

Classificação Hierárquica

1001513 – Aprendizado de Máquina 2
Turma A – 2022/2
Prof. Murilo Naldi



naldi@ufscar.br



Agradecimentos

- Pessoas que colaboraram com a produção deste material: Diego Silva, Ricardo Cerri, Moacir Ponti
- Intel IA Academy

Classificação *flat*

Todos os problemas até aqui eram de **classificação plana**

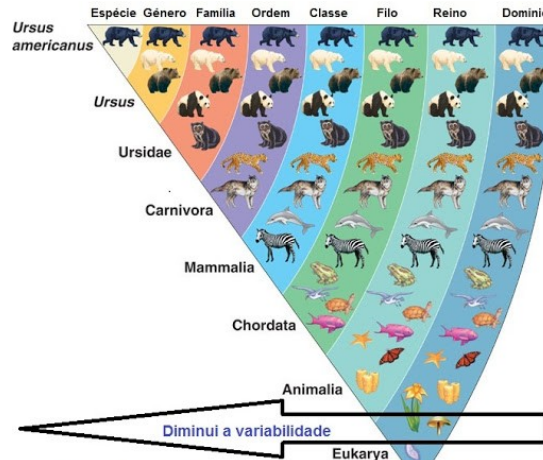
- Todos os rótulos estão em um mesmo nível / não há hierarquia



Classificação hierárquica

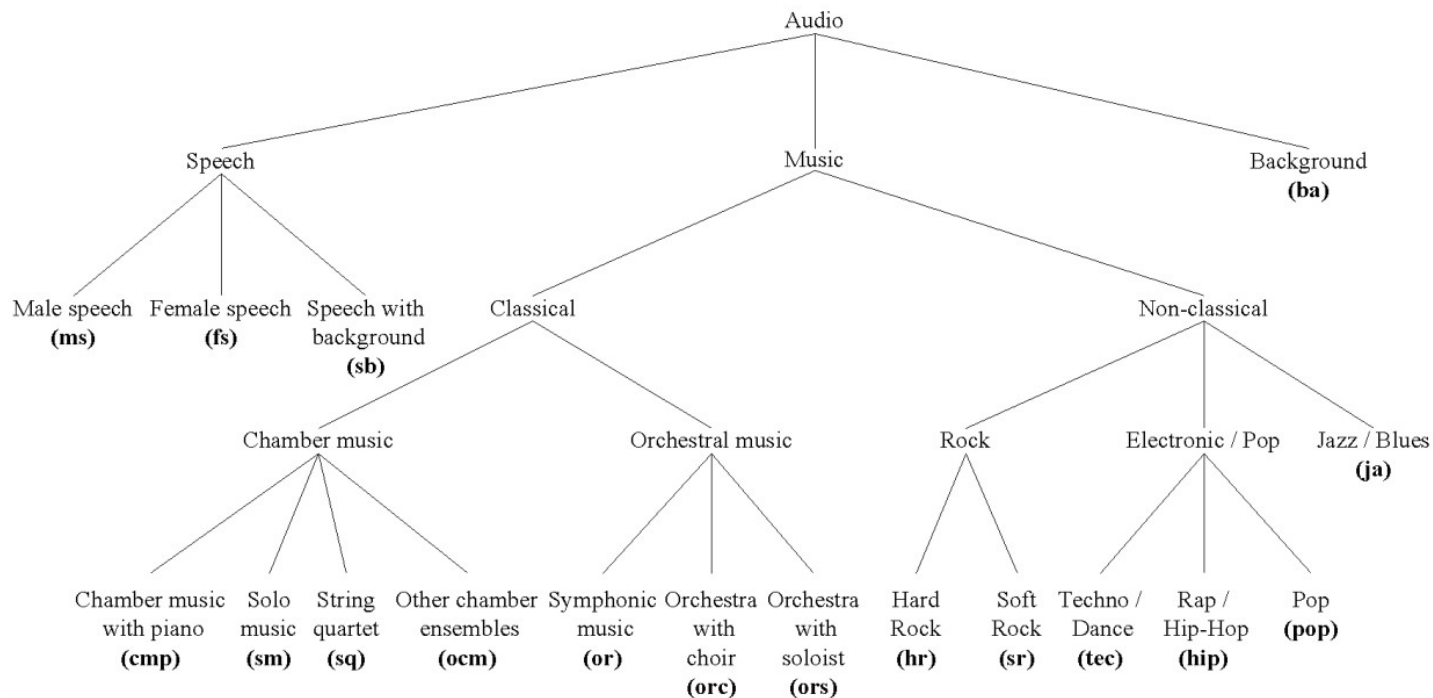
Considera subconjuntos de rótulos de modo a formar **taxonomias**

- Lembrem do REFICOFAGE - O Rei Ficou Claramente Orgulhoso da Família do Genro Escolhido rss

