

Signa

**Uma aplicação para ensino-
aprendizagem da LIBRAS**

Acadêmico: Júlio César Batista <julio.batista@outlook.com>

Orientador: Aurélio Hoppe <aurelio.hoppe@gmail.com>

Roteiro

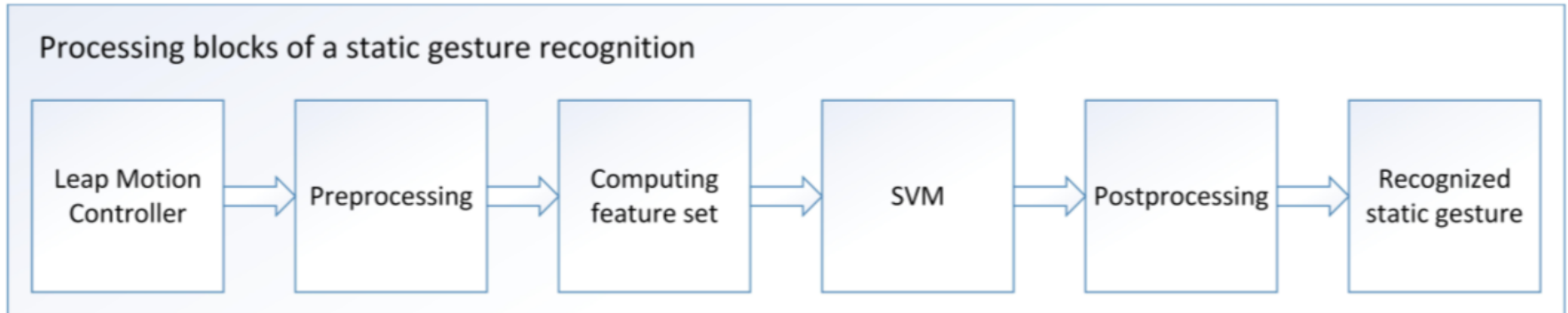
- Motivação
- Trabalhos relacionados
- Objetivos
- Requisitos
- Leap Motion
- Reconhecimento de sinais estáticos
- Reconhecimento de sinais dinâmicos
- Operacionalidade da implementação
- Testes de usabilidade
- Conclusões e extensões
- Demonstração

Motivação

- De acordo com o IBGE, cerca de 5% da população brasileira possui alguma deficiência auditiva
- A LIBRAS é uma língua oficial do Brasil
- Permitir que as pessoas possam ter contato com a língua de sinais

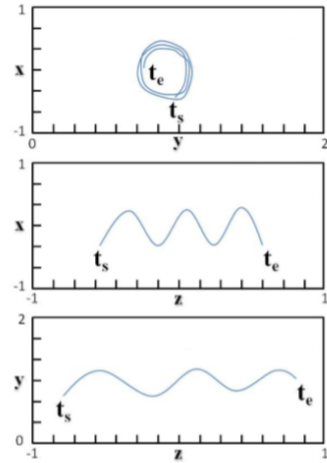
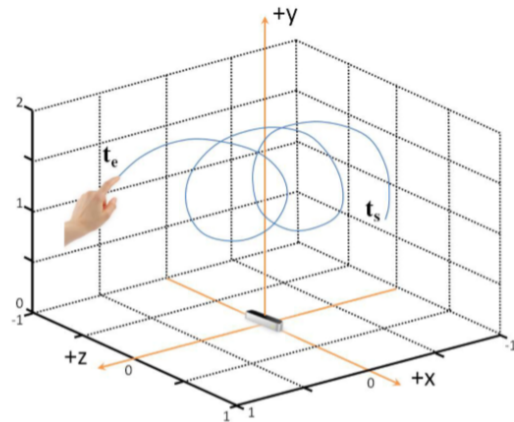
Trabalhos relacionados

| Características | Dispositivo de entrada | Arquitetura | Reconhecimento de gestos estáticos | Reconhecimento de gestos dinâmicos | Base de amostras |
|----------------------|------------------------|-------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------|
| Nowiki et al. (2014) | Leap Motion | Stand-alone | SVMs | HMMs | 5240 |



Trabalhos relacionados

| Características | Dispositivo de entrada | Arquitetura | Reconhecimento de gestos estáticos | Reconhecimento de gestos dinâmicos | Base de amostras |
|---------------------|------------------------|---------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------|
| Avola et al. (2014) | Leap Motion | Não informado | Não informado | Algoritmo de desenho a mão livre | Não informado |



Trabalhos relacionados

| Características | Dispositivo de entrada | Arquitetura | Reconhecimento de sinais estáticos | Reconhecimento de sinais dinâmicos | Base de amostras |
|-----------------|------------------------|---------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------|
| Souza (2013) | Microsoft Kinect | Não informado | SVMs | HCRFs | 14739 |

Pato

Classificador de Sequências

P P P A A A T T T O O

Classificador de Gestos Estáticos



Objetivos do trabalho proposto

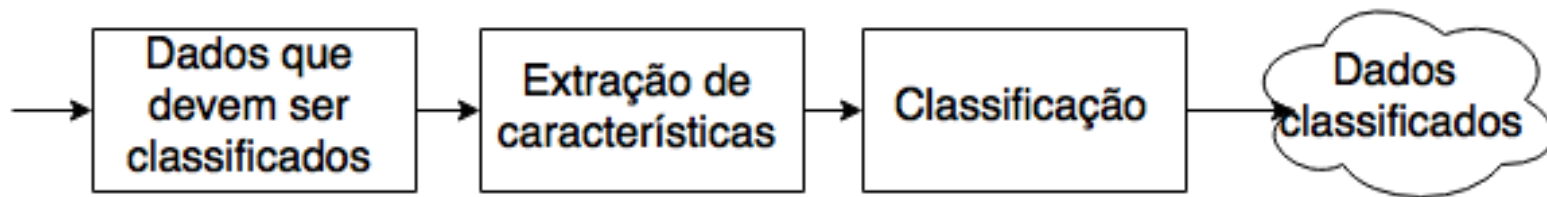
Desenvolver uma aplicação para auxiliar no ensino-aprendizagem da LIBRAS:

- Reconhecer sinais da LIBRAS utilizando o Leap Motion
- Reconhecer sinais estáticos utilizando SVMs
- Reconhecer sinais dinâmicos utilizando HMMs

Requisitos funcionais

- Exibir um modelo 3D da mão do usuário e do sinal que deve ser reproduzido
- Reconhecer sinais estáticos e dinâmicos da LIBRAS utilizando SVMs e HMMs
- Permitir que seja possível treinar os algoritmos de reconhecimento de sinais
- Prover feedback ao usuário informando que o sinal foi reconhecido corretamente

