

Programação Genética no Mundo Visual

Fábio Augusto Faria

ffaria@ic.unicamp.br

Orientador: Ricardo da Silva Torres

rtorres@ic.unicamp.br

Co-Orientador: Anderson Rocha

rocha@ic.unicamp.br



Instituto de Computação - Unicamp

Roteiro

- Introdução
- Motivação
- Programação Genética
- Programação Genética no Mundo Visual
- Bibliotecas
- Conclusão

Introdução

- Técnica de Inteligência Artificial
- Computação Evolutiva (Teoria da Evolução de Darwin)
- Herança biológica, seleção natural e **evolução**

Introdução

- Popular com o livro de John R. Koza (1992)
- Obtém programas de forma automática
- **Busca** solução ótima para problemas complexos (Koza)

Motivação

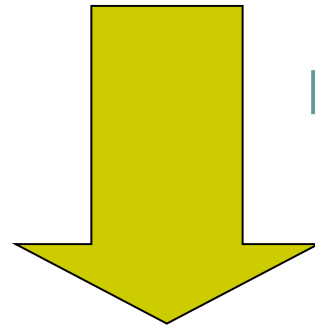
- Possui boa capacidade exploratória do espaço de busca
- Tem sido empregada em diversas áreas do conhecimento e obtido sucesso
- Facilmente paralelizável (Paralelismo intrínseco)

Roteiro

- Introdução
- Motivação
- **Programação Genética**
- Programação Genética no Mundo Visual
- Bibliotecas
- Conclusão

