BROWN?
Do you look like your dad?	YOU LOOK-LIKE YOUR DAD?
Is your sister fat?	YOUR SISTER FAT?
Do you like to fool people?	YOU LIKE FOOL PEOPLE?
What color is your brother's hair?	YOUR BROTHER HAIR, COLOR?
Which do you think is prettier, long hair or short hair?	HAIR, LONG-HAIR, SHORT-HAIR, WHICH YOU THINK PRETTY?
Do you eat a lot, or do you eat a normal amount?	YOU EAT A-LOT, REGULAR, WHICH?
Is your dad short?	YOUR DAD SHORT?
Is your grandpa skinny?	YOUR GRANDPA SKINNY?
Are old people weak?	OLD PEOPLE WEAK?
How many girls in this class have straight hair?	GIRL THIS CLASS STRAIGHT-HAIR, HOW-MANY?
Are most farmers strong?	MOST FARMER STRONG?
How tall are you?	YOU HOW-TALL?
Does your dad have blue eyes?	YOUR DAD EYES BLUE?
Do you think my shoes are ugly?	MY SHOES, YOU THINK UGLY?
Do you ride the bus to school?	BUS, YOU RIDE-IN SCHOOL, YOU?
How often do you go to the dentist?	YOU GO DENTIST HOW OFTEN?
How many jobs have you applied for previously?	JOB YOU APPLY BEFORE, HOW-MANY?
How often do you get your haircut?	YOU HAIRCUT, HOW OFTEN?
Do you keep pictures of your old boyfriends?	OLD BOY-FRIEND, PICTURE YOU KEEP?
Why are most postal employees thin?	MOST POST-OFFICE WORKER THIN, WHY?
Who runs your house?	YOUR HOUSE, WHO MANAGE?
Who is your supervisor?	YOUR SUPERVISOR, WHO?
Why do bosses fire employees?	BOSS FIRE WORKER, WHY?
Do you like to dance?	YOU LIKE DANCE?
Do you like to fish?	YOU LIKE FISHING?

Do you wish you were an attorney?	YOU WISH your-SELF LAWYER?
What is your major in school or your line of work?	YOUR MAJOR-[profession] WHAT?
Does your church send out missionaries?	YOUR CHURCH SEND MISSIONARY?
Was your dad in the Army?	YOUR DAD ARMY BEFORE?
Does your house need painting?	YOUR HOUSE NEED PAINT?
How many pages is your resume?	YOUR RESUME, HOW-MANY PAGE?
Can you run your own business?	CAN YOU MANAGE YOUR-SELF BUSINESS?
Do you have your own office?	YOU HAVE your-SELF OFFICE?
Have you registered for school next year?	next-YEAR SCHOOL REGISTER FINISH YOU?
Some Deaf receive Supplemental Security Income, why?	SOME DEAF SUBSCRIBE-[SSI] WHY?
What is your worst class?	YOUR WORST CLASS WHAT?
Does it have to be dark for you to sleep?	FOR YOU SLEEP MUST DARK?
Do you like gardening?	YOU LIKE TAKE-CARE-OF PLANT YOU?
How have you been doing?	HOW YOU UP-TO-NOW?
What do you not care about?	TOPIC YOU DON'T-CARE WHAT?
Do you keep wet wipes in your car?	WET-WIPES YOU KEEP CAR?
Each week, how many meetings do you go to?	WEEK-[every] MEETING HOW-MANY YOU?
When did you start learning how to sign?	YOU START LEARN LEARN SIGN, WHEN?

APÊNDICE B - Mapeamento entre as *tags* do Aelius e NLTK

Classe Gramatical	Aelius (Português)	NLTK (Inglês)
NUMERAL	NUM	CD
NOME SINGULAR	N	NN
NOME PLURAL	N-P	NNS
NOME PRÓPRIO	NPR (singular) / NPR-S (plural)	NNP
PRONOME PESSOAL	PRO	PRP
PRONOME POSSESSIVO	PRO\$	PRO\$
PREPOSIÇÃO	P	IN
SER INFINITIVO	SR	-
SER INFINITIVO INFLEXÍVO	SR-F	-
SER IMPERATIVO	SR-I	-
SER PRESENTE	SR-P	-
SER PRESENTE DO SUBJUNTIVO	SR-SP	-
SER PASSADO	SR-D	-
SER FORMA VERBAL TERMINADA COM -RA	SR-RA	-
SER PASSADO DO SUBJUNTIVO	SR-SD	-
SER FUTURO CONDICIONAL	SR-R	-
SER FUTURO DO SUBJUNTIVO	SR-SR	-
SER GERUNDIO	SR-G	-
SER PARTICÍPIO	SR-PP	-
Haver INFINITIVO	HV	-
Haver INFINITIVO INFLEXÍVO	HV-F	-
Haver IMPERATIVO	HV-I	-
Haver PRESENTE	HV-P	-
Haver PRESENTE DO SUBJUNTIVO	HV-SP	-
Haver PASSADO	HV-D	-