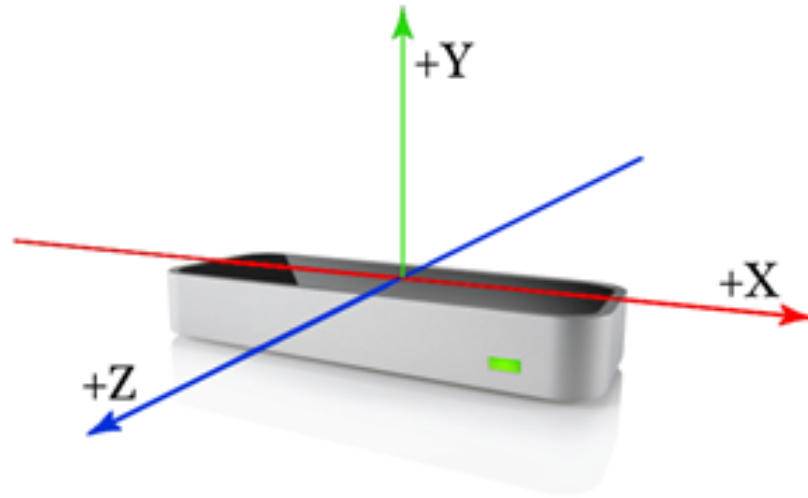
Classificação



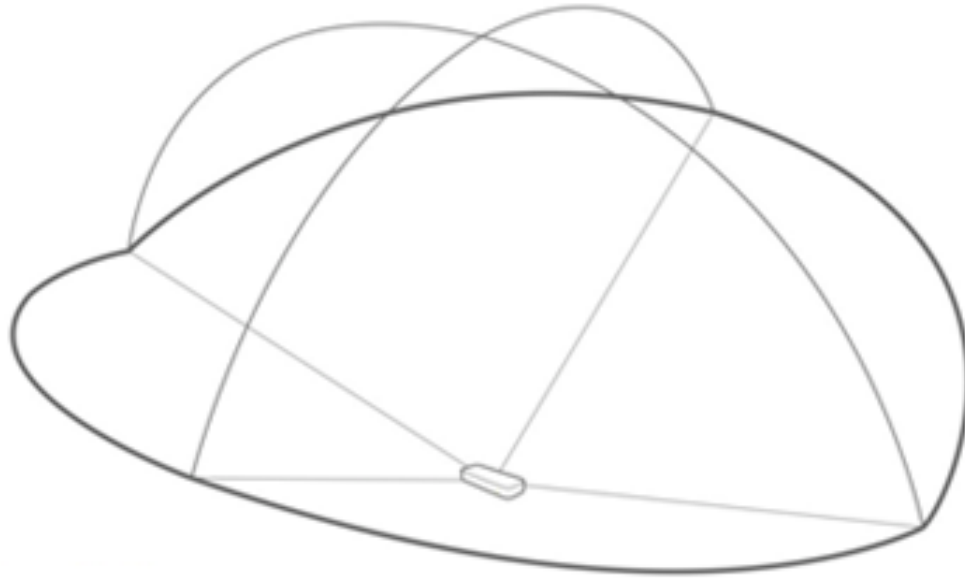
Leap Motion



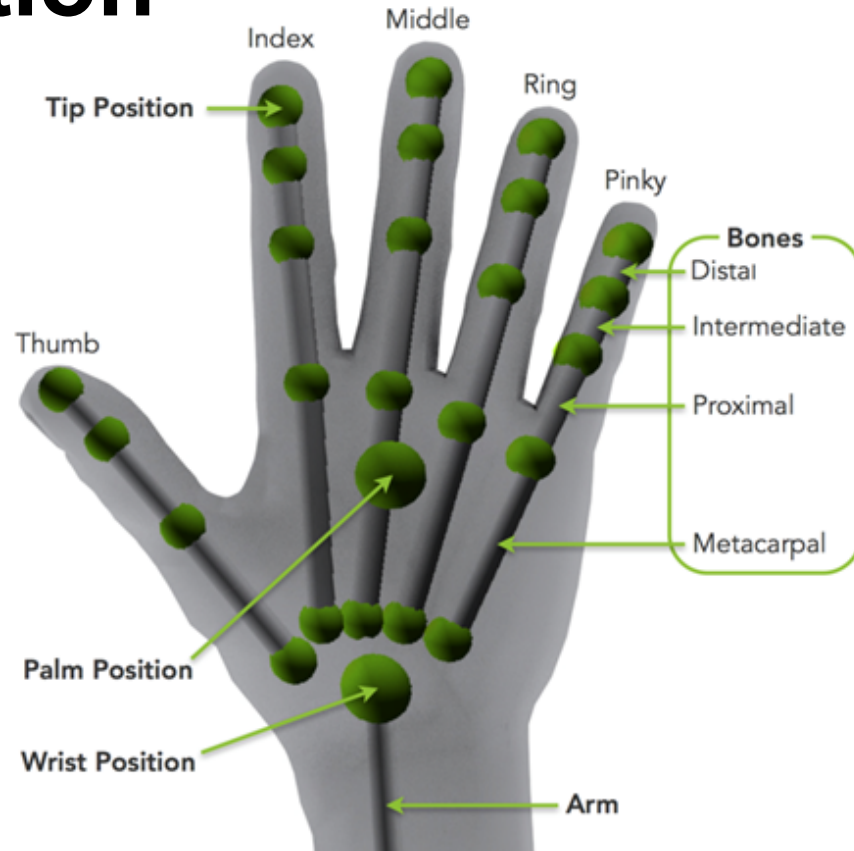
Leap Motion



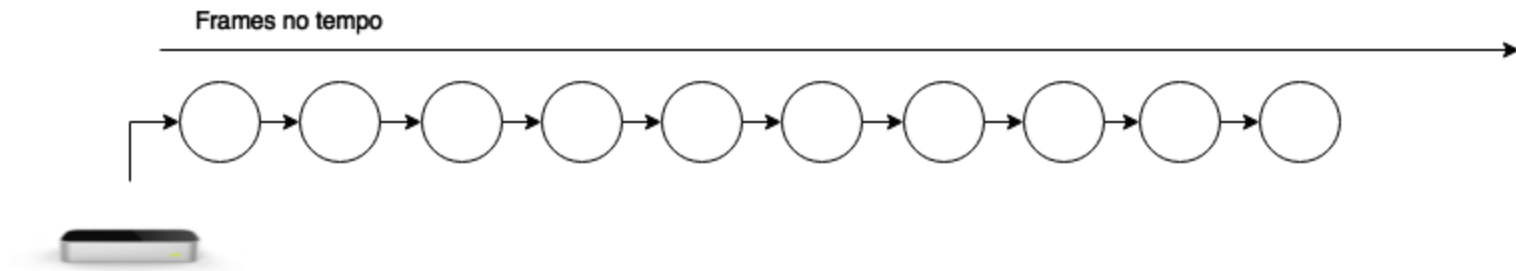
Leap Motion



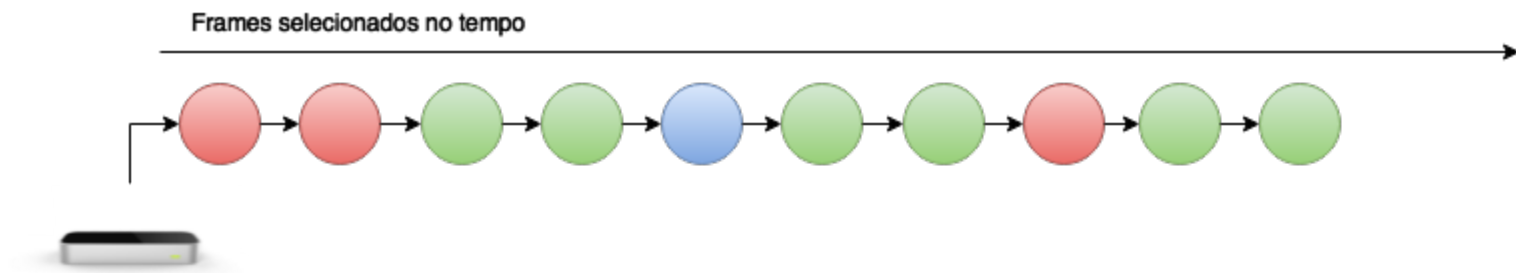
Leap Motion



Leap Motion



Leap Motion



Experimento: aquisição de dados

Objetivos:

- Verificar quais sinais podem ser reproduzidos com o Leap Motion
- Montar uma base de amostras para os algoritmos de reconhecimento

Experimento: aquisição de dados

Sinais selecionados:

- Alfabeto datilológico
- Números de 0 à 9
- Outros: comprar, nome, reais, querer, hoje, onde, poder, oi, tchau, tênis, boa noite, salto alto

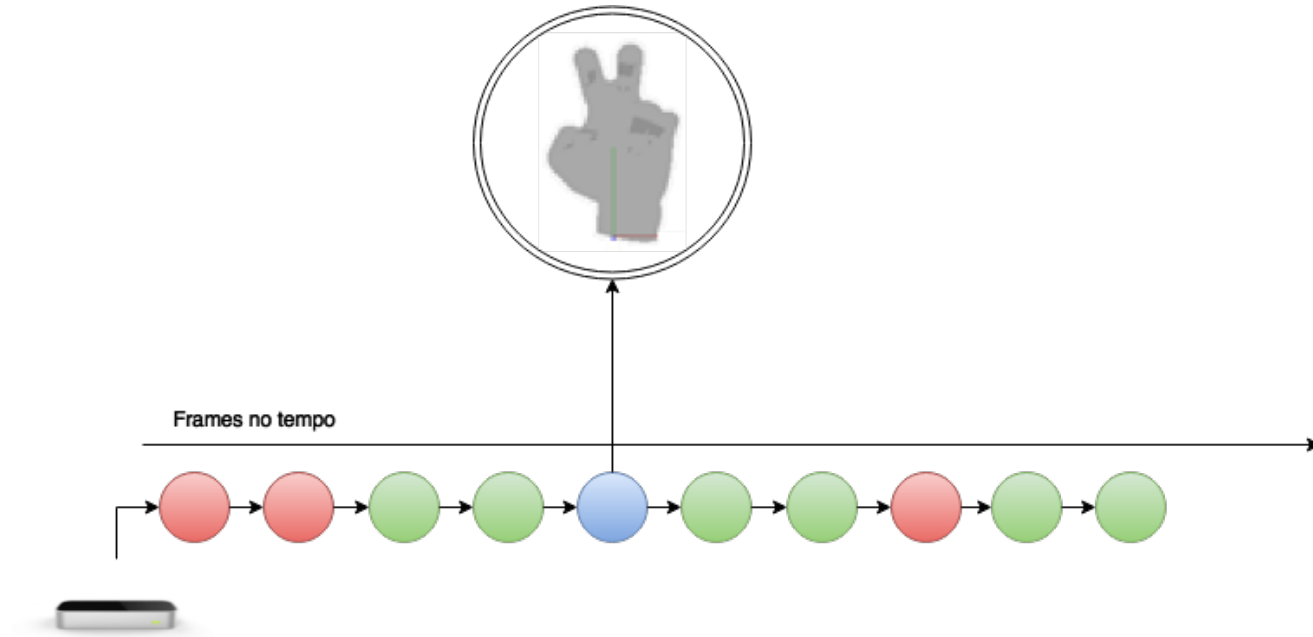
Experimento: aquisição de dados

Resultados:

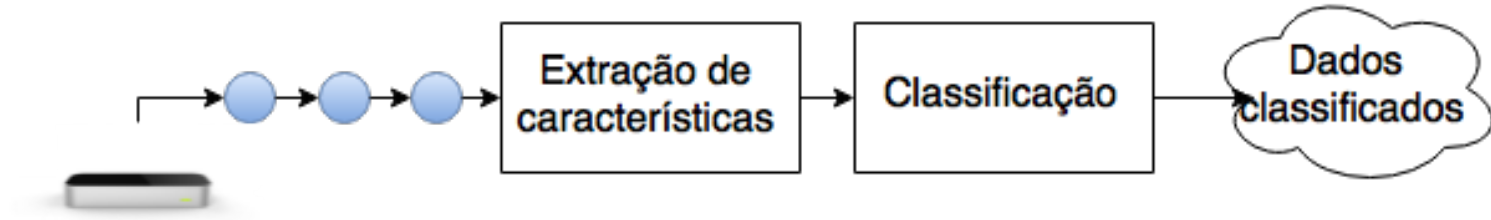
- 34 sinais podem ser reproduzidos
- 15 sinais não podem ser reproduzidos
- Sinais que não podem ser reproduzidos: d, f, g, h, k, m, n, p, r, t, y, 6, 7, comprar, boa noite
- Base de 197 amostras para treinar os algoritmos