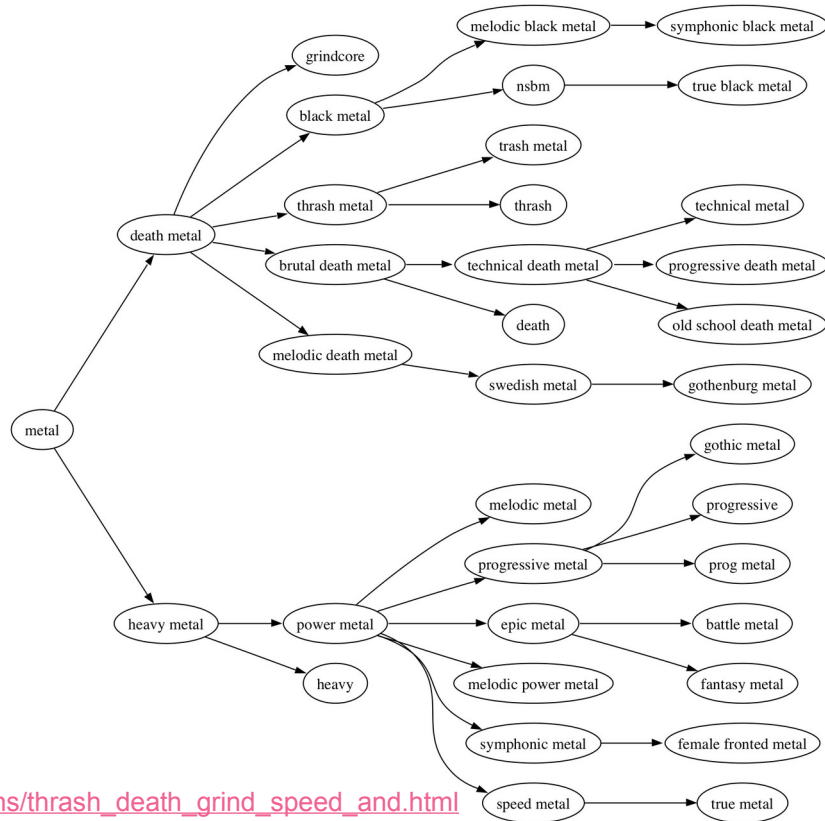


Adaptado de: http://faculty.fortlewis.edu/dott_cBio125-ConsBio/ClassMeetings/Week01-Biodiversity.htm, 27/01/2012

Classificação hierárquica



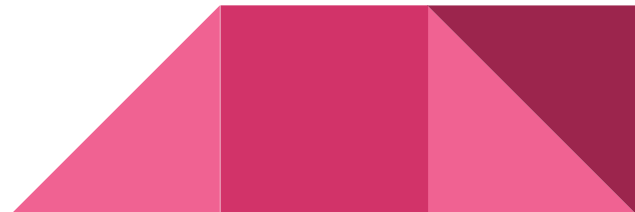
Classificação hierárquica



Relação “IS-A”

Dado um conjunto parcialmente ordenado $(C, <)$:

- Existe um único elemento superior “R” que é a raiz
- $\forall c_i, c_j \in C$, se $c_i < c_j$ então $c_j < c_i$ é falso
- $\forall c_i \in C$, $c_i < c_i$ é falso
- $\forall c_i, c_j, c_k \in C$, $c_i < c_j$ e $c_j < c_k$ implica $c_i < c_k$



Critérios

Classificação hierárquica segue três critérios:

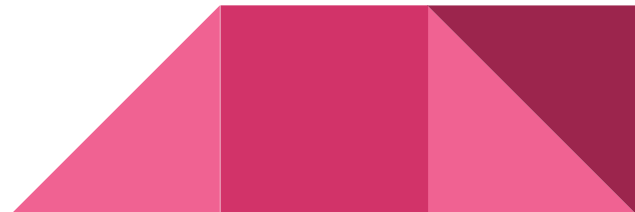
- Tipo de estrutura de hierárquica
- Quão profundo a classificação é feita
- Como a estrutura hierárquica é explorada



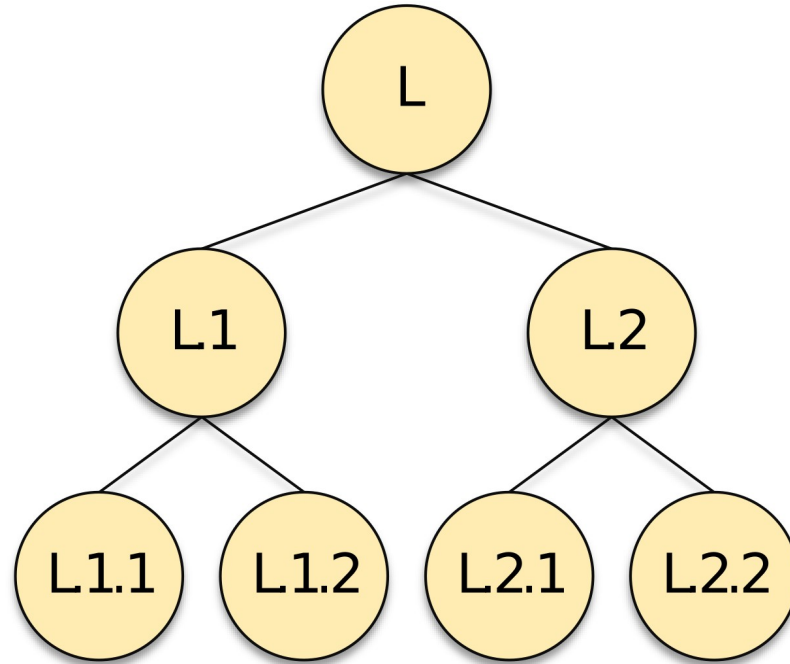
Critérios

Classificação hierárquica segue três critérios:

