

# Desafios da tradução automática do português escrito para a língua de sinais brasileira

Prof. Dr. José Mario De Martino

*Departamento de Engenharia de Computação e Automação Industrial  
Faculdade de Engenharia de Elétrica e de Computação  
Universidade Estadual de Campinas*

[\*martino@fee.unicamp.br\*](mailto:martino@fee.unicamp.br)

# Agenda

- Motivação
- Objetivos
- Contexto
- Língua de Sinais
- Língua de Sinais Brasileira
- Tradução Automática
- Projeto TALES
- Considerações Finais

# Agenda

- Motivação
- Objetivos
- Contexto
- Língua de Sinais
- Língua de Sinais Brasileira
- Tradução Automática
- Projeto TALES
- Considerações Finais

# Motivação

- **População** brasileira com **deficiência auditiva** (Censo 2010):
  - 344.206 (não ouvem);
  - 1.798.967 (grande dificuldade para ouvir);
  - 7.574.145 (alguma dificuldade);
  - Total: **9.717.318**.
- **2.357.142 não são alfabetizados**.

# Agenda

- Motivação
- **Objetivos**
- Contexto
- Língua de Sinais
- Língua de Sinais Brasileira
- Tradução Automática
- Projeto TALES
- Considerações Finais

# Objetivos

## Projeto Trilis Reconhecimento Libras Tradução Libras-Português



Reconhecimento



[www.tas.fee.unicamp.br](http://www.tas.fee.unicamp.br)

# Agenda

- Motivação
- Objetivos
- Contexto
- Língua de Sinais
- Língua de Sinais Brasileira
- Tradução Automática
- Projeto TALES
- Considerações Finais

# Contexto

- **Projeto multidisciplinar:**
  - Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação (**FEEC**), UNICAMP;
  - Centro de Estudos e Pesquisas em Reabilitação (**CEPRE**), Faculdade de Ciências Médicas (FCM), UNICAMP;
  - Instituto de Estudos da Linguagem (**IEL**), UNICAMP;
  - Centro de Tecnologia de Informação Renato Archer (**CTI**).
- **Perfil dos colaboradores:**
  - Engenheiros e Cientistas da Computação;
  - Linguistas;
  - Tradutores/Intérpretes Libras (surdos e ouvintes);
  - Pedagogos e Educadores.



# Contexto

- Edital MCTI-SECIS/CNPq N° 84/2013 – Tecnologia Assistiva. Processo: # 458691/2013-5 – *Avatares Expressivos para a Comunicação na Língua de Sinais Brasileira.*
- Edital Capes/SDH/MCTI N° 59/2014 Programa de Apoio à Pós-Graduação e à Pesquisa Científica e Tecnológica em Tecnologia Assistiva – PGPTA. Processo # 88887.091672/2014-01 – *Tecnologias Assistivas para a Síntese, Tradução e Reconhecimento da Língua de Sinais Brasileira.*
- Departamento de Engenharia de Computação e Automação Industrial (**DCA**) da Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação (**FEEC**).

# Agenda

- Motivação
- Objetivos
- Contexto
- **Língua de Sinais**
- Língua de Sinais Brasileira
- Tradução Automática
- Projeto TALES
- Considerações Finais

# Língua de Sinais

- A **língua de sinal** de um país é **independente da língua oral/escrita**:

- Brasil – Libras;
- Portugal – Língua Gestual Portuguesa;
- Moçambique – Língua de Sinais Moçambicana;
- Angola – Língua de Sinais Angolana;



- Estados Unidos – American Sign Language;
- Reino Unido – British Sign Language;
- Austrália – Australian Sign Language.

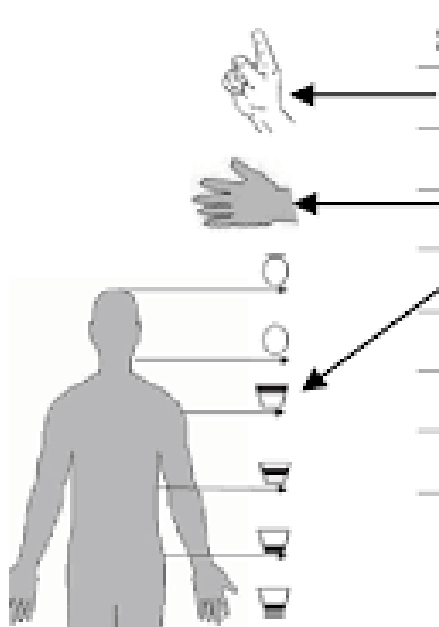









# Língua de Sinais

- Não há uma **representação escrita** consolidada para as **línguas de sinais**:
  - HamNoSys (Hamburg Sign Language Notation System);
  - SignWriting;
  - Glosas.

# Língua de Sinais

- HamNoSys (Hamburg Sign Language Notation System)

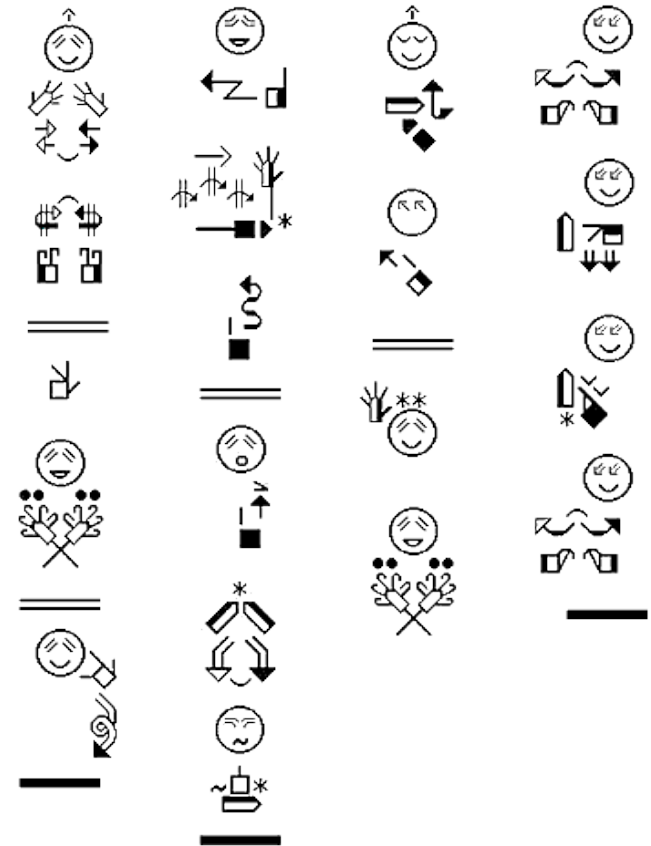


Symbol	Description
	indexfinger stretched
	extended finger ahead
	palm orientated left
	location shoulder height
	fully stretched out
	hand move ahead
	hand move right