Reconhecimento de sinais estáticos

Interpretação de um sinal estático



Reconhecimento de sinais estáticos

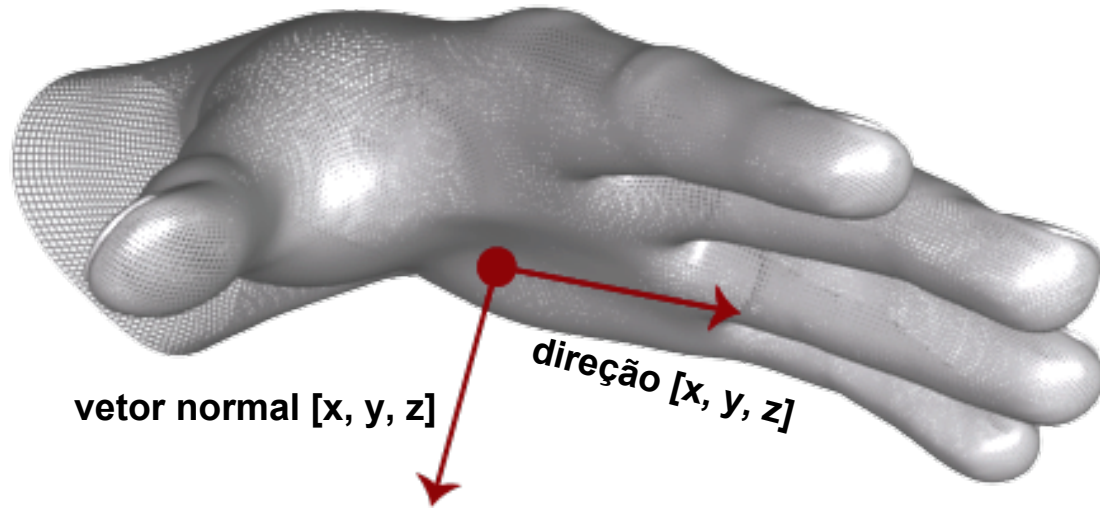


Extração de características

- Vetor normal da palma da mão
- Vetor de direção da mão
- Vetores de direção dos dedos
- Ângulos entre os dedos

Extração de características

Vetor normal da palma da mão e direção da mão



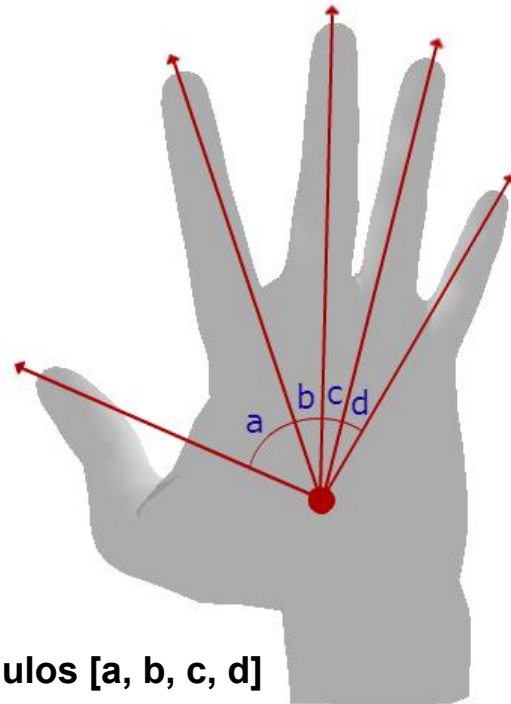
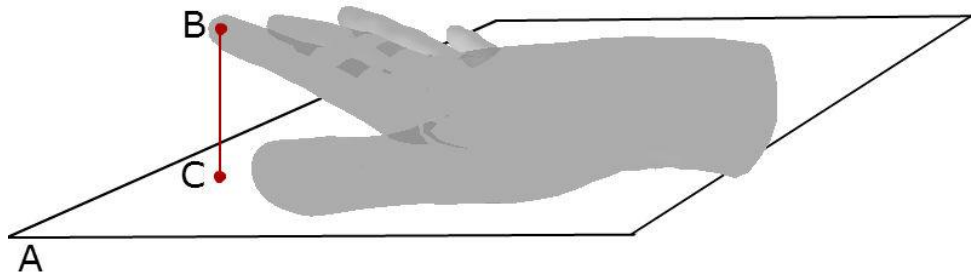
Extração de características

Direção dos dedos



Extração de características

Ângulos entre os dedos

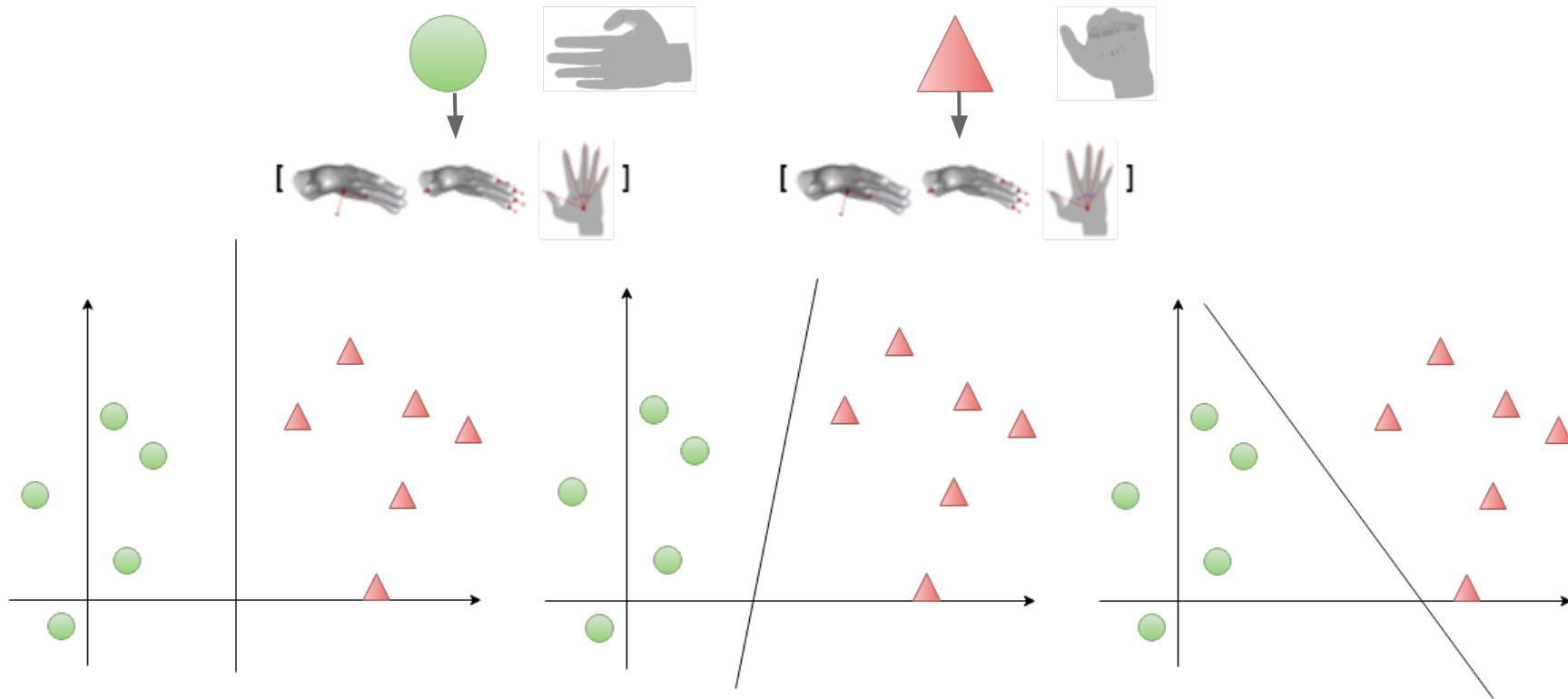


ângulos [a, b, c, d]

Reconhecimento de sinais estáticos

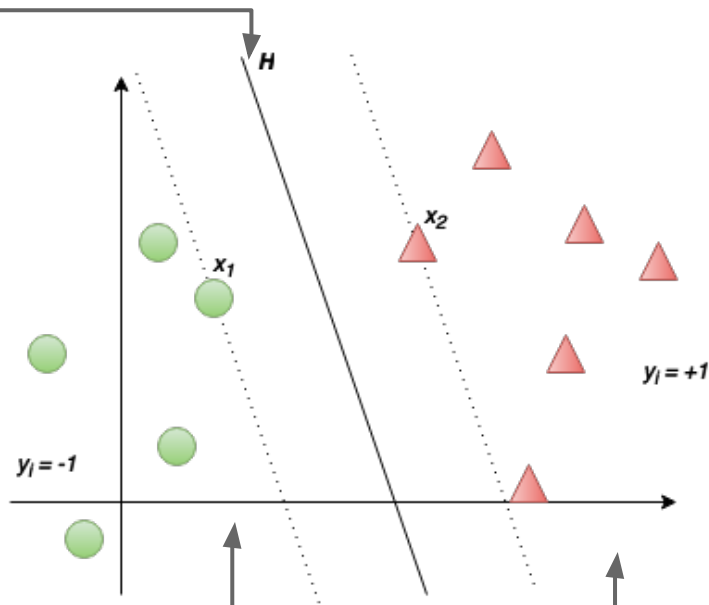


Máquinas de Vetores de Suporte (SVM)



Máquinas de Vetores de Suporte (SVM)