Programação Genética

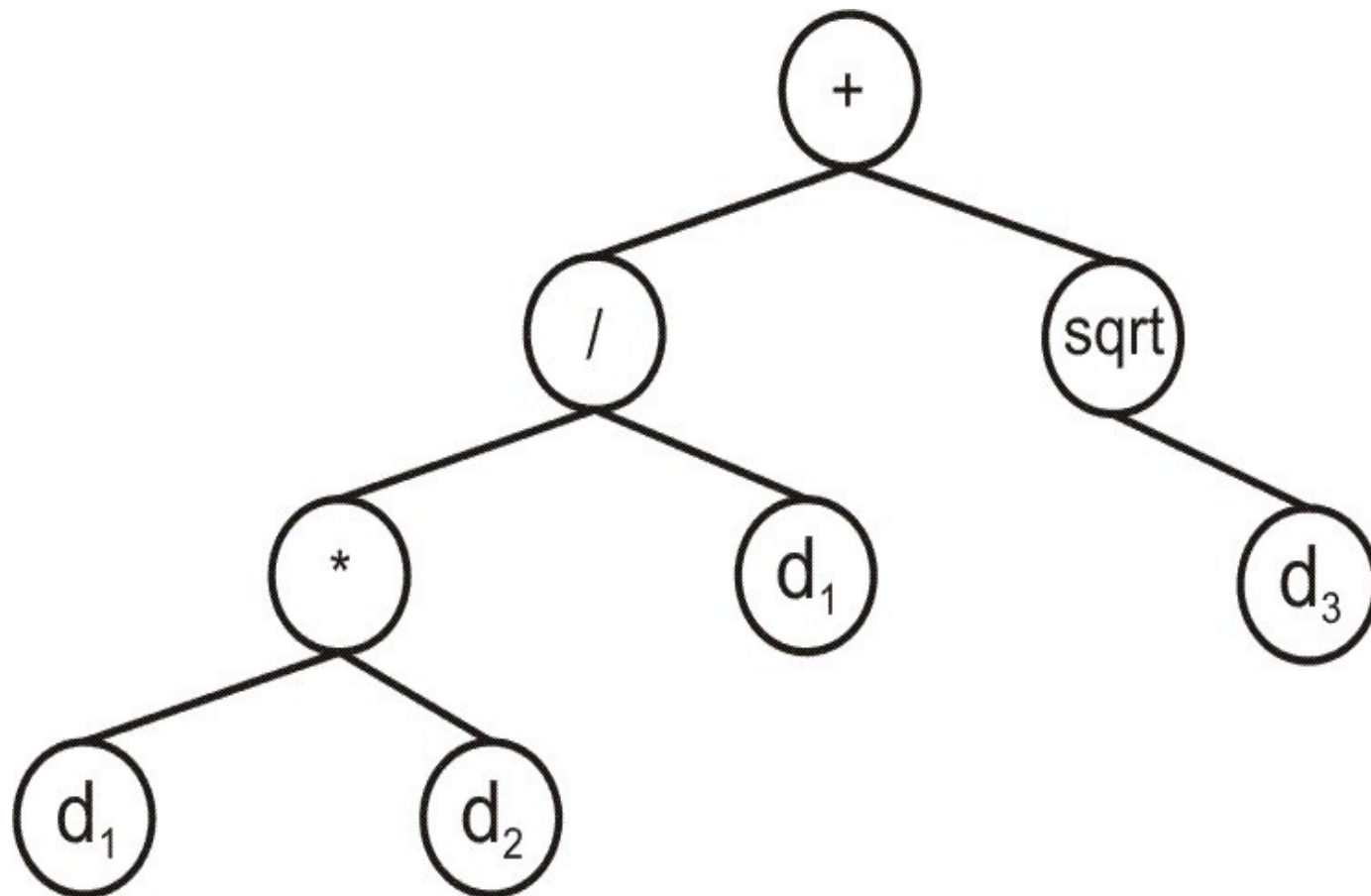
Indivíduo = Programa



Representado
por

Estruturas de dados,
geralmente **árvores**

Indivíduo PG

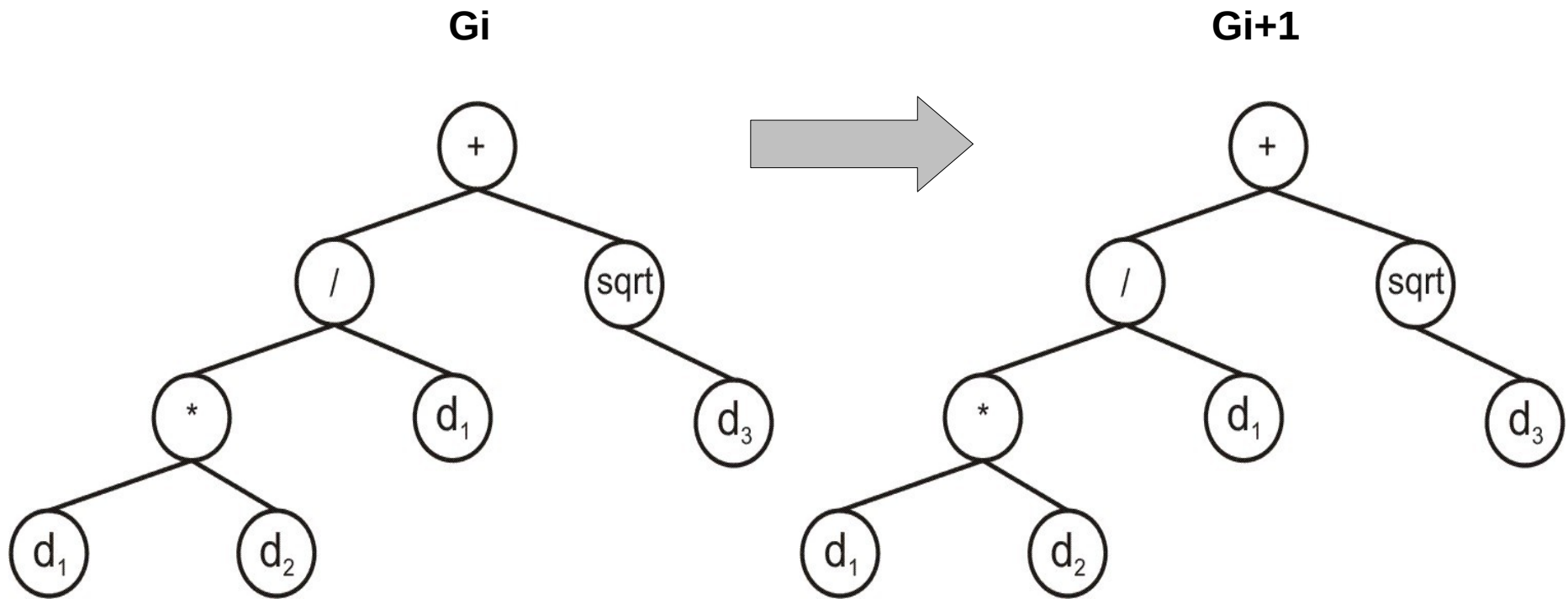


Componentes Essenciais

- Terminais (nós folhas)
- Função (nós não-folhas): operadores e.g., +, -, /, *, sqrt e log.
- Função de Adequação (fitness)
- Reprodução
- *Crossover*
- Mutação