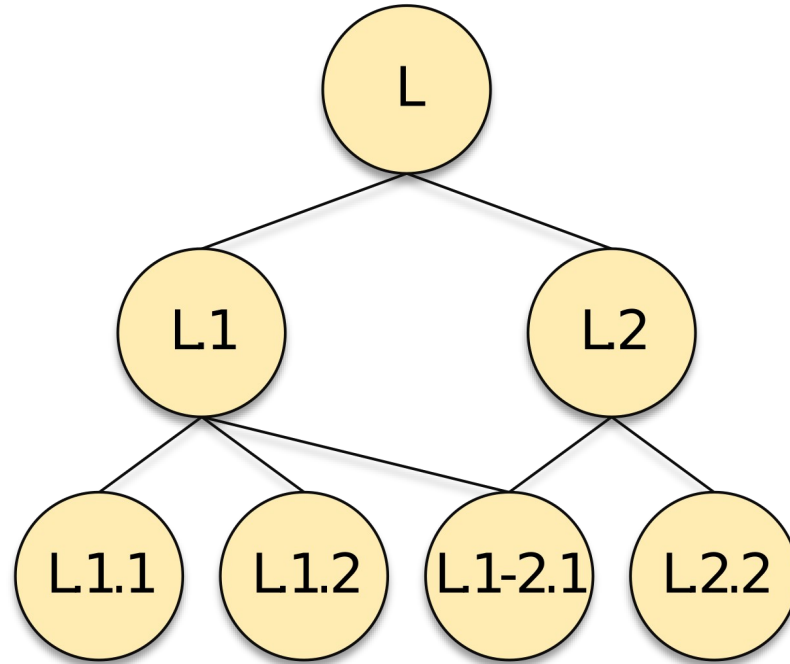
- **Tipo de estrutura de hierárquica**
- Quão profundo a classificação é feita
- Como a estrutura hierárquica é explorada



Tipo de estrutura hierárquica - árvore



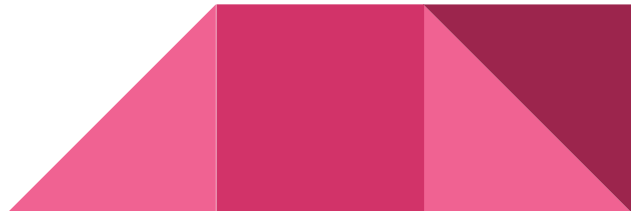
Tipo de estrutura - Direct Acyclic Graph (DAG)



Critérios

Classificação hierárquica segue três critérios:

- Tipo de estrutura de hierárquica
- **Quão profundo a classificação é feita**
- Como a estrutura hierárquica é explorada



Classificação hierárquica - conceitos

Profundidade

- Posso estar satisfeito em parar no rock, ou no metal, ou no death metal, ou no brutal death metal, ou... vocês entenderam
- Rotulação **parcial**

Em alguns casos, só o nó **folha** me interessa

- ex: classificação de espécies
- Rotulação **completa**



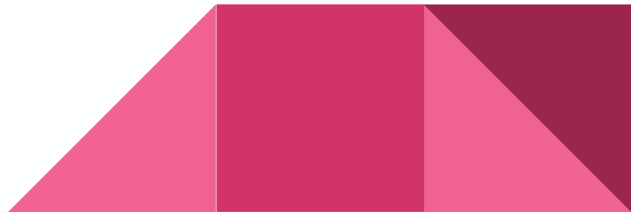
Classificação hierárquica - parcial ou completa?

Um algoritmo pode prever usando apenas classes representadas por nós folha:

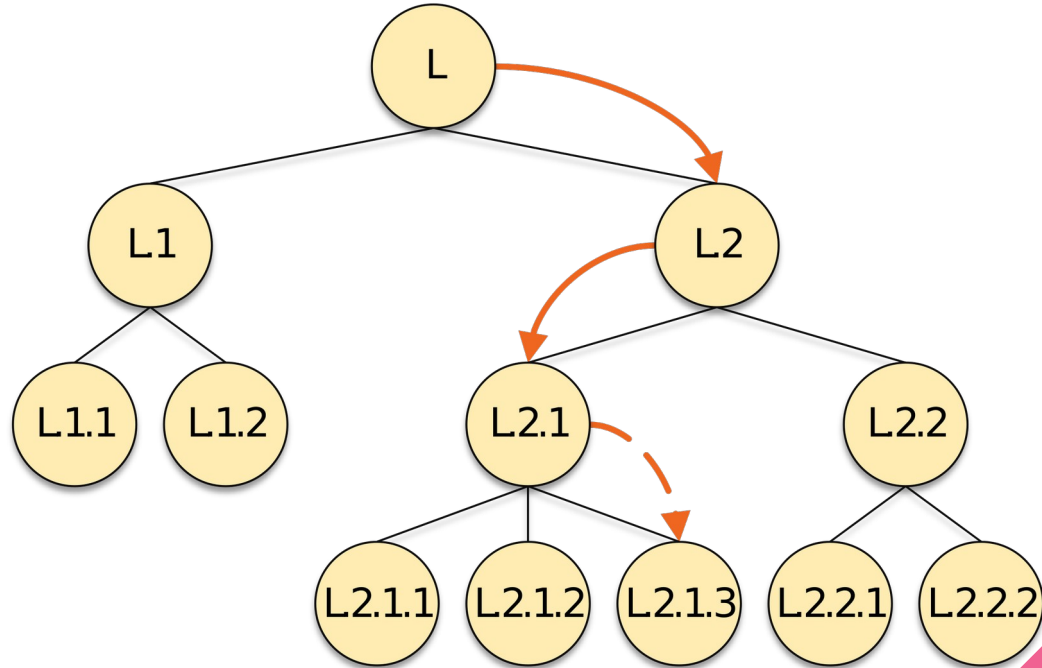
- *Mandatory Leaf-Node Prediction (MLNP)*