$\cdot \text{U} \text{r} \text{0} \times \cdot \text{U} \text{X} ([ \text{t} \text{U} \text{U} ] +$	bears
$\text{U} 2 5 \text{r} \text{0} \text{O} \text{X} ([ \text{X} \text{C} \text{Z} ] [ \text{X} \text{U} 2 ] [ \text{U} \text{U} \text{U} ] [ \text{U} \text{U} \text{U} ] [ \text{U} \text{U} \text{U} ]$	Goldilocks
$\text{U} \text{U} \text{U} \text{U} [ \text{U} \text{U} \text{U} ]$	somewhere wandering
$\cdot \text{U} [ \text{U} \text{U} \text{U} ] [ \text{U} \text{U} \text{U} ] \text{X} [ \text{U} [ \text{U} \text{U} \text{U} ] + \text{U} \text{U} ]$	deep forest
$\text{U} \text{U} \text{U} \text{U} [ \text{U} \text{U} \text{U} ] [ \text{U} \text{U} \text{U} ] \text{U}$	somewhere wandering

# Língua de Sinais

- SignWriting



# Língua de Sinais

- Glosas
  - **Palavras escritas em letras maiúsculas** com o **mesmo sentido do sinal** são utilizadas para **representar** os **sinais** produzidos (exemplo: PRAÇA EST@ BONIT@ EU GOSTAR).
  - O símbolo @ é utilizado para indicar que o sinal não comporta **flexão de gênero ou número** (exemplo: BONIT@ indica um sinal que pode significar bonito, bonita, bonitos ou bonitas).
  - E outros detalhes representados por símbolos alfanuméricos.

# Agenda

- Motivação
- Objetivos
- Contexto
- Língua de Sinais
- Língua de Sinais Brasileira
- Tradução Automática
- Projeto TALES
- Considerações Finais



# Língua de Sinais Brasileira (Libras)

- Parâmetros:
  - Configuração da mão;
  - Orientação da mão;
  - Ponto de articulação;
  - Movimento;
  - Expressões não-manuais (facial ou corporal).

# Língua de Sinais Brasileira (Libras)

- Parâmetros:
  - Configuração da mão
    - Configuração das articulações dos dedos
  - Orientação da mão;
  - Ponto de articulação;
  - Movimento;
  - Expressões não-manuais (facial ou corporal).

# Língua de Sinais Brasileira (Libras)

- Configuração da mão



# Língua de Sinais Brasileira (Libras)

- Parâmetros:
  - Configuração da mão;
  - Orientação da mão
    - Orientação da palma da mão no espaço
  - Ponto de articulação;
  - Movimento;
  - Expressões não-manuais (facial ou corporal).

# Língua de Sinais Brasileira (Libras)

- Orientação da mão

Vertical



Horizontal



# Língua de Sinais Brasileira (Libras)

- Parâmetros:
  - Configuração da mão;
  - Orientação da mão;
  - Ponto de articulação
    - Local onde o sinal é realizado
  - Movimento;
  - Expressões não-manuais (facial ou corporal).

# Língua de Sinais Brasileira (Libras)

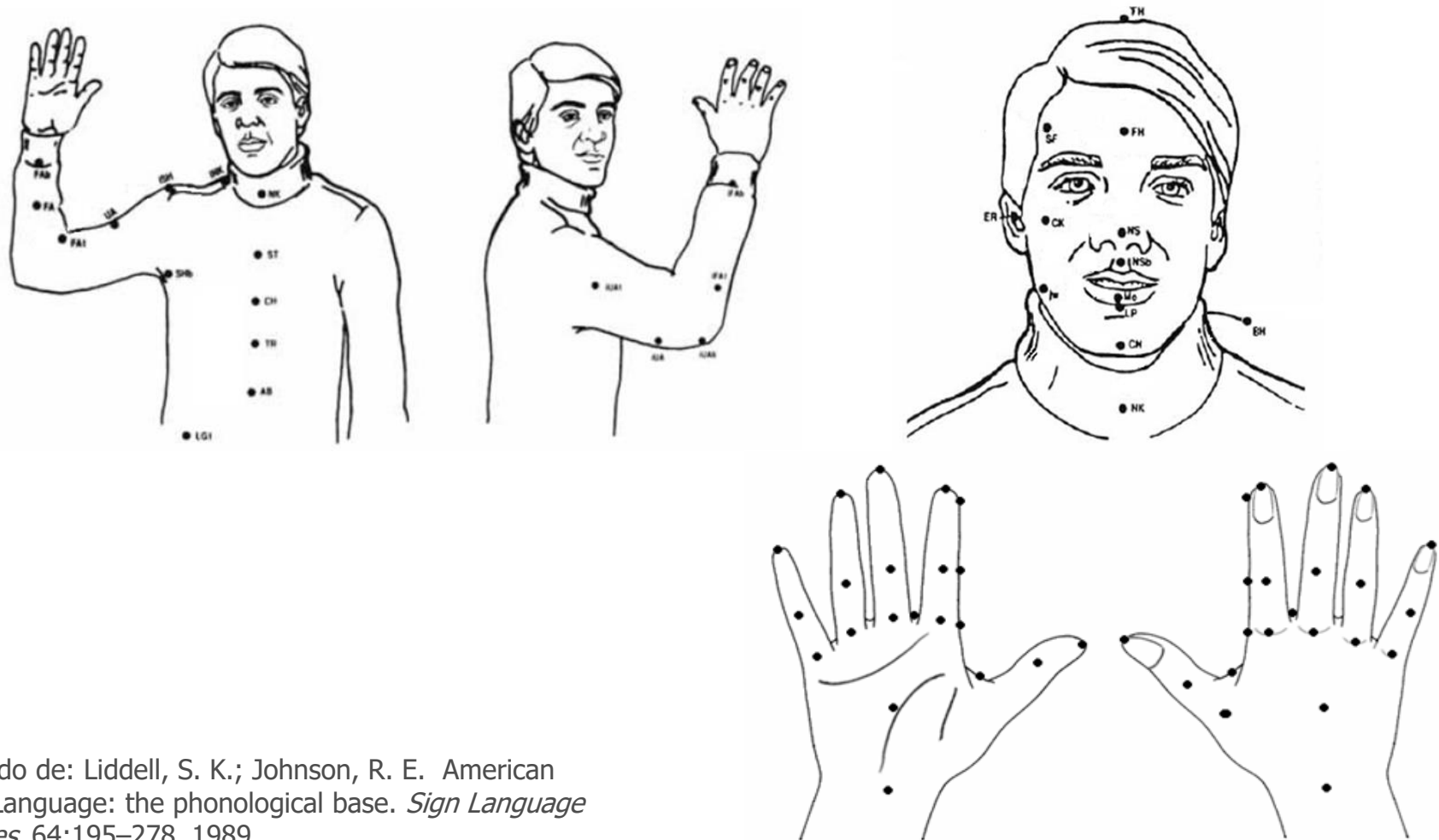
- Ponto articulação: **Espaço de Sinalização**