HAYER FORMA VERBAL TERMINADA COM -RA	HV-RA	-
HAYER PASSADO DO SUBJUNTIVO	HV-SD	-
HAYER FUTURO CONDICIONAL	HV-R	-
HAYER FUTURO DO SUBJUNTIVO	HV-SR	-
HAYER GERUNDIO	HV-G	-
HAYER PARTICÍPIO	HV-PP	-
HAYER PASSIVE PARTICIPLE	HV-NA	-
ESTAR INFINITIVO	ET	-
ESTAR INFINITIVO INFLEXÍVO	ET-F	-
ESTAR IMPERATIVO	ET-I	-
ESTAR PRESENTE	ET-P	-
ESTAR PRESENTE DO SUBJUNTIVO	ET-SP	-
ESTAR PASSADO	ET-D	-
ESTAR FORMA VERBAL TERMINADA COM -RA	ET-RA	-
ESTAR PASSADO DO SUBJUNTIVO	ET-SD	-
ESTAR FUTURO CONDICIONAL	ET-R	-
ESTAR FUTURO DO SUBJUNTIVO	ET-SR	-
ESTAR GERUNDIO	ET-G	-
ESTAR PARTICÍPIO	ET-PP	-
TER INFINITIVO	TR	-
TER INFINITIVO INFLEXÍVO	TR-F	-
TER IMPERATIVO	TR-I	-

TER PASSADO	TR-D	-
TER FORMA VERBAL TERMINADA COM -RA	TR-RA	-
TER PASSADO DO SUBJUNTIVO	TR-SD	-
TER FUTURO CONDICIONAL	TR-R	-
TER FUTURO DO SUBJUNTIVO	TR-SR	-
TER GERUNDIO	TR-G	-
TER PARTICÍPIO	TR-PP	-
TER PASSIVE PARTICIPLE	TR-NA	-
VERBO	VB	VB
VERBO INFINITIVO INFLEXÍVO	VB-F	-
VERBO IMPERATIVO	VB-I	-
VERBO PRESENTE	VB-P	VBP / VBZ (3ª pessoa do singular)
VERBO PRESENTE DO SUBJUNTIVO	VB-SP	-
VERBO PASSADO	VB-D	VBD
VERBO FORMA VERBAL TERMINADA COM -RA	VB-RA	-
VERBO PASSADO DO SUBJUNTIVO	VB-SD	-
VERBO FUTURO CONDICIONAL	VB-R	-
VERBO FUTURO DO SUBJUNTIVO	VB-SR	-
VERBO GERUNDIO	VB-G	VBG
VERBO PRETÉRITO PERFEITO	VB-PP	-
VERBO PASSIVE PARTICIPLE	VB-AN	-
VERBO PAST PARTICIPLE	-	VBN
VERBO AUXÍLIAR	-	-
VERBO SEMI-AUXÍLIAR	-	-

(DETERMINANTE) ARTIGO DEFINIDO	D	DT
(DETERMINANTE) ARTIGO INDEFINIDO	D-UM	DT
DETERMINANTE POSSESSIVO	-	-
DETERMINANTE DEMONSTRATIVO	DEM	-
DETERMINANTE NUMERAL	-	-
ADJETIVO	ADJ	JJ
ADJETIVO EXCLAMATIVO/COMPARATIVO	ADJ-R	JJR (comparativo)
ADJETIVO SUPERLATIVO	ADJ-S	JJS
ADJETIVO ORDINAL	-	-
ADJETIVO QUALITATIVO	-	-
ADVÉRPIO	ADV	RB
ADVÉRPIO EXCLAMATIVO/COMPARATIVO	ADV-R	RBR (comparativo)
ADVÉRPIO SUPERLATIVO	ADV-S	RBS
ADVÉRPIO COMO EVENTO QUALITATIVO	ADV-Q	-
ADVÉRPIO DE NEGAÇÃO	ADV-NEG	-
QUANTITATIVO	Q	-
QUANTITATIVO NEGATIVO	Q-NEG	-
CONJUNÇÃO COORDINADA	CONJ	CC
CONJUNÇÃO COORDINADA NEGATIVA	CONJ-NEG	-
COMPLETATIVO	C	-
CONJUNÇÃO SUBORDINADA	CONJS	IN
WH-DETERMINADO	-	WDT
WH-PRONOME	-	WP
WH-ADVÉRPIO	-	WRB
THERE EXISTENCIAL	-	EX
ORDINAL	-	JJ
LIST ITEM MARKER	-	LS
AUXILIAR MODAL	-	MD
PRÉ-DETERMINANTE	-	PDT
'S	-	POS
PARTICLE	-	RP
TO	-	TO
INTERJEIÇÃO	INTJ	UH

A Flexible Architecture for Building Ruled-Based Text-to-Gloss Machine Translators

Extended Abstract

Vinicius Veríssimo
Universidade Federal da Paraíba
vinicius.matheus@lavid.ufpb.br