Ou usando classes denotadas por qualquer nó interno ou folha dentro da hierarquia

- *Non-Mandatory Leaf-Node Prediction (NMLNP)*



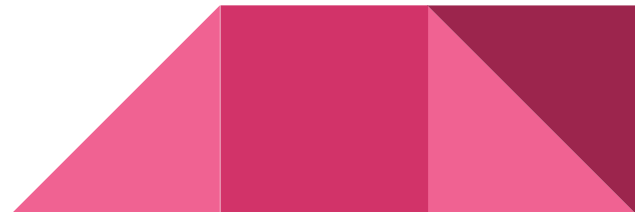
Classificação hierárquica - parcial ou completa?



Classificação hierárquica

Pode ser **multirrótulo**

- Caso haja mais de um caminho possível na hierarquia
- E cada rótulo pode estar na folha ou não (parcial vs. completa)



Classificação hierárquica

Pode ser **multirrótulo**

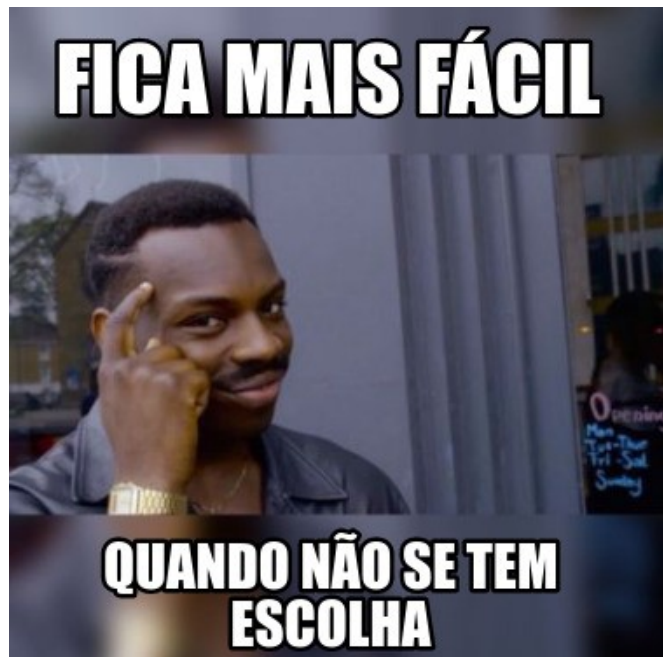
- Caso haja mais de um caminho possível na hierarquia
- E cada rótulo pode estar na folha ou não (parcial vs. completa)



Classificação hierárquica

Vamos começar pelo “fácil”

- Árvore, monorrótulo e completa



Critérios

Classificação hierárquica segue três critérios:

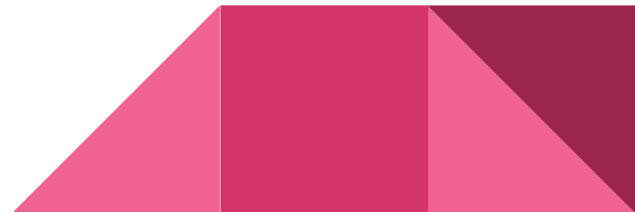
- Tipo de estrutura de hierárquica
- Quão profundo a classificação é feita
- **Como a estrutura hierárquica é explorada**



Explorando estrutura

Três métodos são mais conhecidos:

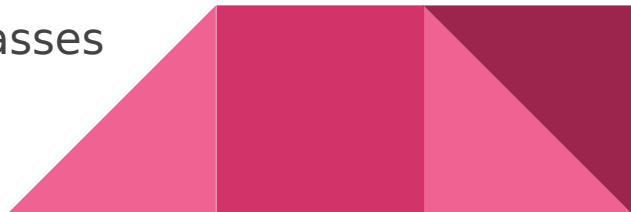
- Classificadores planos
- Abordagem global (*big-bang*)
- Abordagem local (*top-down*)



Explorando a estrutura

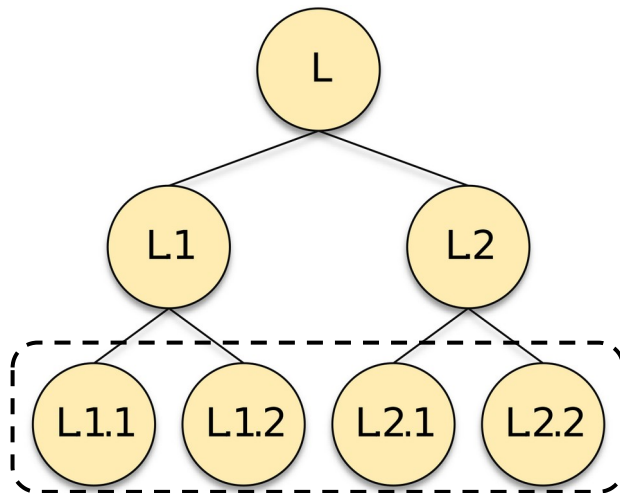
Classificação Plana (*Flat*)