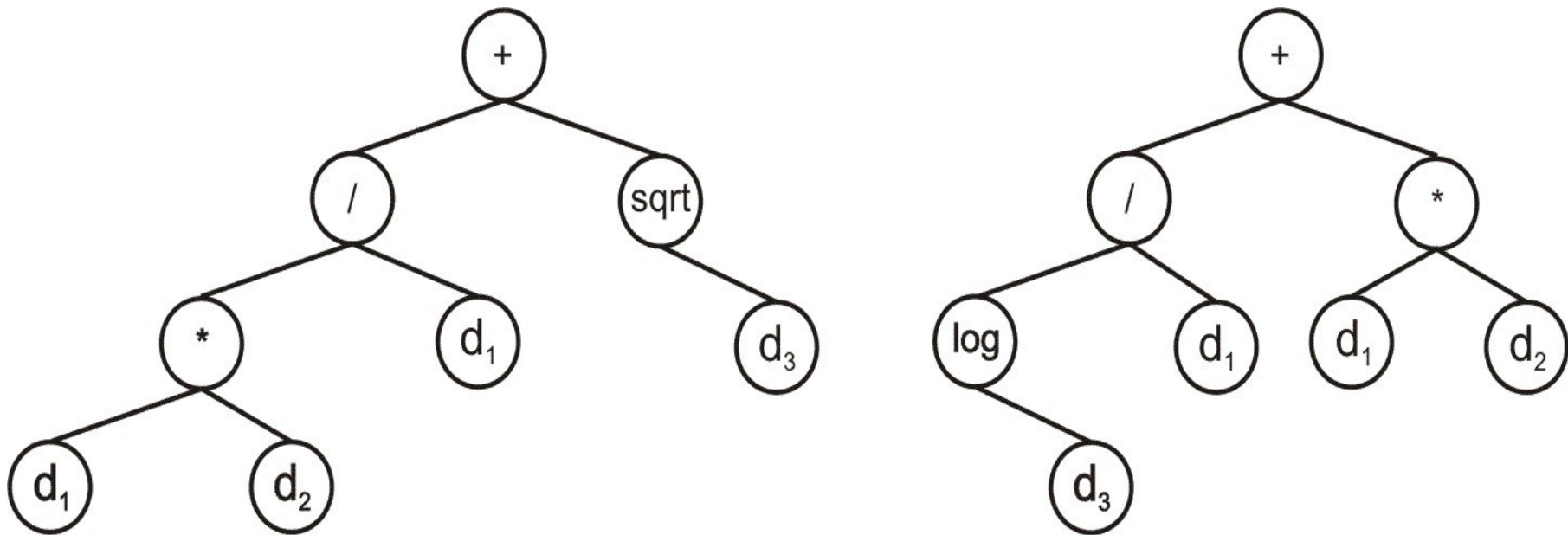
Programação Genética - PG

Reprodução



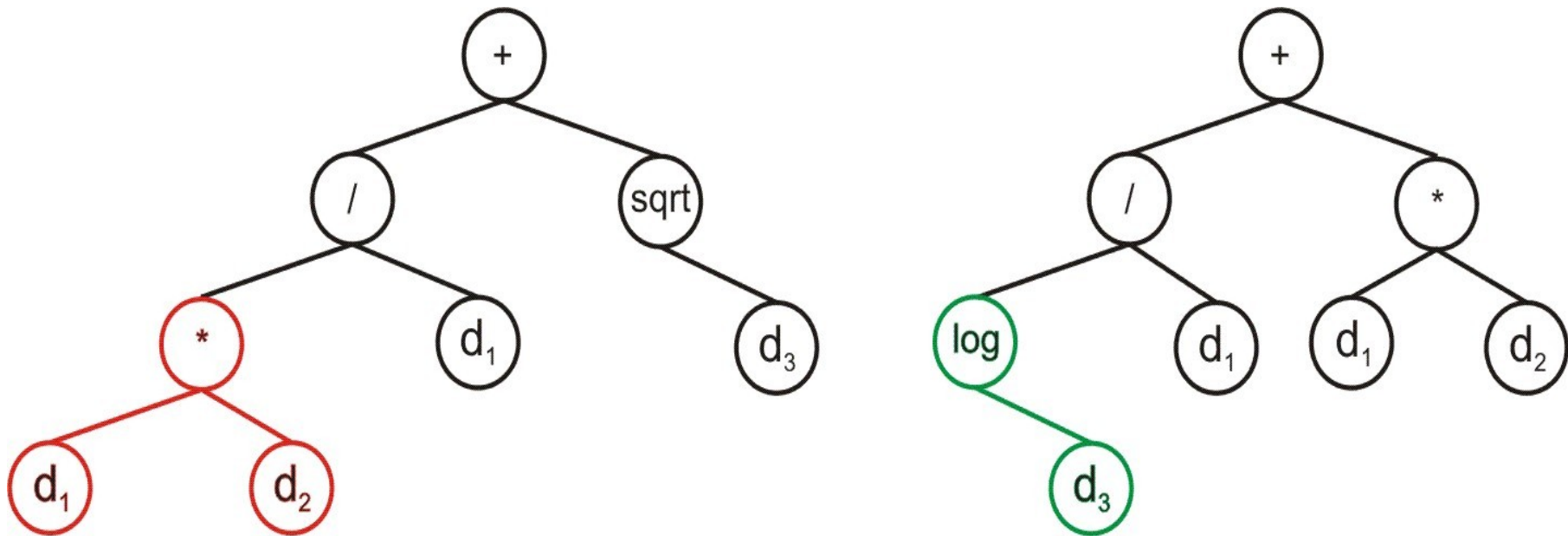
Programação Genética - PG

Crossover