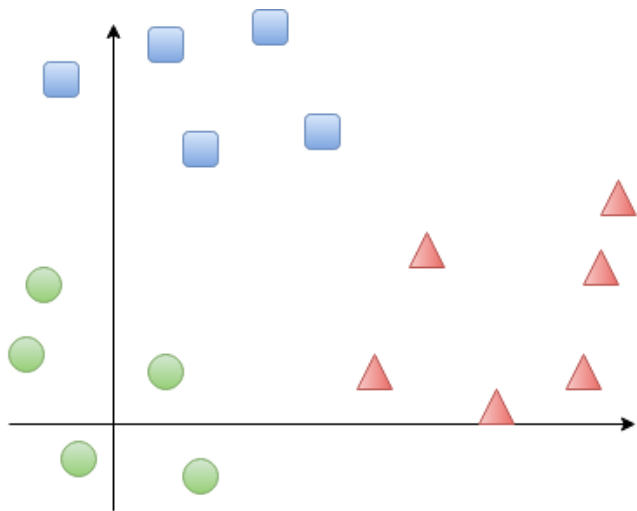
$$f(x) = w \cdot x + b = 0$$



$$g(x) = \text{sgn}(f(x)) = \begin{cases} +1 & \text{se } w \cdot x + b > 0 \\ -1 & \text{se } w \cdot x + b < 0 \end{cases}$$

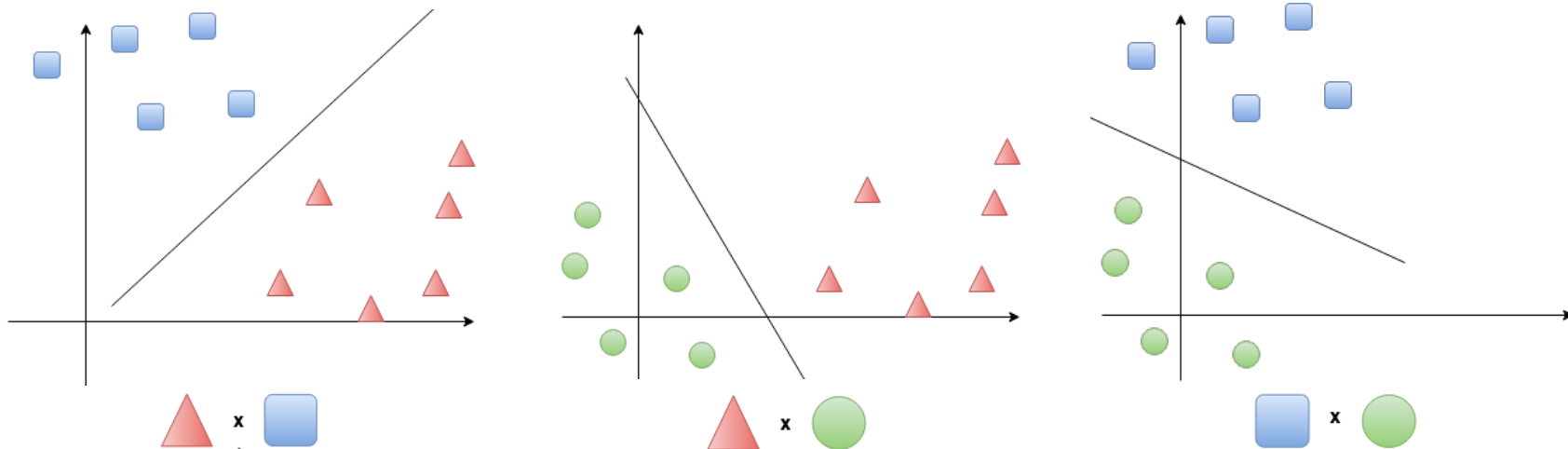
Máquinas de Vetores de Suporte (SVM)

Classificando múltiplas classes, o método um-contra-um.



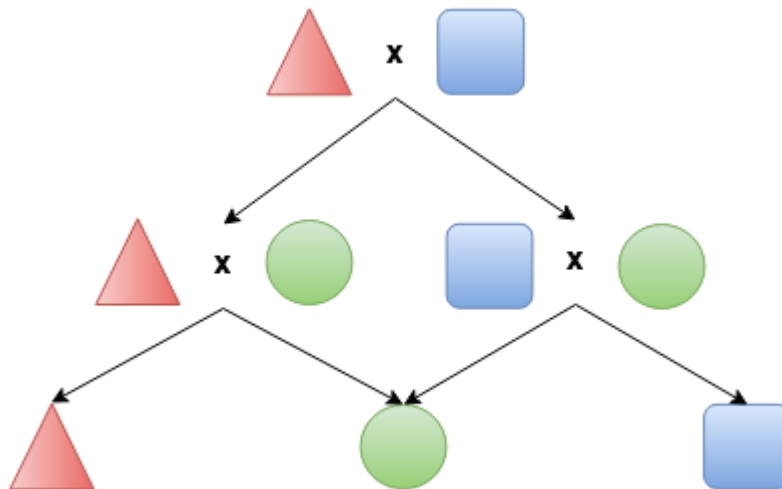
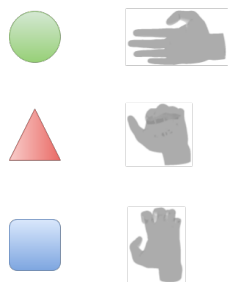
Máquinas de Vetores de Suporte (SVM)

Classificando múltiplas classes, o método um-contra-um.



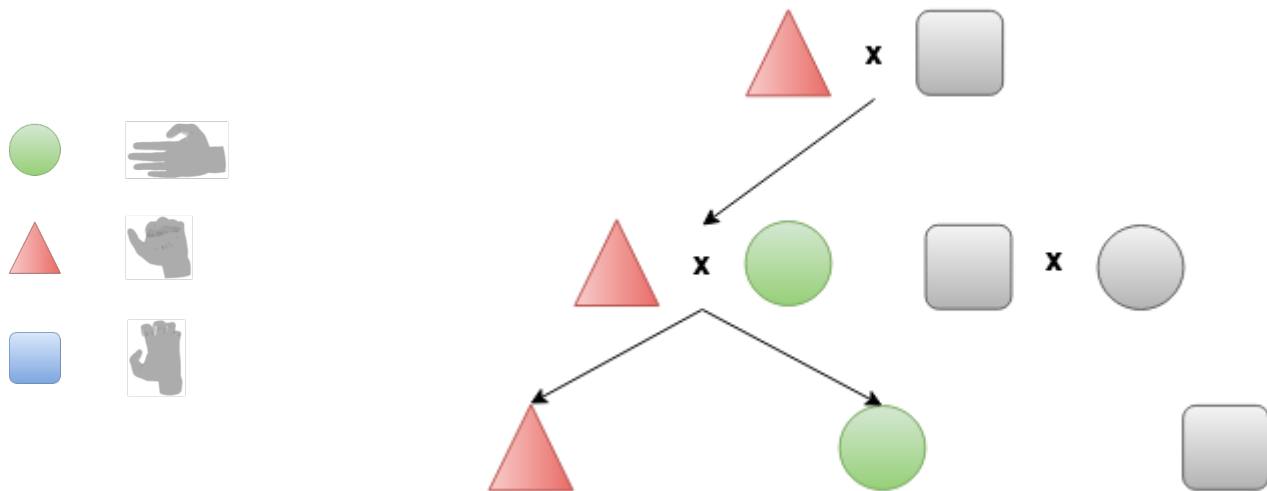
Máquinas de Vetores de Suporte (SVM)

Classificando múltiplas classes, o método um-contra-um.



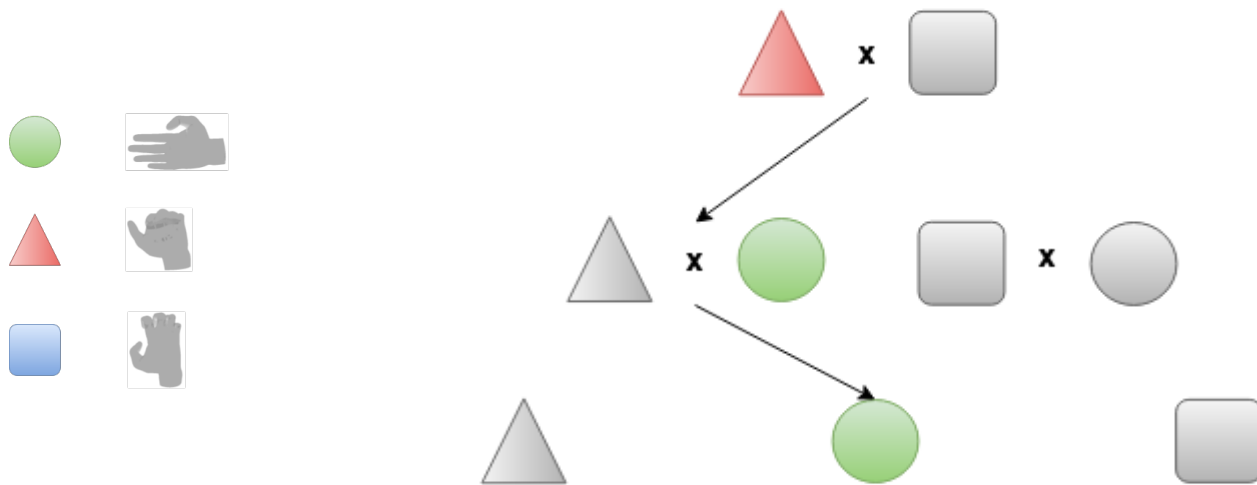
Máquinas de Vetores de Suporte (SVM)

Classificando múltiplas classes, o método um-contra-um.