- Consiste em ignorar completamente a hierarquia de classes
 - Prevê apenas classes nos nós folha
 - Solução indireta para o problema hierárquico:
 - Quando um classe folha é atribuída a um exemplo, também herda todas as classes ancestrais (lembre-se de que assumimos uma hierarquia de classes “IS-A”)
- Desvantagens:
 - Um classificador para um grande número de classes
 - Não faz classificação parcial



Classificação hierárquica - abordagens

Plana



Classificador
multiclasse

Explorando a estrutura

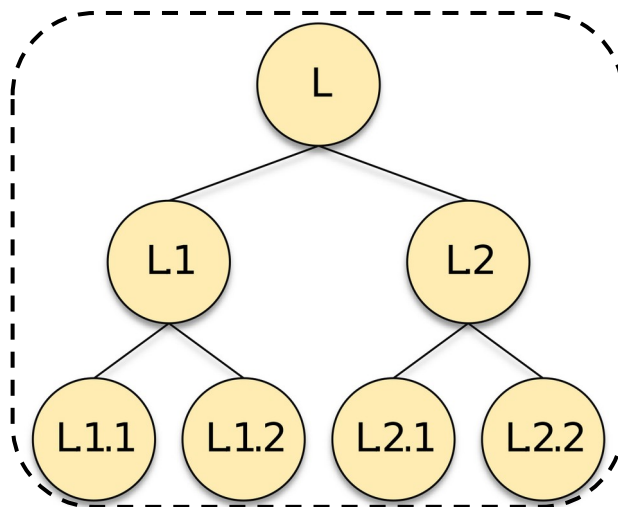
Método Global (ou *Big-Bang*)

- Modelo único para toda a hierarquia
 - Geralmente o modelo é menor que a soma de modelos locais
 - Mas necessita de maior poder computacional
- Pode usar dependência na classificação, uma vez que existe relação explícita entre classes de diferentes níveis
- Contudo, perde capacidade de especialização
 - Pode usar um único algoritmo/modelo



Classificação hierárquica - abordagens

Global

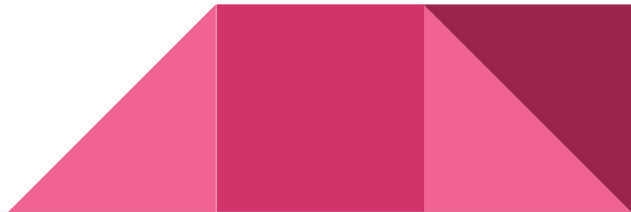


Classificador
multiclasse

Explorando a estrutura

Método Local (ou *Top-Down*)

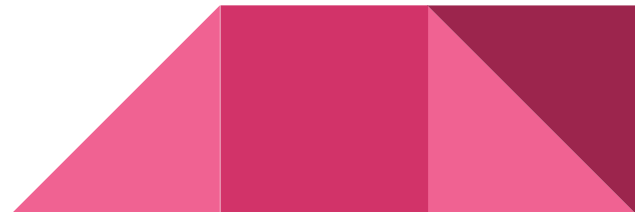
- Um classificador local para cada “parte” da hierarquia
 - O objetivo é usar informações locais sobre as classes para melhorar o resultado
 - Cada classificador é especializado, podendo inclusive ser treinado com diferentes algoritmos
- Teste consiste em começar pelas classes mais genéricas
 - E descer para as mais especializadas
 - Erro é propagado...



Explorando a estrutura

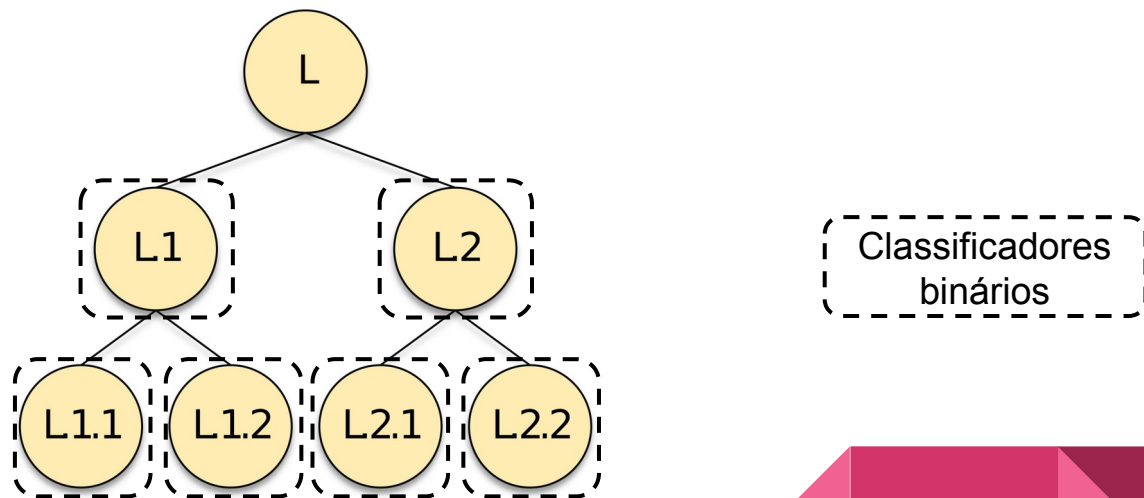
Método Local (ou *Top-Down*)

- Métodos locais diferem-se em relação ao número e tipo de classificador utilizados:
 - Um-por-nó
 - Um-por-pai
 - Um-por-nível
- E, portanto, são diferentes no treinamento