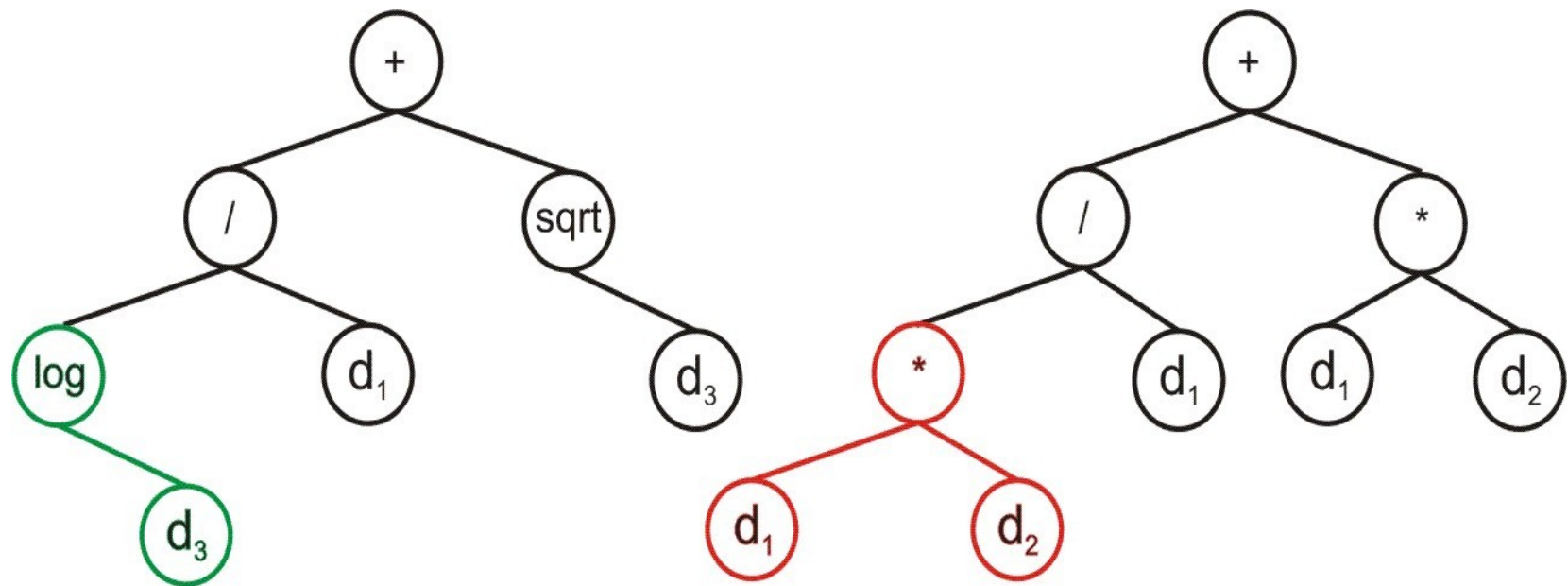
Programação Genética - PG

Crossover



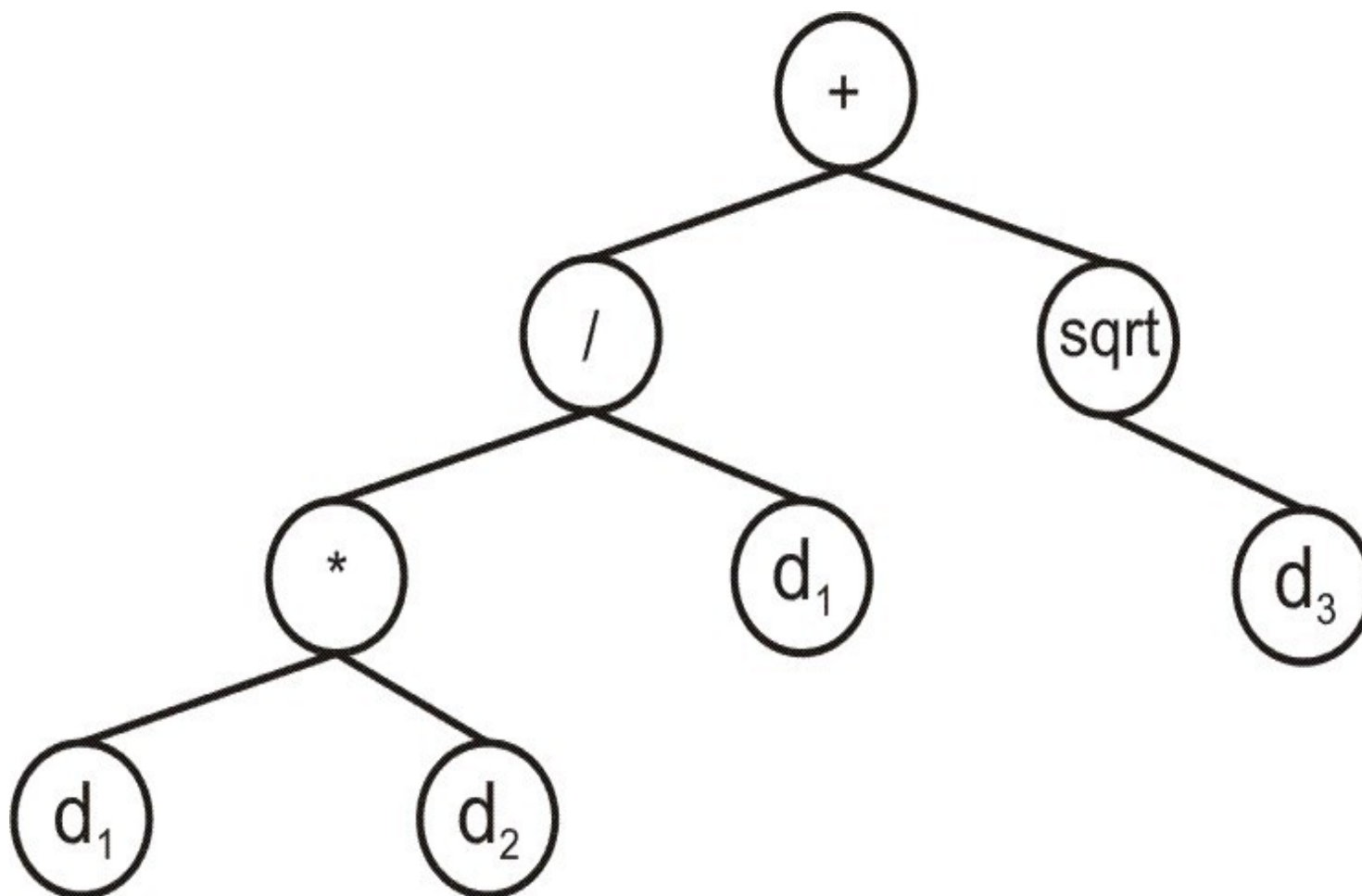
Programação Genética - PG