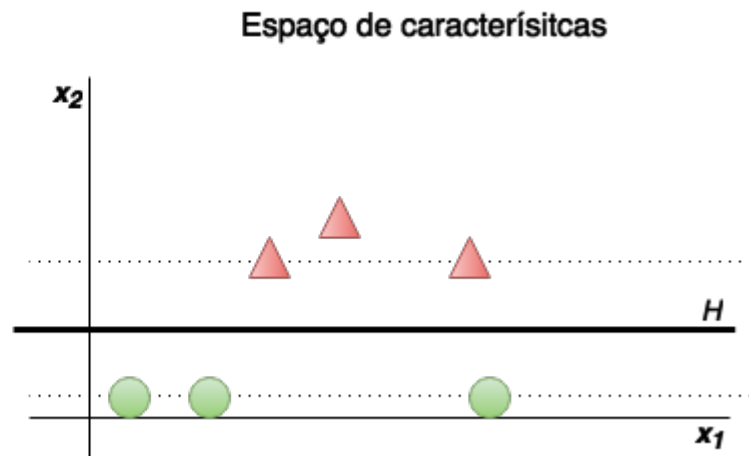
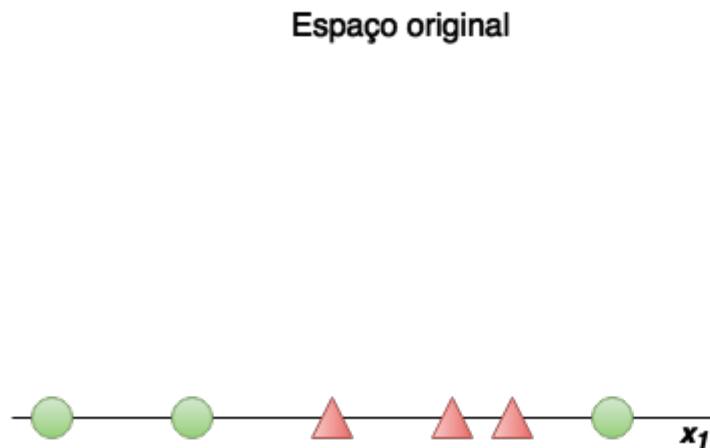
Máquinas de Vetores de Suporte (SVM)

Classificando múltiplas classes, o método um-contra-um.



Máquinas de Vetores de Suporte (SVM)

Trabalhando com dados não separáveis linearmente, o truque do Kernel.



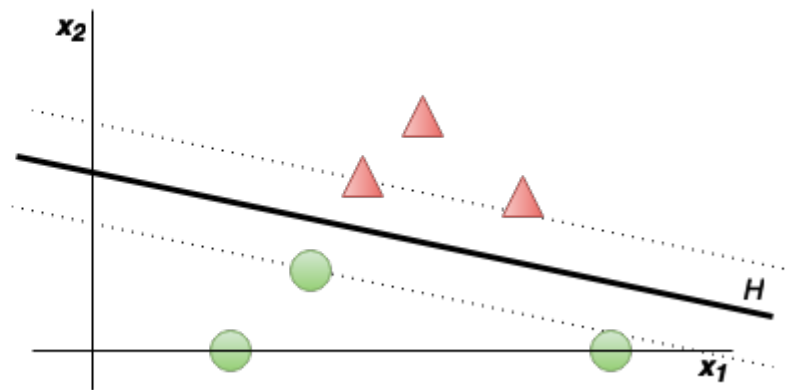
Máquinas de Vetores de Suporte (SVM)

Kernel gaussiano

Espaço original

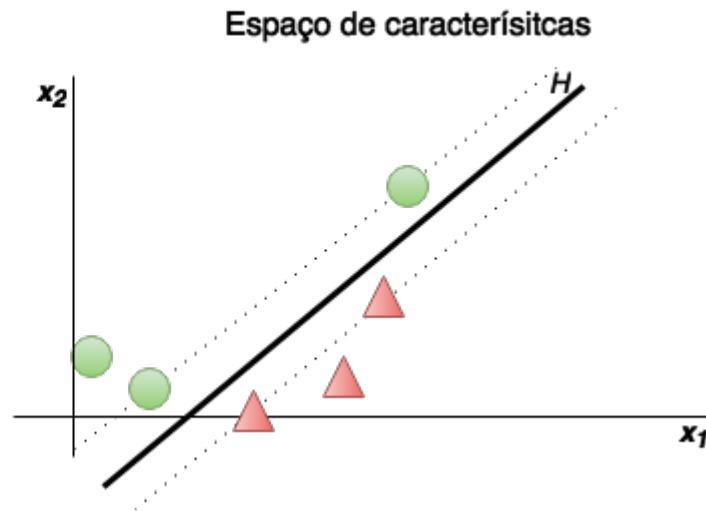
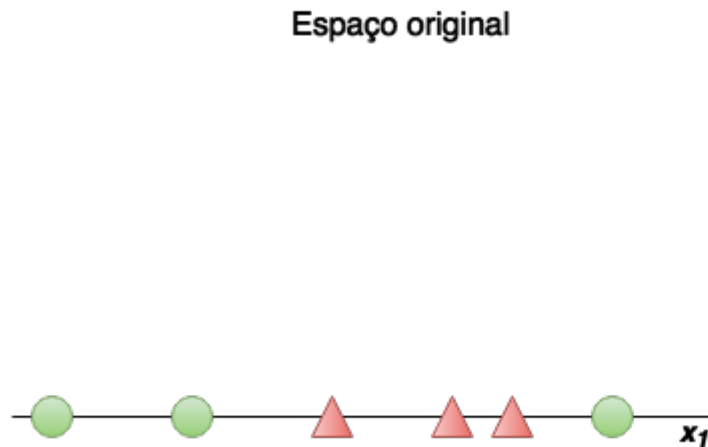


Espaço de características

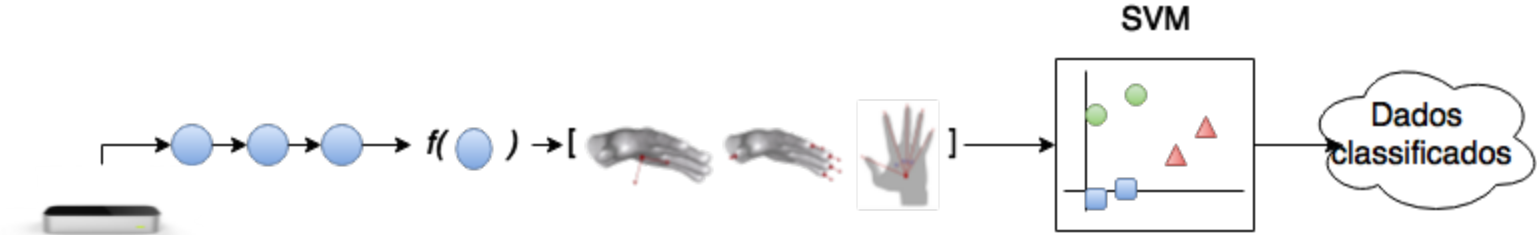


Máquinas de Vetores de Suporte (SVM)

Kernel polinomial



Reconhecimento de sinais estáticos



Experimento: funções kernel

| Função kernel | Número de classificações corretas | Percentual de acerto |
|-------------------------------|-----------------------------------|----------------------|
| Linear ($c = 1$) | 59 | 81,94% |
| Linear ($c = 3$) | 61 | 84,72% |
| Gaussiano ($\sigma = 1,5$) | 58 | 80,55% |
| Gaussiano ($\sigma = 5$) | 45 | 62,5% |
| Polinomial ($d = 3, c = 1$) | 62 | 86,11% |
| Polinomial ($d = 2, c = 1$) | 61 | 84,72% |

Experimento: funções kernel

| Custo / Kernel | Linear (c = 3) | Gaussiano ($\sigma = 1,5$) | Polinomial (d = 3, c = 1) |
|----------------|----------------|------------------------------|---------------------------|
| C = 0,1 | 53 (73,61%) | 16 (22,22%) | 62 (86,11%) |
| C = 2 | 61 (84,72%) | 61 (84,72%) | 62 (86,11%) |
| C = 10 | 61 (84,72%) | 61 (84,72%) | 62 (86,11%) |

Experimento: validação cruzada

| Sinal | Classificações corretas |
|-------|-------------------------|
| A | 4 (100%) |
| B | 4 (100%) |
| C | 4 (100%) |
| E | 4 (100%) |
| I | 4 (100%) |
| L | 4 (100%) |

| Sinal | Classificações corretas |
|-------|-------------------------|
| O | 0 (0%) |
| Q | 4 (100%) |
| S | 2 (50%) |
| U | 4 (100%) |
| V | 2 (50%) |

Experimento: validação cruzada

| Sinal | Classificações corretas |
|-------|-------------------------|
| ZERO | 3 (75%) |
| UM | 4 (100%) |
| DOIS | 4 (100%) |
| TRÊS | 4 (100%) |