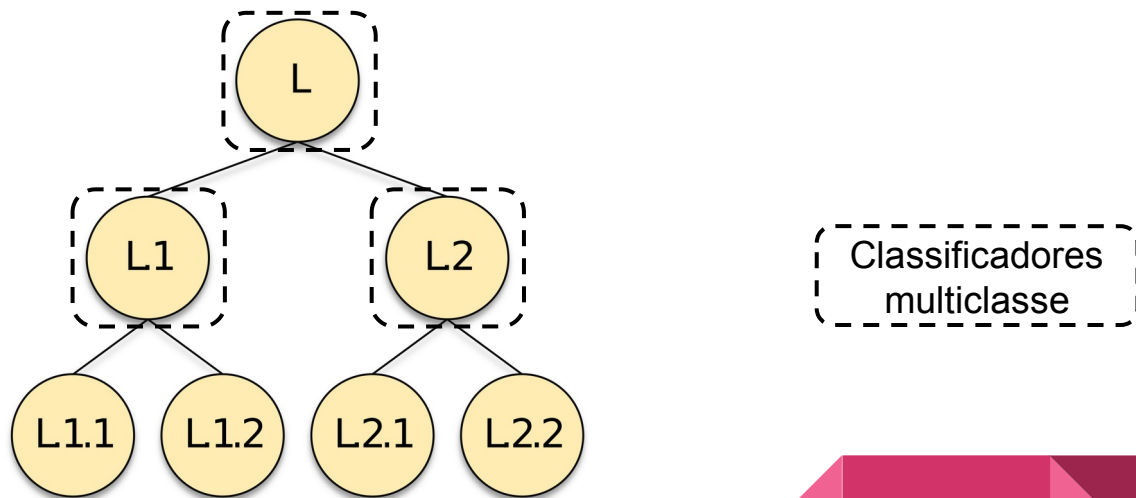
Classificação hierárquica - abordagens

Local com um classificador **por nó**



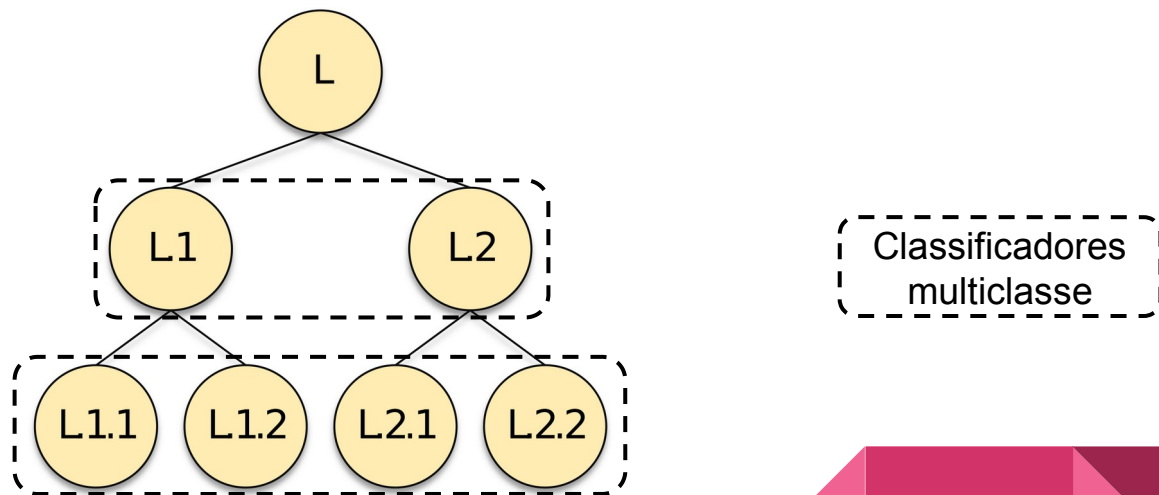
Classificação hierárquica - abordagens

Local com um classificador **por nó pai**



Classificação hierárquica - abordagens

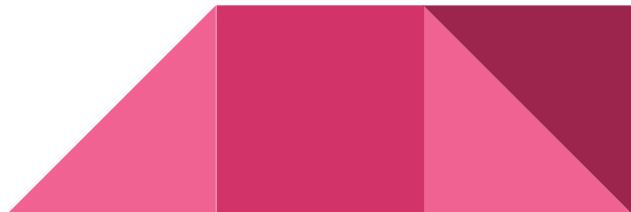
Local com um classificador **por nível**



Classificação hierárquica

Ampliando

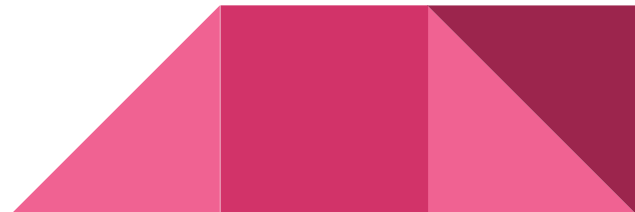
- Fase de **teste/produção**
 - Estratégia top-down
- Caso permita-se classificação parcial, podemos usar a confiança do modelo
- A Confiança também pode ser usada para o caso de multirrótulo