Extraído de: Aprendendo Libras: módulo 2 / Adir Luís Ferreira et al. – Natal: EDUFRN, 2011.

# Língua de Sinais Brasileira (Libras)

- Ponto articulação: **Ponto de Contato**



Extraído de: Liddell, S. K.; Johnson, R. E. American Sign Language: the phonological base. *Sign Language Studies*,64:195–278, 1989.



# Língua de Sinais Brasileira (Libras)

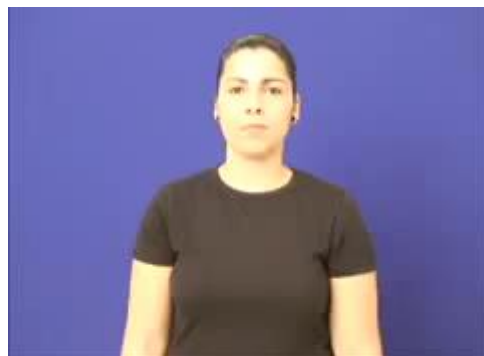
- Parâmetros:
  - Configuração da mão;
  - Orientação da mão;
  - Ponto de articulação;
  - **Movimento**
    - **Movimento mão/dedos**
  - Expressões não-manuais (facial ou corporal).

# Língua de Sinais Brasileira (Libras)

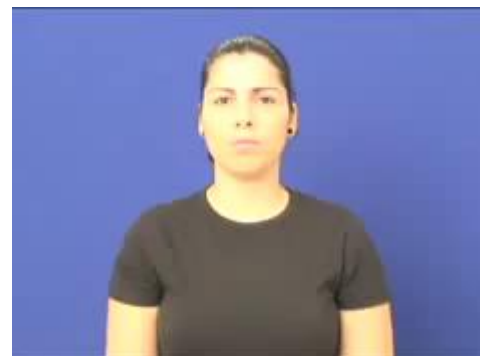
- Movimento mão/dedos:
  - **Global**: mão se movimenta no espaço de sinalização;
  - **Local**: mão fica parada em um ponto do espaço e dedos e/ou punho se movimentam.

# Língua de Sinais Brasileira (Libras)

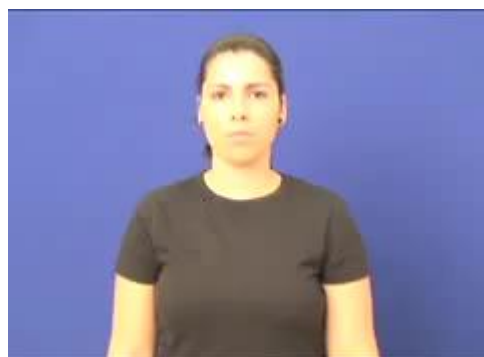
- Movimento **Global**



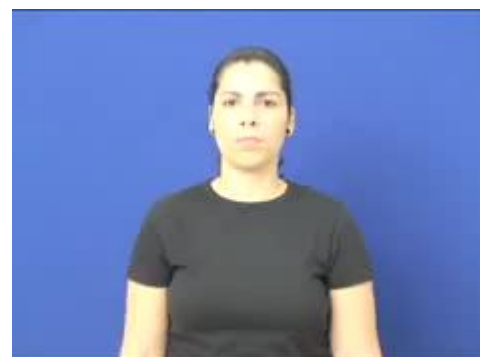
Quinta-feira



Família



Estudar

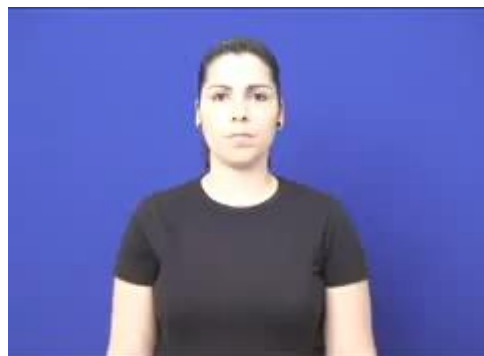


Errado

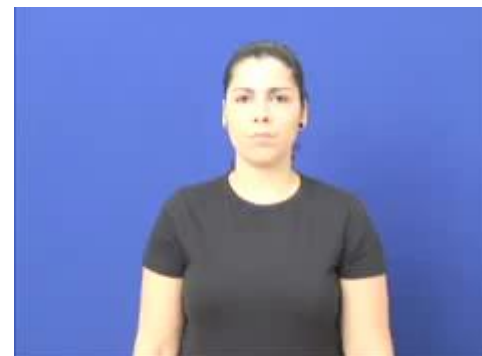
Extraído de: Dicionário da Língua Brasileira de Sinais V3 – 2011. [http://www.acessibilidadebrasil.org.br/libras\\_3/](http://www.acessibilidadebrasil.org.br/libras_3/)