Crossover



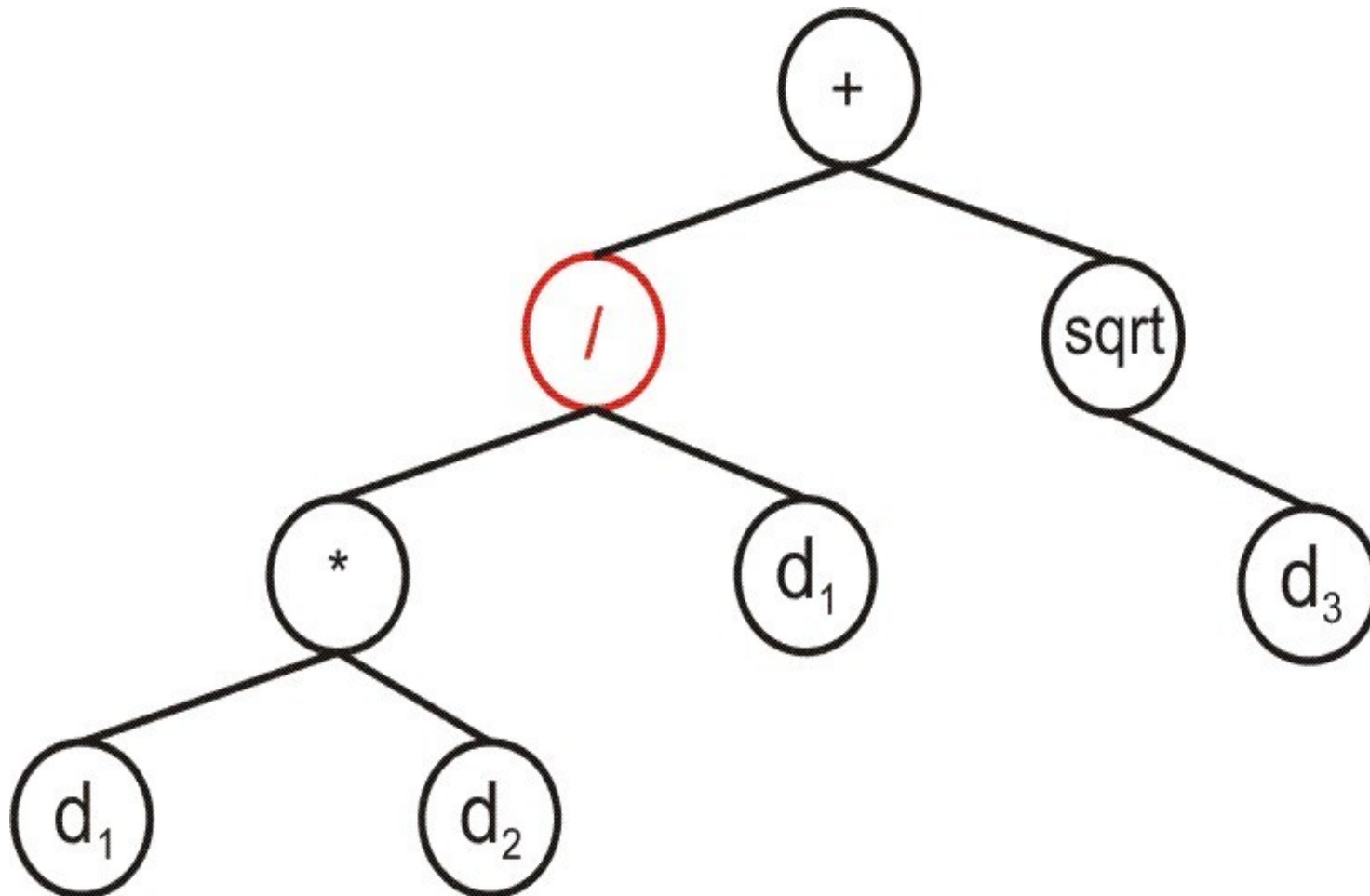
Programação Genética - PG

Mutação



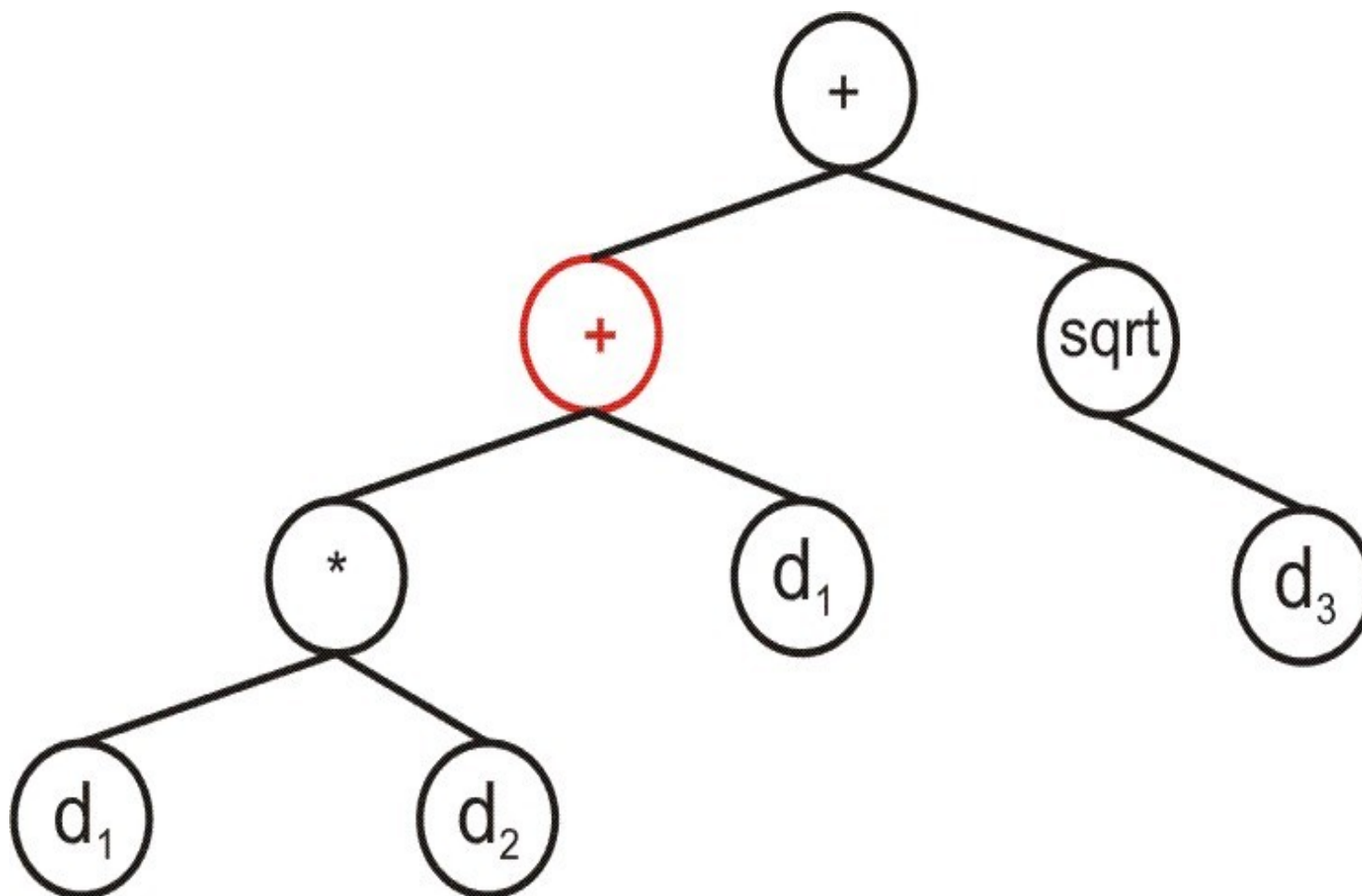
Programação Genética - PG