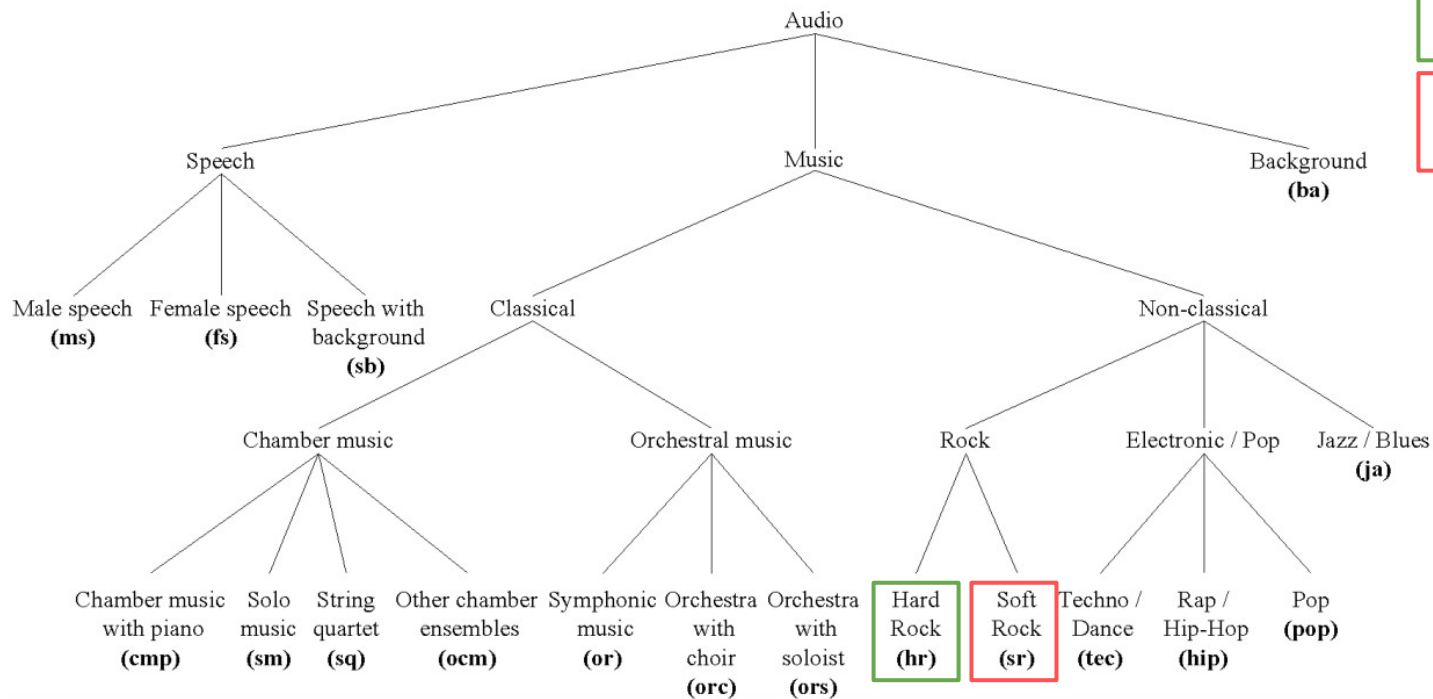
Classificação hierárquica

Problemas/dificuldades

- Abordagens **locais**
 - Caminho na árvore
 - se errar em um nível...
 - onde parar?
 - Multirrótulo
 - Problemas da abordagem por nível
- Abordagem **global**
 - Perda da característica hierárquica
 - Muitas classes