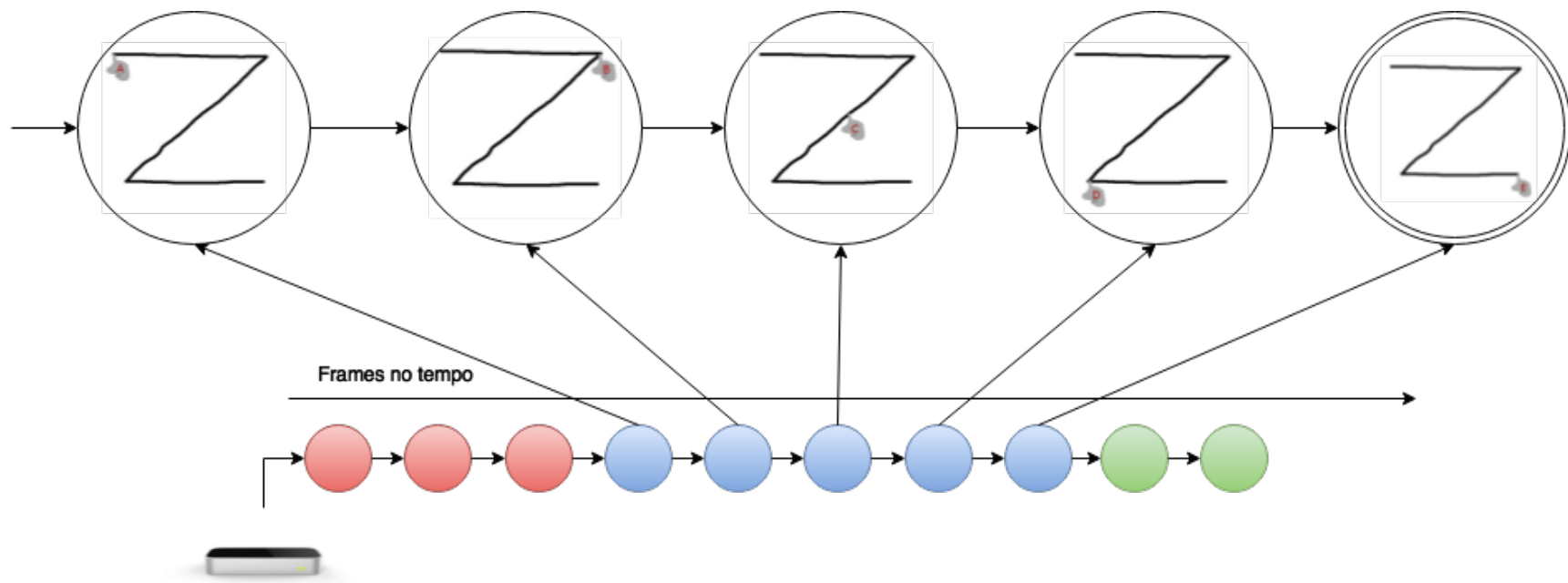
| Sinal | Classificações corretas |
|--------------|-------------------------|
| QUATRO | 4 (100%) |
| CINCO | 4 (100%) |
| NOVE | 3 (75%) |
| TOTAL | 62 (86,11%) |

Experimento: desempenho

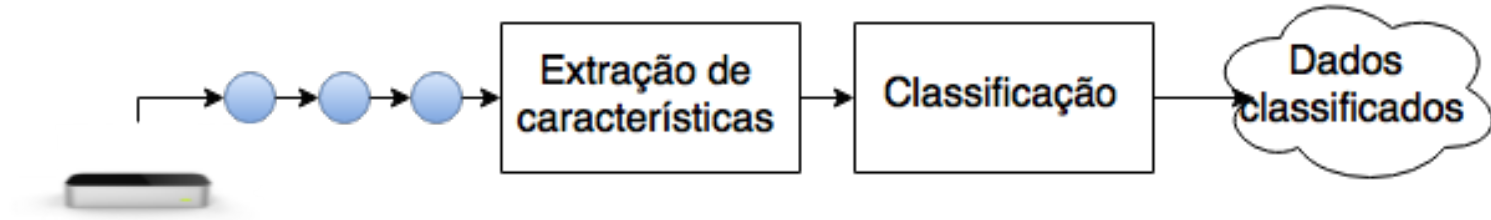
| Tempo médio para preparar os dados | Tempo médio para treinar | Tempo médio para classificar |
|---|---------------------------------|-------------------------------------|
| 31 ms | 285 ms | 0,12 ms |

Reconhecimento de sinais dinâmicos

Interpretação de um sinal dinâmico



Reconhecimento de sinais dinâmicos

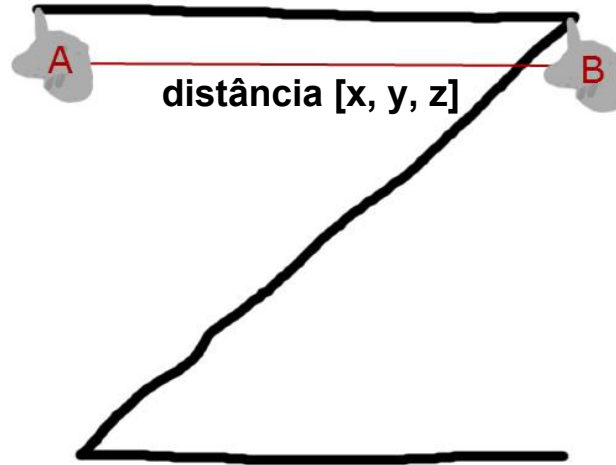


Extração de características

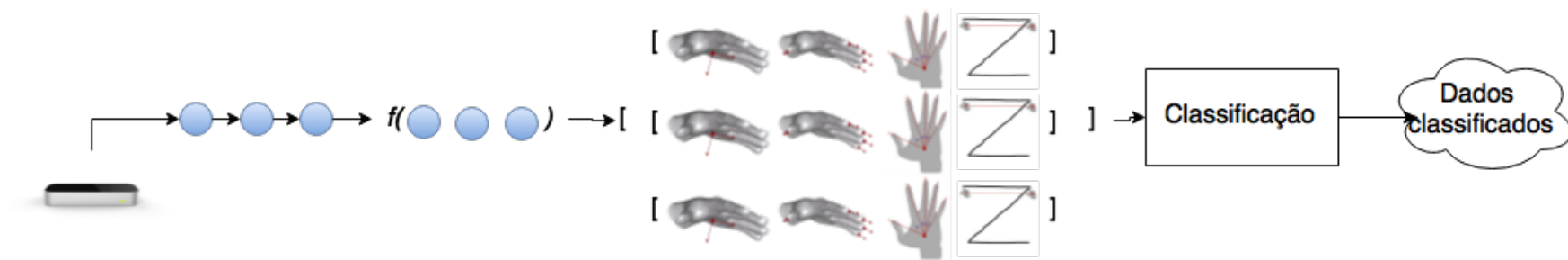
- Vetor normal da palma da mão
- Vetor de direção da mão
- Vetores de direção dos dedos
- Ângulos entre os dedos
- Distância das mãos em relação ao primeiro frame

Extração de características

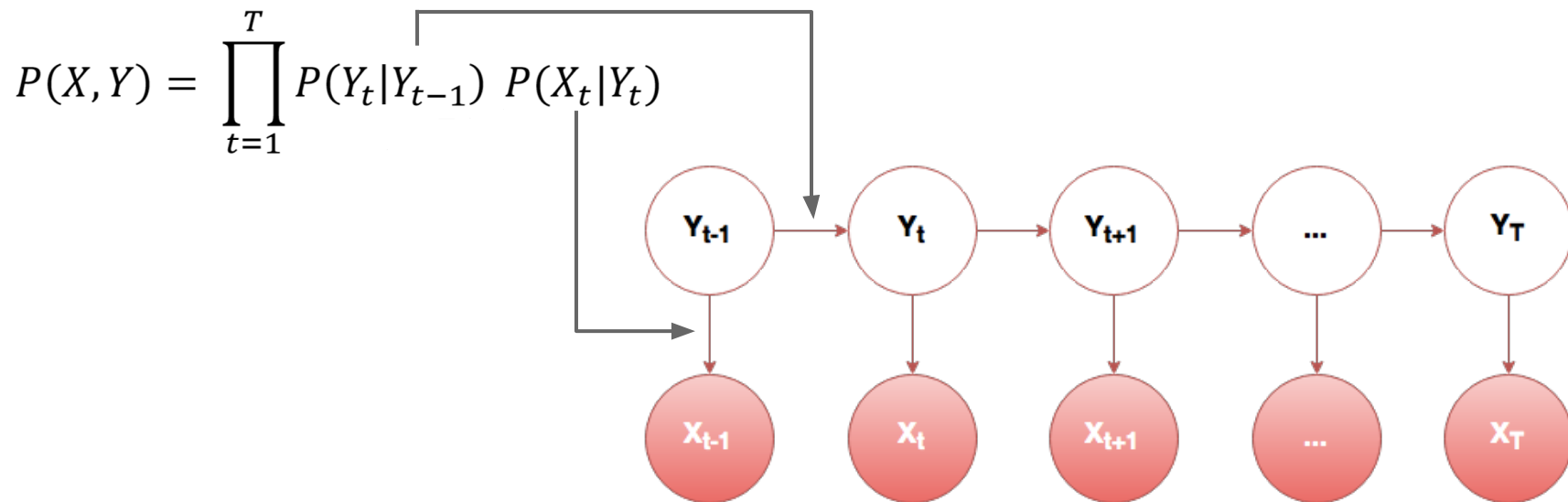
Distância das mãos em relação ao primeiro frame