# Língua de Sinais Brasileira (Libras)

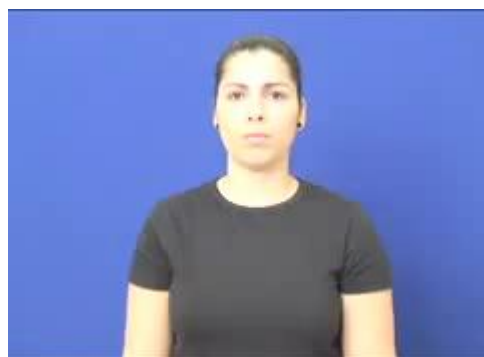
- Movimento **Local**



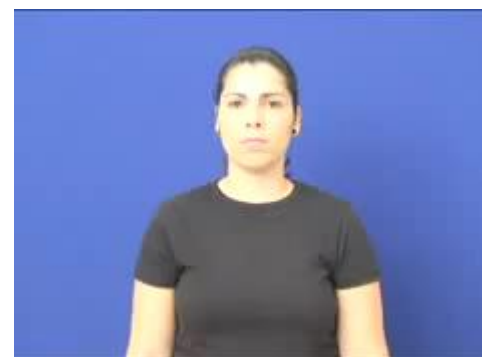
Sábado



Igual



Motocicleta

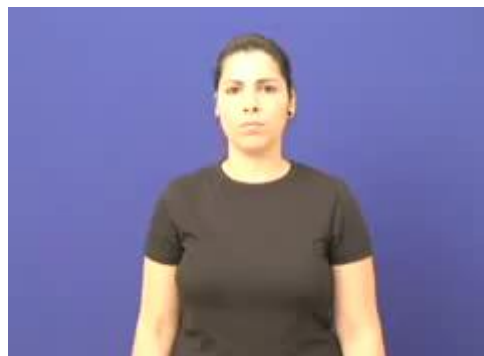


Entender

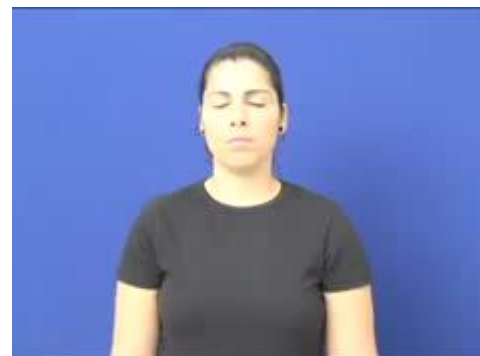
Extraído de: Dicionário da Língua Brasileira de Sinais V3 – 2011. [http://www.acessibilidadebrasil.org.br/libras\\_3/](http://www.acessibilidadebrasil.org.br/libras_3/)

# Língua de Sinais Brasileira (Libras)

- Movimento **Global e Local**



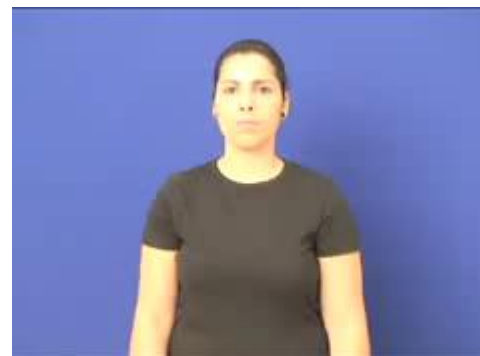
Andar



Difícil



Madrugada



Comprar

Extraído de: Dicionário da Língua Brasileira de Sinais V3 – 2011. [http://www.acessibilidadebrasil.org.br/libras\\_3/](http://www.acessibilidadebrasil.org.br/libras_3/)

# Língua de Sinais Brasileira (Libras)

- Parâmetros:
  - Configuração da mão;
  - Orientação da mão;
  - Ponto de articulação;
  - Movimento;
  - Expressões não-manuais (facial ou corporal)
    - Expressões faciais e movimento do corpo

# Língua de Sinais Brasileira (Libras)

- Expressões não-manuais (facial ou corporal) marcam, entre outros aspectos:
  - Concordância;
  - Ênfase;
  - Topicalização;
  - Afirmação;
  - Interrogação;
  - Negação;
  - Referência pronominal;
  - Grau adverbial.

# Língua de Sinais Brasileira (Libras)

- Expressões não-manuais: **Ênfase**



PRAÇA EST@ **BONIT@** EU GOSTAR  
Eu gosto dessa praça. Ela é bonita



PRAÇA EST@ **MUIT@ BONIT@** EU GOSTAR  
Eu gosto dessa praça. Ela é muito bonita.





# Agenda

- Motivação
- Objetivos
- Contexto
- Língua de Sinais
- Língua de Sinais Brasileira
- Tradução Automática
- Projeto TALES
- Considerações Finais

# Tradução Automática

- A **Tradução Automática** busca efetuar, sem interferência humana, a **tradução de uma língua natural para uma outra** com o **uso de computadores**.
- Os desenvolvimentos envolvendo a **tradução automática** têm se **concentrado** na tradução entre **línguas orais/escritas**.
- Há duas grandes abordagens:
  - Tradução **baseada em regras** (*knowledge driven*);
  - Tradução **baseada na análise de corpora** (*data driven*).

# Tradução Automática

- Tradução **baseada em regras**:
  - Exige a **explicitação e priorização de regras de tradução** de uma língua para a outra;
  - A identificação de **regras** depende fortemente de **conhecimento de especialistas** e em **gramáticas** (normativa e descritiva) **consolidadas**.
- Tradução **baseada na análise de corpora**:
  - Analisa **produções pareadas** nas duas línguas (**corpora paralelos**);
  - Um **corpus paralelo** bilíngue é um conjunto de **enunciados em uma língua devidamente traduzido e alinhado com uma outra**;
  - Busca **identificar** em corpora paralelos **exemplos de tradução** que possam ser utilizados, total ou parcialmente, para a tradução;
  - Busca **aprender de padrões** de tradução pela análise estatística dos corpora paralelos.

# Agenda

- Motivação
- Objetivos
- Contexto
- Língua de Sinais
- Língua de Sinais Brasileira
- Tradução Automática
- Projeto TALES
- Considerações Finais

# Projeto TALES

- TALES (Tecnologia Assistiva de Leitura para Surdos)



- Objetivo:
  - Desenvolver mecanismo ágil e flexível para a geração, a partir de texto em Português, de conteúdo em Libras apresentado por avatar tridimensional realista.
- Desafios:
  - Tradução Automática português para libras;
  - Síntese de avatar realista.