Classificação hierárquica - Avaliação

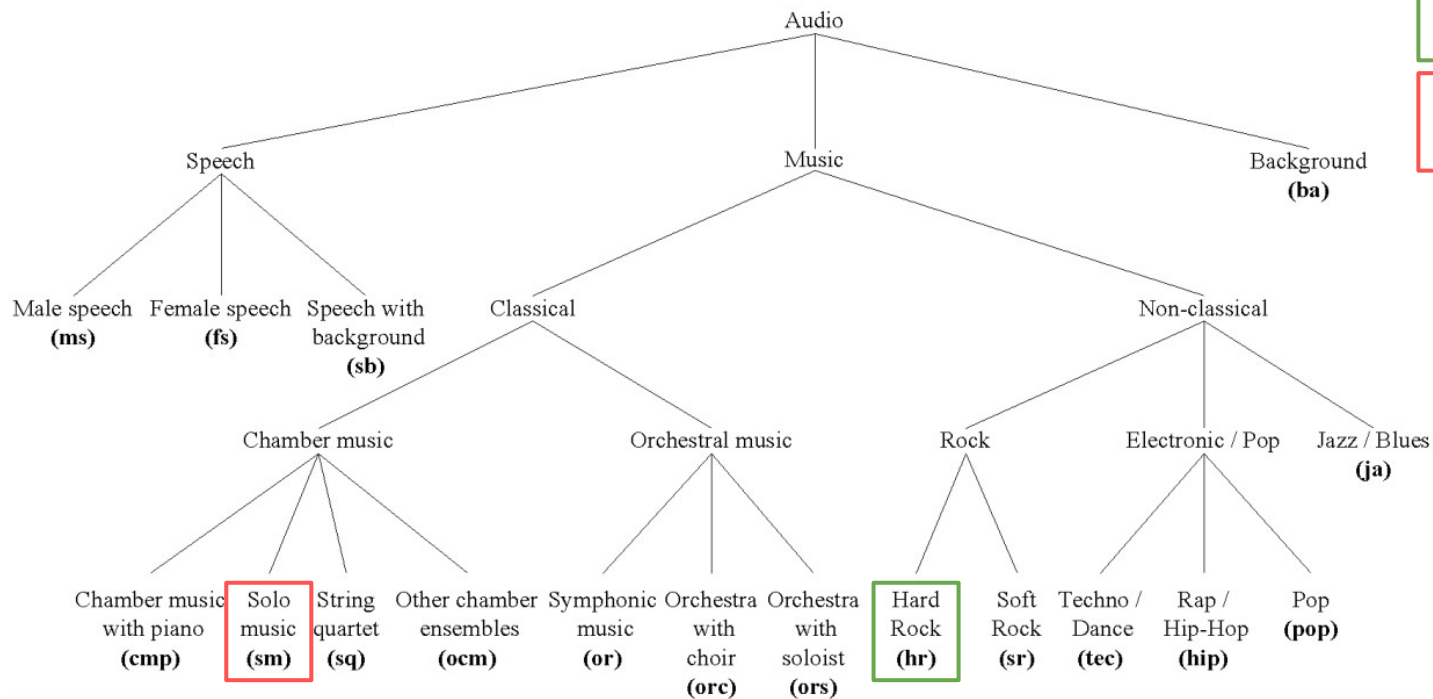


Classe real

Classe predita

esse erro é tão ruim quanto...

Classificação hierárquica - Avaliação

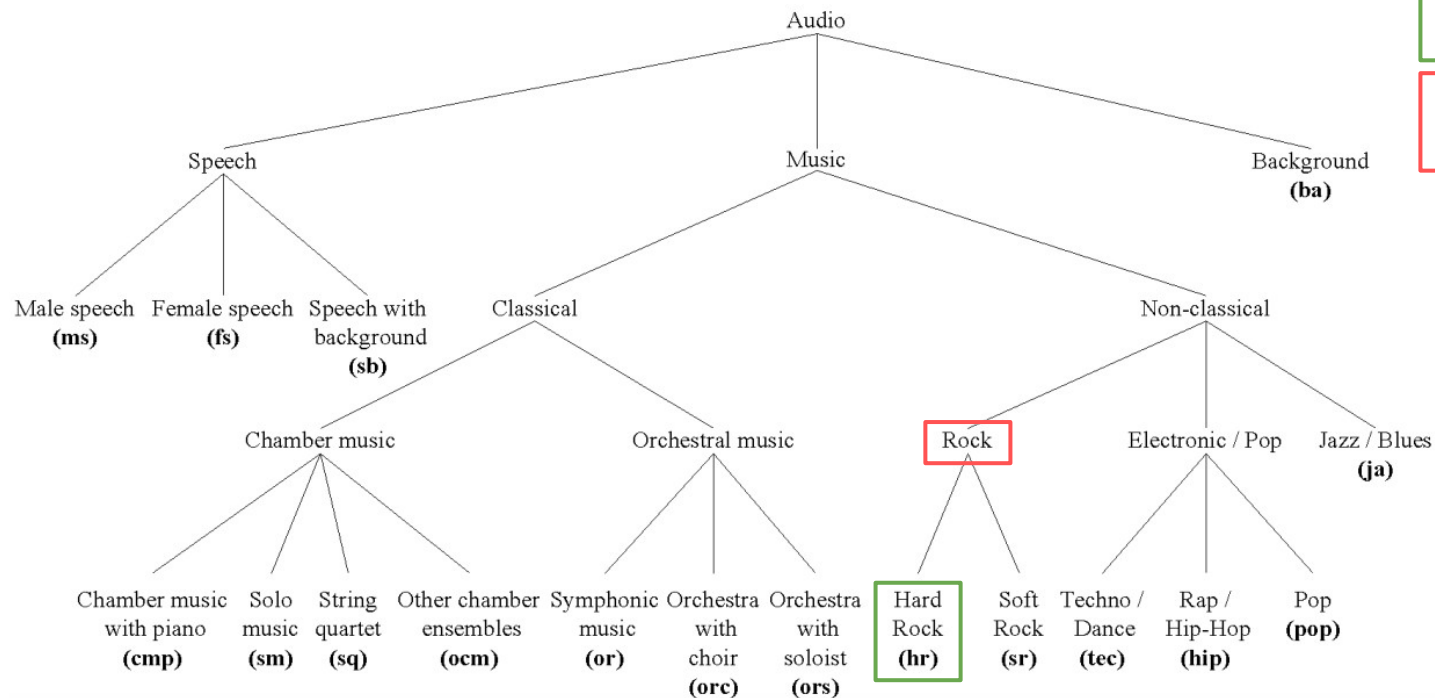


Classe real

Classe predita

esse aqui?

Classificação hierárquica - Avaliação



Classe real

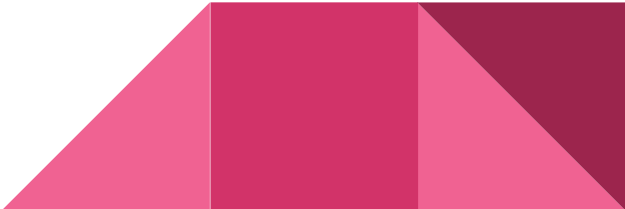
Classe predita

E esse?

Classificação hierárquica - Avaliação

Precisão e revocação hierárquicas

$$P_H = \frac{|Ancestral(c_p) \cap Ancestral(c_v)|}{|Ancestral(c_p)|}$$

$$R_H = \frac{|Ancestral(c_p) \cap Ancestral(c_v)|}{|Ancestral(c_v)|}$$


É isso