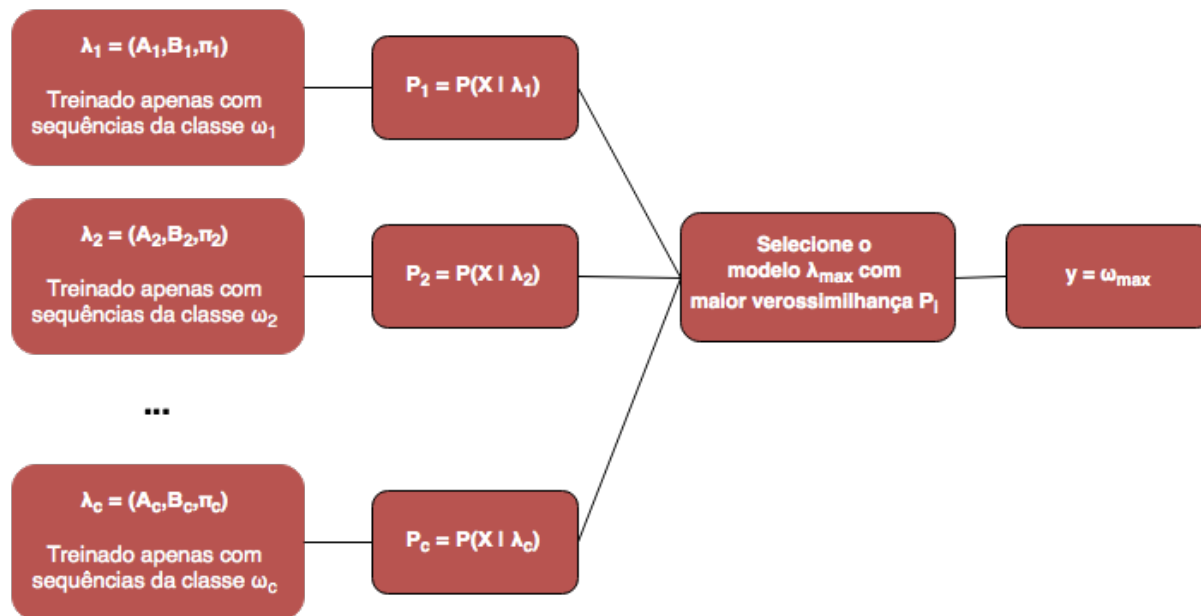
Reconhecimento de sinais dinâmicos



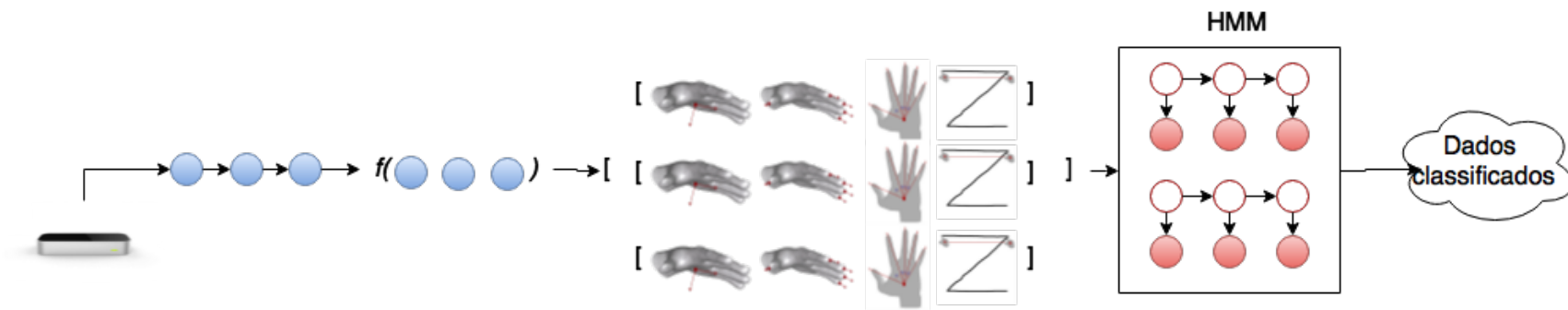
Modelos Ocultos de Markov (HMM)



Modelos Ocultos de Markov (HMM)



Reconhecimento de sinais dinâmicos



Experimento: validação cruzada

| Sinal | Classificações corretas |
|-------|-------------------------|
| Ç | 4 (100%) |
| J | 0 (0%) |
| X | 1 (25%) |
| Z | 4 (100%) |
| OI | 4 (100%) |
| TCHAU | 4 (100%) |

| Sinal | Classificações corretas |
|------------|-------------------------|
| NOME | 3 (75%) |
| REAIS | 4 (100%) |
| PODER | 4 (100%) |
| QUERER | 4 (100%) |
| SALTO ALTO | 4 (100%) |
| TÊNIS | 4 (100%) |

Experimento: validação cruzada

| Sinal | Classificações corretas |
|-------|-------------------------|
| OITO | 4 (100%) |
| ONDE | 4 (100%) |

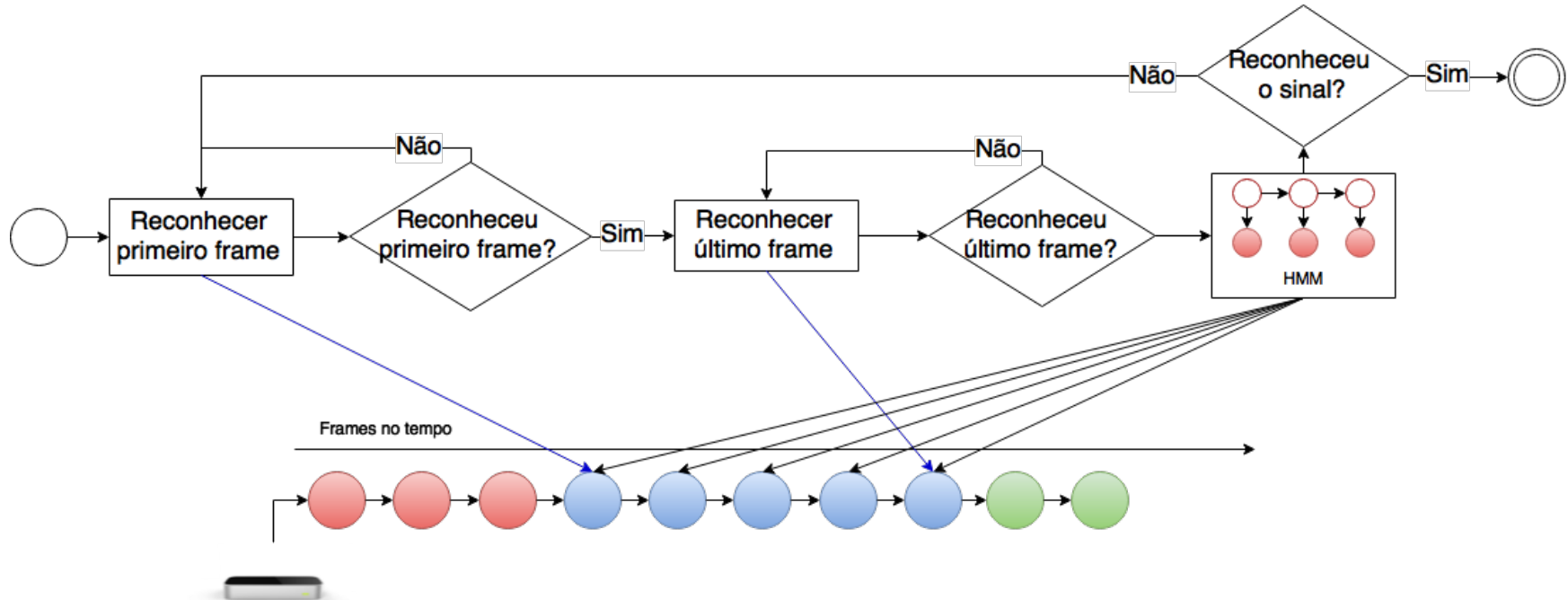
| Sinal | Classificações corretas |
|--------------|-------------------------|
| HOJE | 4 (100%) |
| TOTAL | 52 (86,66%) |

Experimento: desempenho

| Tempo médio para preparar os dados | Tempo médio para treinar | Tempo médio para classificar |
|---|---------------------------------|-------------------------------------|
| 103,66 ms | 904 ms | 3,7 ms |