# Projeto TALES

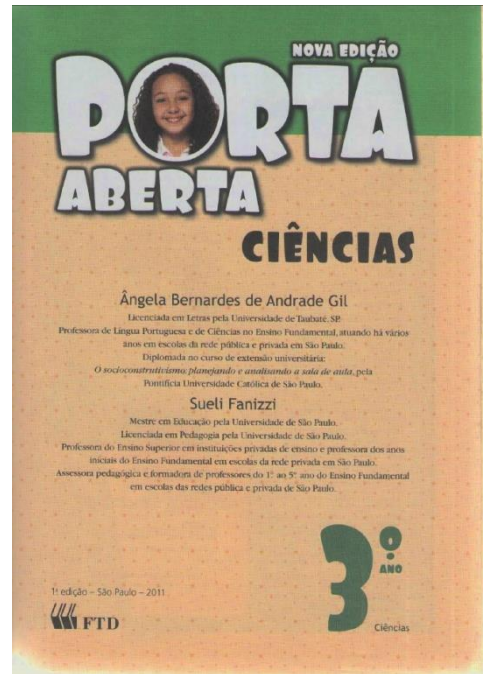
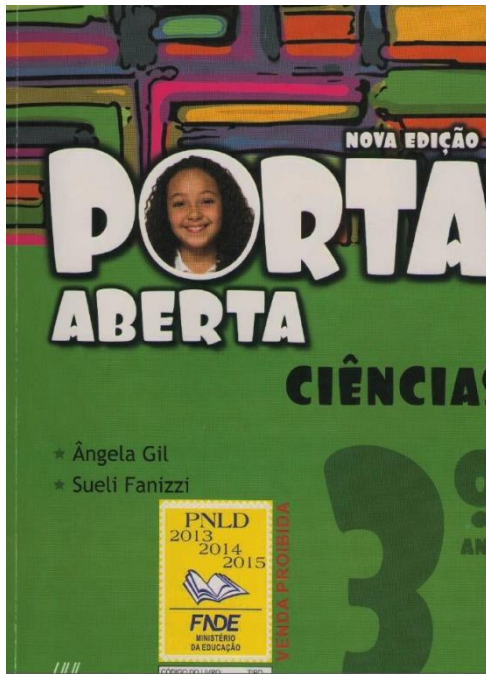
- **Modelo geométrico** tridimensional, representando um humanoide, gerado e **animado** por meio de técnicas de **computação gráfica**.
- O modelo geométrico possui um **esqueleto virtual** e uma casca visível formada por uma **malha de polígonos**, que define a aparência do personagem.



# Projeto TALES: Método

- Escolha de **livro**.
- Estudo, análise e definição da **tradução** de cada sentença.
- **Gravação** em **vídeo** e em dados de **captura de movimento** da tradução de cada sentença.
- **Anotação** dos vídeos utilizando a ferramenta ELAN.
- Mapeamento dos dados de captura de movimento para o modelo do avatar, gerando as **animações**.
- **Síntese concatenativa** das animações para **gerar novos conteúdos**.

# Projeto TALES: Livro



## Movimentos da Terra

Quais são os movimentos da Terra que você conhece?

A Terra executa vários movimentos. Entre eles, o movimento de rotação e o de translação.

### Movimento de rotação

É o movimento que a Terra faz em torno de um eixo **imaginário\***, denominado **eixo de rotação**.

Mas o que é esse eixo imaginário? Observe a ilustração.

A seta indica o movimento de rotação. Os pontos A e B indicam por onde passa o eixo imaginário da Terra.

**Eixo de rotação:** linha reta, real ou imaginária, que passa pelo centro de um corpo, e em torno da qual esse corpo realiza um **movimento giratório**. No caso da Terra, esse eixo é imaginário, mas o movimento é real.

As representações estão fora de escala de tamanho e distância. As cores não correspondem aos tons reais.

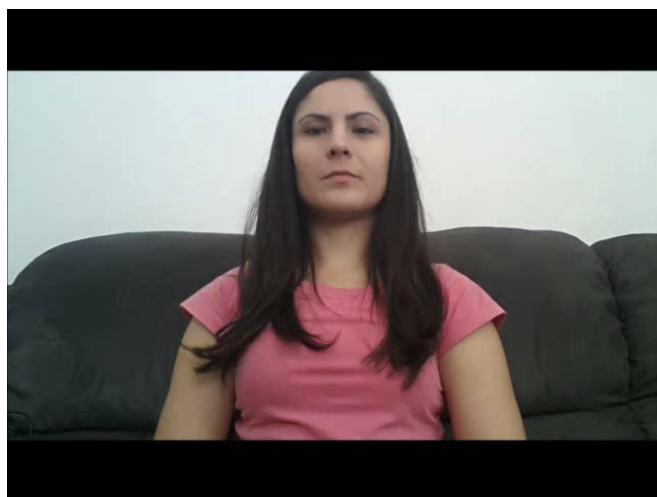
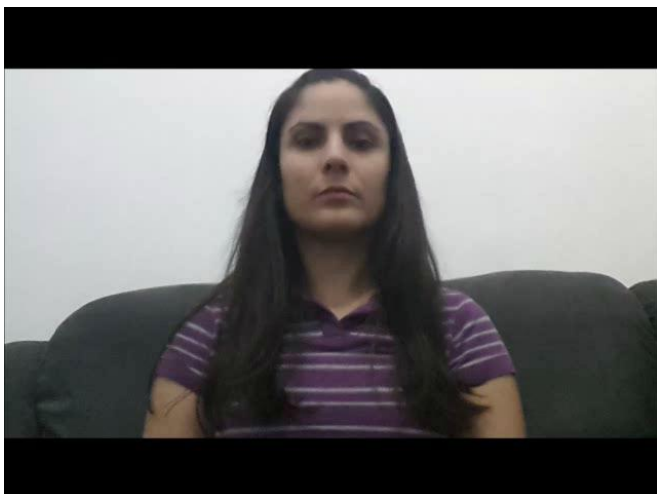
A Terra gira em torno de seu eixo de rotação, um pouco inclinado em relação ao plano de sua **órbita**. Esse movimento dura aproximadamente 24 horas, tendo como resultado o dia e a noite.

\* Ao encontrar uma palavra destacada em azul, procure seu significado no glossário, página 153.