Manuella Aschoff
Universidade Federal da Paraíba
manuella.lima@lavid.ufpb.br

Rostand Costa
Universidade Federal da Paraíba
rostand@lavid.ufpb.br

Tiago Maritan
Universidade Federal da Paraíba
maritan@lavid.ufpb.br

Suanny Vieira
Universidade Federal da Paraíba
suanny@lavid.ufpb.br

Alexandre Santos
Universidade Federal da Paraíba
alexandre.santos@lavid.ufpb.br

ABSTRACT

Deaf people face a number of difficulties in accessing information, primarily in dynamic, high-volume environments such as the Web. One of the major obstacles is due to the fact that this information is available almost entirely in the oral language only, while the deaf communicate naturally using signals. There are some solutions available in the literature for automatic translation of oral language content into sign languages, but they are usually restricted to translating content into a single input oral language. The objective of this work is to investigate the feasibility of generalization of a translation strategy with syntactic-semantic treatment, originally directed from Brazilian Portuguese for LIBRAS, to define a flexible architecture for the construction of automatic translators of several oral languages for associated sign languages. The hypothesis we wish to evaluate is that an extensible and configurable translation core, based on the interpretation of formally defined rules and grammars acting at the morphological, syntactic or semantic levels, can be used to implement new machine translation initiatives for sign languages or as a way to improve the quality of translation in existing tools.

CCS CONCEPTS

•Human-centered computing → Accessibility systems and tools;

KEYWORDS

accessibility; sign language; machine translation; text-to-gloss; rule-based

1 INTRODUCTION

Uma série de iniciativas em todo o mundo buscam endereçar a grande dificuldade das pessoas surdas de terem acesso à informação disponibilizadas através de suportes escritos e/ou oralizados, o que acaba gerando obstáculos ou atraso na aquisição do conhecimento,

Permission to make digital or hard copies of all or part of this work for personal or classroom use is granted without fee provided that copies are not made or distributed for profit or commercial advantage and that copies bear this notice and the full citation on the first page. Copyrights for components of this work owned by others than ACM must be honored. Abstracting with credit is permitted. To copy otherwise, or to republish, to post on servers or to redistribute to lists, requires prior specific permission and/or a fee. Request permissions from permissions@acm.org.
WebMedia '17, October 17–20, 2017, Gramado, RS, Brazil.
© 2017 ACM. ISBN 978-1-4503-5096-9/17/10...\$15.00
DOI: <http://dx.doi.org/10.1145/3126858.3126860>

com reflexos diretos no exercício da cidadania. O principal problema é que as pessoas surdas se comunicam naturalmente usando linguagens viso-espaciais, denominadas linguas de sinais (LS) e, mesmo passando vários anos na escola, elas não conseguem atingir proficiência na leitura e escrita da língua oral (LO) de seu país, justamente pelo fato de tais linguas possuírem grafias baseadas em sons, fonemas [26].

Como uma das abordagens emergentes para minimizar a marginalização dos surdos, sobretudo através da inclusão digital, várias pesquisas vêm sendo desenvolvidas em todo o mundo com foco no desenvolvimento de tradutores automáticos de linguas orais para linguas de sinais[27]. Um dos principais desafios dessa abordagem é garantir que o conteúdo disponibilizado aos surdos chegue com a mesma consistência e qualidade do original, permitindo assim o entendimento adequado da mensagem. Apesar dos sistemas de tradução automática já serem reconhecidos como uma alternativa válida em vários cenários, sobretudo naqueles onde o uso de um intérprete humano não é viável, como a Internet, por exemplo, ainda há resistência para a adoção desses sistemas pela comunidade surda. Embora um dos principais focos de reclamação seja o uso de avatares¹ para representar a saída da tradução automática, a raiz da resistência pode ser outra. Ela pode estar relacionada com algumas limitações ainda presentes em tais tradutores como, por exemplo, a dificuldade em adaptar os conteúdos para a língua de sinais, respeitando as características e gramática própria de cada LS [14].

Normalmente, as questões de natureza sintática e léxica, bem como outras impostas pela organização textual ainda não são endereçadas de forma adequada pelos tradutores automáticos [6]. Além disso, há ainda preocupações relacionadas com a forma gramatical, sendo necessárias adaptações nesse sentido durante a tradução de uma língua oral-auditiva para uma língua gesto-visual.

Neste sentido, Lima et al[16] fez a propositura de uma estratégia para tradução automática da Língua Portuguesa para LIBRAS, a língua de sinais brasileira, com adequação sintático-semântica. A proposta incluiu a definição de uma linguagem formal para a descrição de regras de tradução sintático-semântica e a definição de uma gramática que explora esses aspectos. Os resultados dos experimentos apontam para uma substancial melhoria na qualidade

¹Agentes animados virtuais são ainda considerados pelos surdos como menos naturais que os intérpretes humanos.

ANEXO B - Prêmio de Menção Honrosa no XXIII WebMedia