Mutação

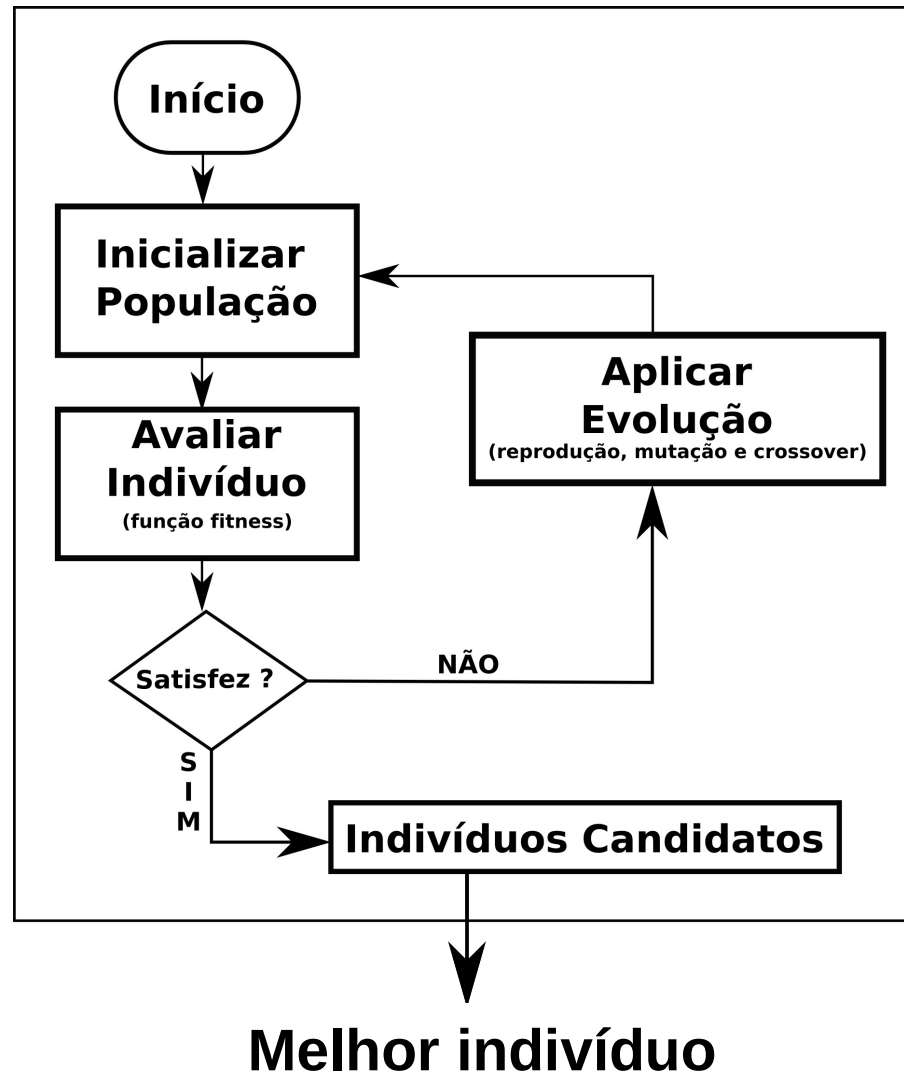


Programação Genética - PG

Mutação



Processo de Evolução de Indivíduos PG



Parâmetros de Controle