10



# Projeto TALES: Tradução



# Projeto TALES: Gravação

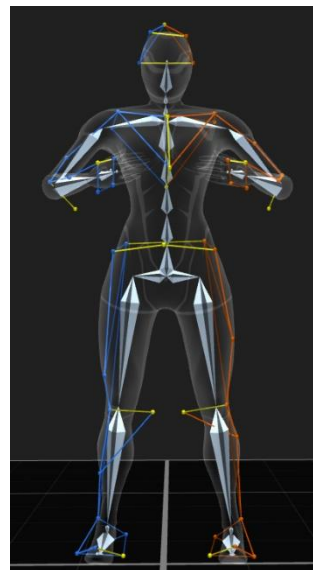


# Projeto TALES: Anotação no ELAN

The screenshot displays the ELAN 4.9.4 software interface. The top window shows a video of a person in a black motion capture suit standing in a room with a grid background. The interface includes a menu bar (File, Edit, Annotation, Tier, Type, Search, View, Options, Window, Help), a toolbar with playback controls, and a right-hand panel with 'Controls' (Metadata, Recognizers, Comments, Lexicon, Subtitles, Grid, Text) and 'Volume' (100) settings. The bottom section is a timeline with a scale from 00:00:00.000 to 00:00:14.000. It features multiple tiers for annotations:

- Português (17):** Por que as folhas das árvores se movimentam?
- Libras (4):** ÁRVORE | FOLHA-DA-ÁRVORE-MOVIMENTAR | MOVI | POR QUE?
- Inglês (1):** Why the leaves move ?
- Sinais Composto (0):**
- Expressão Facial (9):** AFIRMATIVA | ASSOPRAR | INTERROGATIVA
- FCN - Flexões, C (1):** CLASSIFICADOR
- Comentários (1):** REPETIR
- MD-ME-CM (8):** MD 05- | M | MD | MD 01 - ME 05 | MD 0 | MD 49 - ME