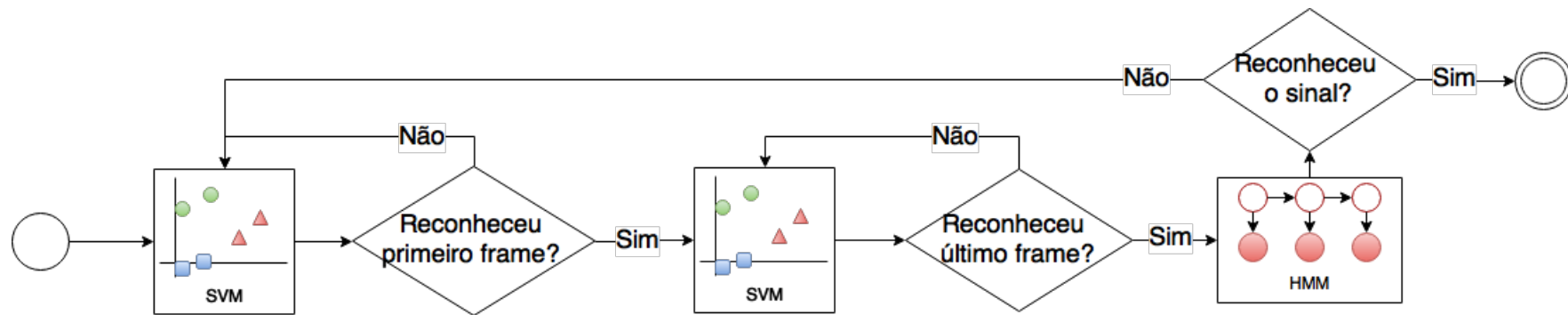
Reconhecimento de sinais dinâmicos

Fluxo para reconhecer um sinal dinâmico



Reconhecimento de sinais dinâmicos

Reconhecimento do primeiro e do último frame

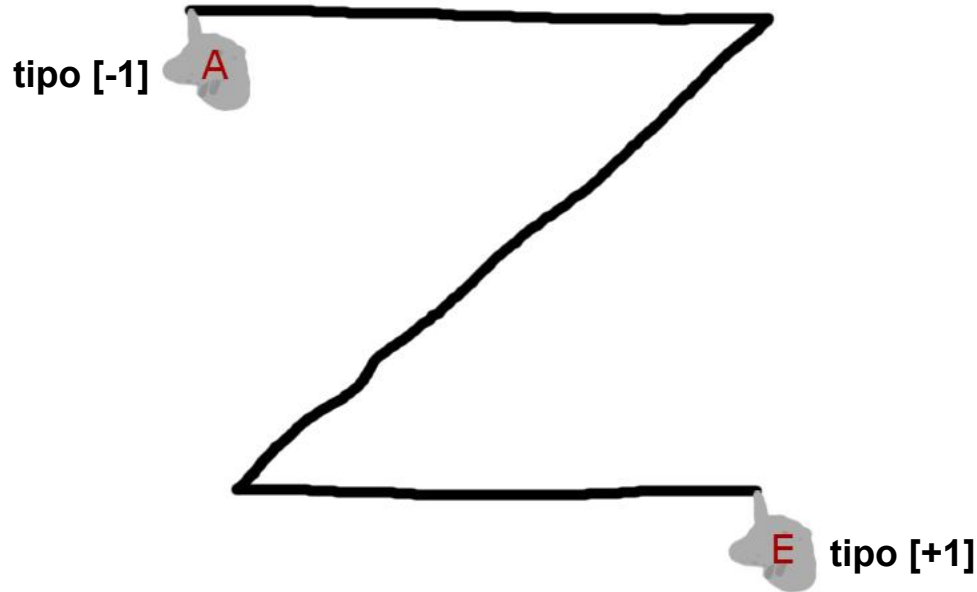


Extração de características

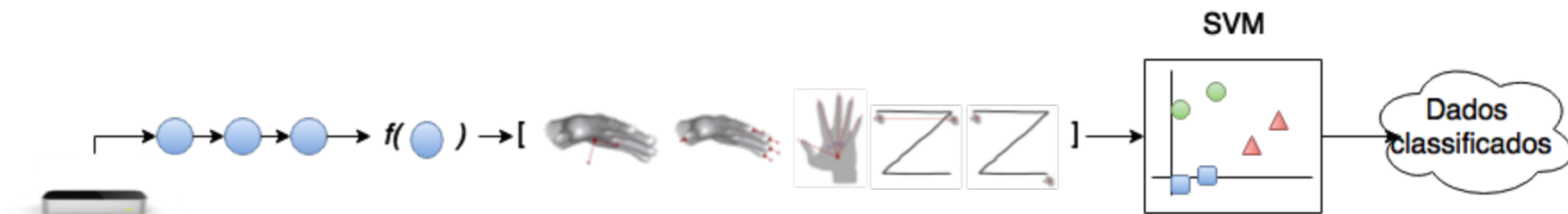
- Vetor normal da palma da mão
- Vetor de direção da mão
- Vetores de direção dos dedos
- Ângulos entre os dedos
- Distância das mãos em relação ao primeiro frame
- Tipo do frame

Extração de características

Tipo do frame



Reconhecimento de sinais dinâmicos



Experimento: funções kernel

| Função kernel | Número de classificações corretas | Percentual de acerto |
|-------------------------------|-----------------------------------|----------------------|
| Linear ($c = 1$) | 110 | 91,66% |
| Linear ($c = 3$) | 110 | 91,66% |
| Gaussiano ($\sigma = 2,5$) | 10 | 88,33% |
| Gaussiano ($\sigma = 5$) | 99 | 82,5% |
| Polinomial ($d = 1, c = 1$) | 110 | 91,66% |
| Polinomial ($d = 2, c = 1$) | 107 | 89,16% |

Experimento: funções kernel

| Custo / Kernel | Linear (c = 3) | Gaussiano ($\sigma = 2,5$) | Polinomial (d = 1, c = 1) |
|----------------|----------------|------------------------------|---------------------------|
| C = 0,1 | 104 (86,66%) | 97 (80,83%) | 104 (86,66%) |
| C = 2 | 109 (90,83%) | 107 (89,16%) | 109 (90,83%) |
| C = 10 | 109 (90,83%) | 106 (88,33%) | 109 (90,83%) |

Experimento: validação cruzada

| Sinal | Classificações corretas |
|-------|-------------------------|
| Ç | 8 (100%) |
| J | 0 (0%) |
| X | 8 (100%) |
| Z | 8 (100%) |
| OI | 8 (100%) |
| TCHAU | 8 (100%) |

| Sinal | Classificações corretas |
|------------|-------------------------|
| NOME | 7 (87,5%) |
| REAIS | 7 (87,5%) |
| PODER | 8 (100%) |
| QUERER | 8 (100%) |
| SALTO ALTO | 8 (100%) |
| TÊNIS | 8 (100%) |

Experimento: validação cruzada

| Sinal | Classificações corretas |
|-------|-------------------------|
| OITO | 8 (100%) |
| ONDE | 8 (100%) |

| Sinal | Classificações corretas |
|--------------|-------------------------|
| HOJE | 8 (100%) |
| TOTAL | 110 (91,66%) |

Experimento: desempenho

| Tempo médio para preparar os dados | Tempo médio para treinar | Tempo médio para classificar |
|------------------------------------|--------------------------|------------------------------|
| 77,66 ms | 6785 ms | 0,28 ms |

Operacionalidade

SIGNA

Importar sinal

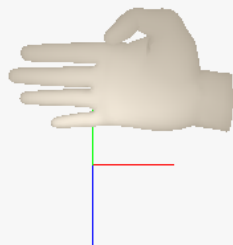
Gravar sinal

Treinar algoritmos

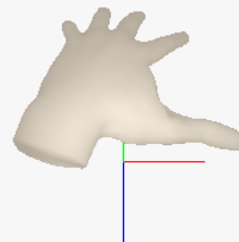
Faça este sinal

quatro

Exemplo do sinal [Play/Pause](#)



Suas mãos [Pular sinal](#)



Operacionalidade

SIGNA

Principal

Gravar sinal

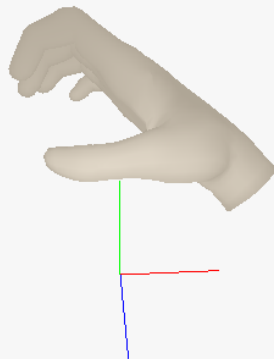
Treinar algoritmos

Informe um sinal para importar

Descrição/Nome do sinal

Escolher arquivo c-4.json

Importar



Testes de usabilidade

Metodologia

- Questionário de perfil
- Lista de tarefas
- Questionário de usabilidade

Testes de usabilidade

- Efetuado com 27 pessoas
- Pessoas da área da computação
- Pessoas da área da pedagogia com conhecimento da LIBRAS

Testes de usabilidade

Resultados: perfil

| | |
|--------------|---|
| Sexo | 44,4% feminino 55,6% masculino |
| Idade | 11,1% de 15 à 20 anos 63,0% de 21 à 30 anos 22,2% de 31 à 40 anos 3,7% com mais de 40 anos |
| Escolaridade | 0% ensino fundamental 0% ensino médio 63% superior incompleto 37% superior completo |

Testes de usabilidade

Resultados: perfil

| | |
|--|---|
| Conhece a LIBRAS? | 40,7% sim 59,3% não |
| Já usou algum aplicativo com o intuito do aprendizado da LIBRAS? | 3,7% sim 96,3% não |
| Qual o seu nível de conhecimento em informática? | 14,8% básico 25,9% médio 59,3% avançado |

Testes de usabilidade

Resultados: tarefas

| Tarefa | Sim | Não |
|--|-------|-------|
| Conseguiu reproduzir o primeiro sinal? | 85,2% | 14,8% |
| Conseguiu reproduzir o segundo sinal? | 66,7% | 33,3% |
| Conseguiu reproduzir o terceiro sinal? | 77,8% | 22,2% |
| Conseguiu reproduzir o quarto sinal? | 59,3% | 40,7% |
| Conseguiu reproduzir o quinto sinal? | 66,7% | 33,3% |
| Conseguiu importar o primeiro sinal? | 92,6% | 7,4% |
| Conseguiu importar o segundo sinal? | 70,4% | 29,6% |

Testes de usabilidade

Resultados: usabilidade

| | |
|--|--|
| Você achou fácil de usar a aplicação? | 100% sim 0% não |
| Qual a sua avaliação sobre a aplicação | 37,0% ótima 51,9% boa 11,1% regular 0% ruim 0% péssima |
| Você acha que essa aplicação serve para o aprendizado da LIBRAS? | 96,3% sim 3,7% não |

Testes de usabilidade

Resultados

- Aproximadamente 30% dos sinais reproduzidos resultaram em falsos-positivos
- O reconhecimento de um sinal leva entre 3 e 20 segundos

Testes de usabilidade

Observações

- Dificuldade em executar sinais com duas mãos
- Alguns exemplos de sinais são difíceis de visualizar
- Utilizar um modelo de mão mais realístico
- Exibir os sinais que estão sendo reconhecidos enquanto o sinal esperado não é reconhecido

Conclusões

| Características / Trabalhos | Nowiki et al. (2014) | Avola et al. (2014) | Souza (2013) | Batista (2015) |
|------------------------------------|-----------------------------|----------------------------------|---------------------|-----------------------|
| Dispositivo de entrada | Leap Motion | Leap Motion | Microsoft Kinect | Leap Motion |
| Arquitetura | Stand-alone | Não informado | Não informado | Cliente-servidor |
| Reconhecimento de gestos estáticos | SVMs | Não informado | SVMs | SVMs |
| Reconhecimento de gestos dinâmicos | HMMs | Algoritmo de desenho a mão livre | HCRFs | HMMs |
| Base de amostras | 5240 | Não informado | 14739 | 197 |
| Percentual de acerto | 85% | Não informar | Não informado | 86% |

Conclusões

- Aproximadamente 86% de precisão no reconhecimento de sinais
- Menos de 5 segundos para classificar um sinal
- Aproximadamente 96% dos usuários acham que a aplicação pode ser utilizada no aprendizado da LIBRAS
- Foi desenvolvida uma API web para reconhecimento de sinais que pode ser utilizada por outros dispositivos

Extensões

Algumas sugestões de extensão:

- Utilizar técnicas de educação
- Melhorar a base de amostras
- Permitir o reconhecimento de frases e soletração

DEMONSTRAÇÃO