# Projeto TALES: Animação do Avatar





# Projeto TALES: Animação do Avatar



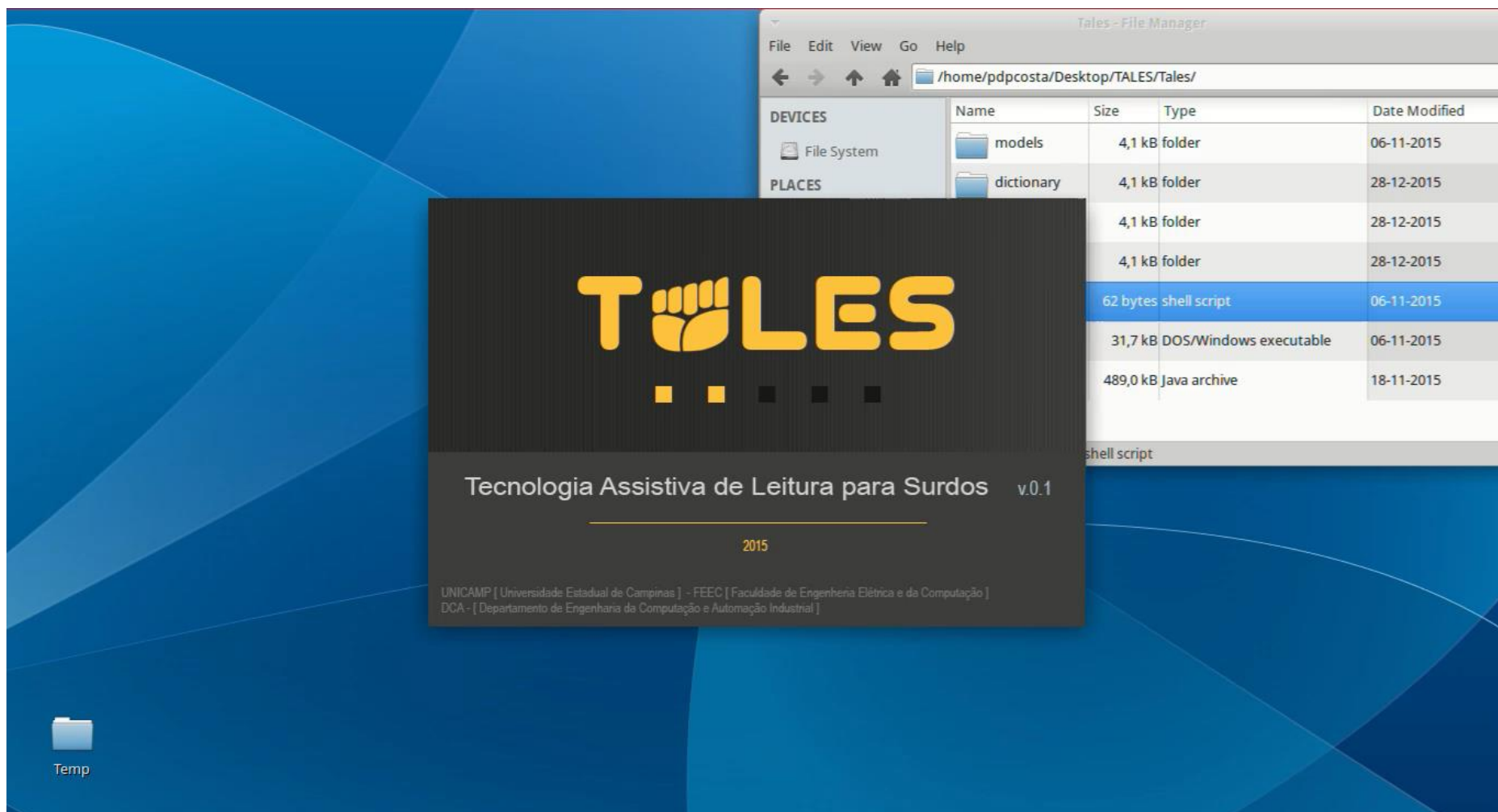
# Projeto TALES: Avatar



# Projeto TALES: Talita

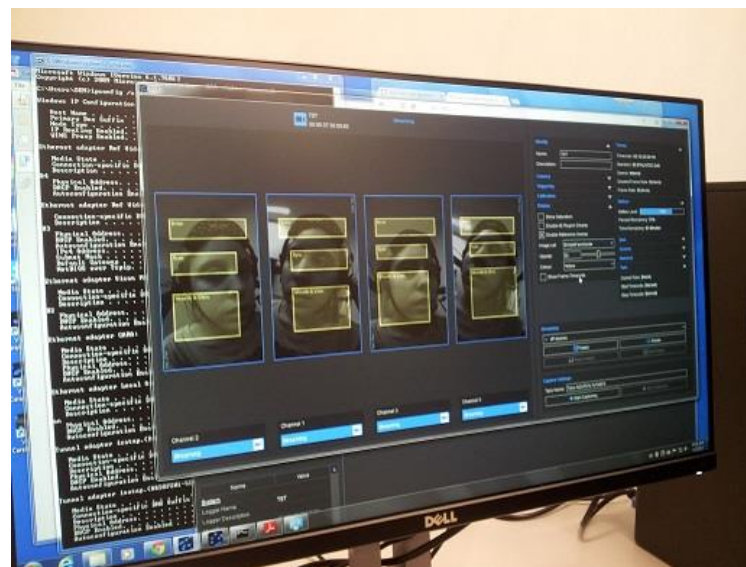
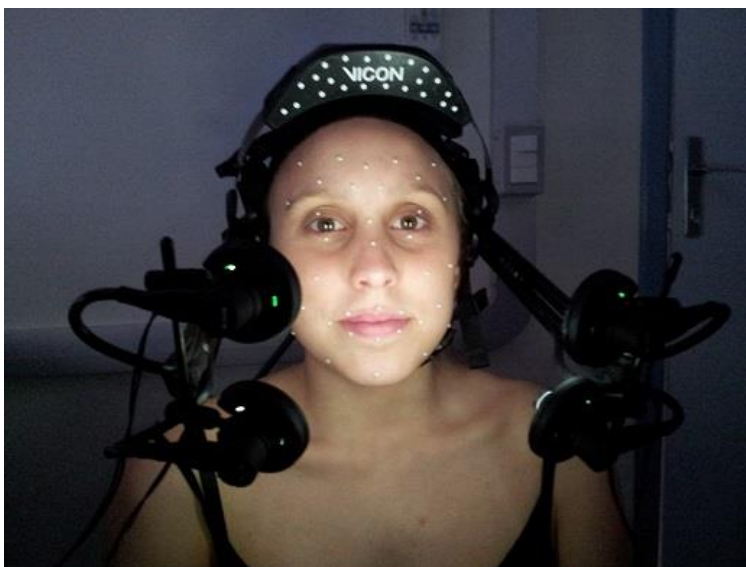
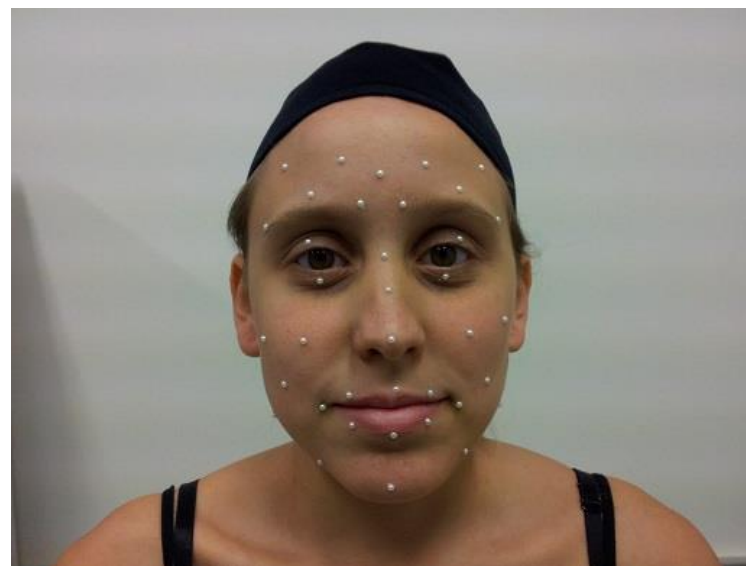


# Projeto TALES: Vídeo Demo





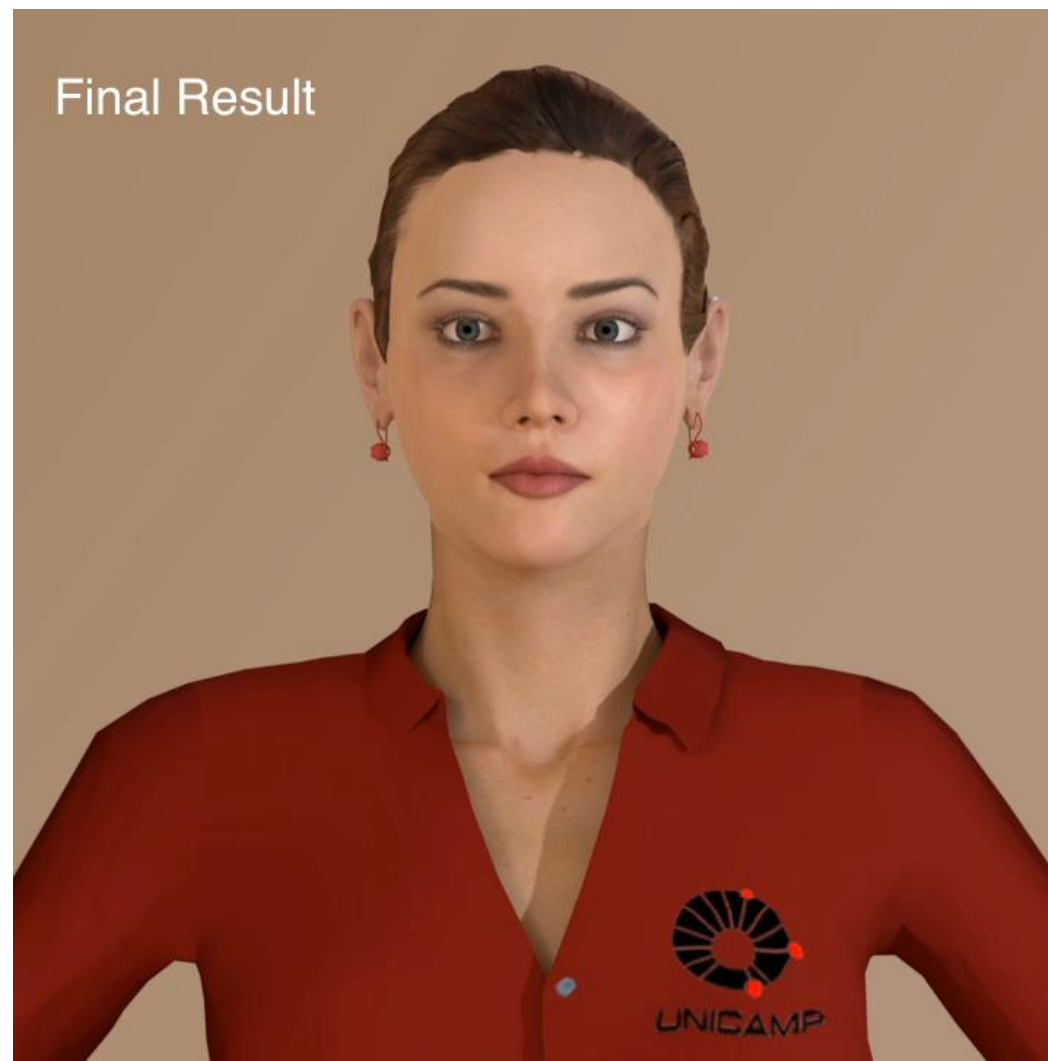
# Projeto TALES: Expressões Faciais



# Projeto TALES: Expressões Faciais



# Projeto TALES: Expressões Faciais



# Projeto TALES: Síntese Concatenativa

- **Concatenar** segmentos de **animação** para formar **novos conteúdos**.
- **Inspirado** na estratégia de **síntese concatenativa** de sistemas **TTS**.
- **Conceito**

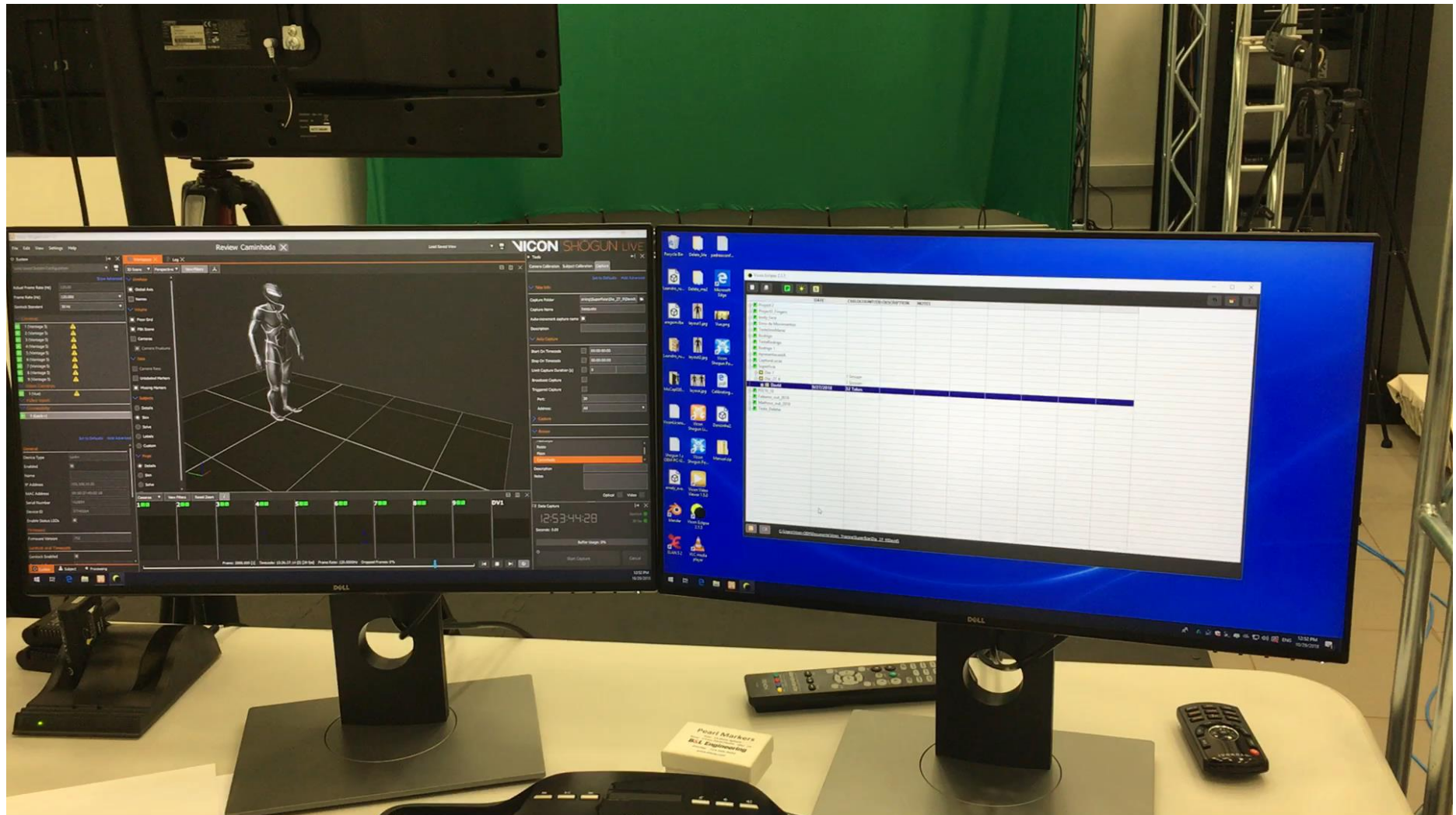
Gravado

Sintetizado

- **Escolha** dos segmentos baseada em **função custo**.
- **Função custo** penaliza diferença da **posição e velocidade** do fim do primeiro segmento e o começo do outro.



# Projeto TALES: Infraestrutura



# Agenda

- Motivação
- Objetivos
- Contexto
- Língua de Sinais
- Língua de Sinais Brasileira
- Tradução Automática
- Projeto TALES
- Considerações Finais

# Considerações Finais

O desafio é gigantesco, mas não nos é permitido o luxo do desânimo considerando a necessidade e urgência daqueles que se beneficiarão da solução.

# Contato

Prof. Dr. José Mario De Martino

Departamento de Engenharia de Computação e Automação Industrial (DCA)

Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação (FEEC)

Universidade Estadual de Campinas (Unicamp)

Avenida Albert Einstein, 400

Cidade Universitária, Campinas, São Paulo

Telefones: (19) 3521-3794, (19) 3521-1010

Email: [martino@fee.unicamp.br](mailto:martino@fee.unicamp.br)

HP: <http://www.dca.fee.unicamp.br/~martino/>

HP: <http://www.tas.fee.unicamp.br/>