São 19 parâmetros:

- Número de indivíduos da população
- Número de gerações para evolução
- Taxa de Reprodução
- Taxa de Mutação
- Taxa de *Crossover*

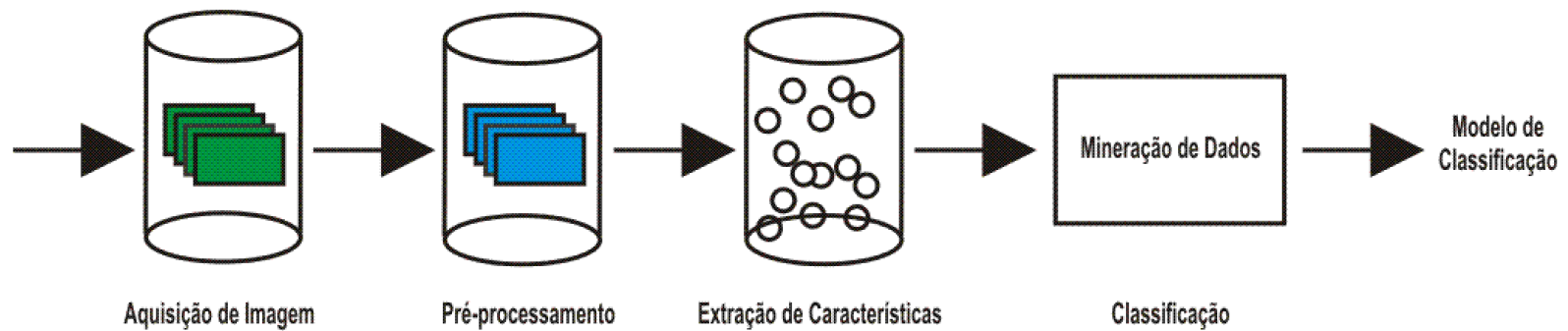
Roteiro

- Introdução
- Motivação
- Programação Genética
- **Programação Genética no Mundo Visual**
- Bibliotecas
- Conclusão

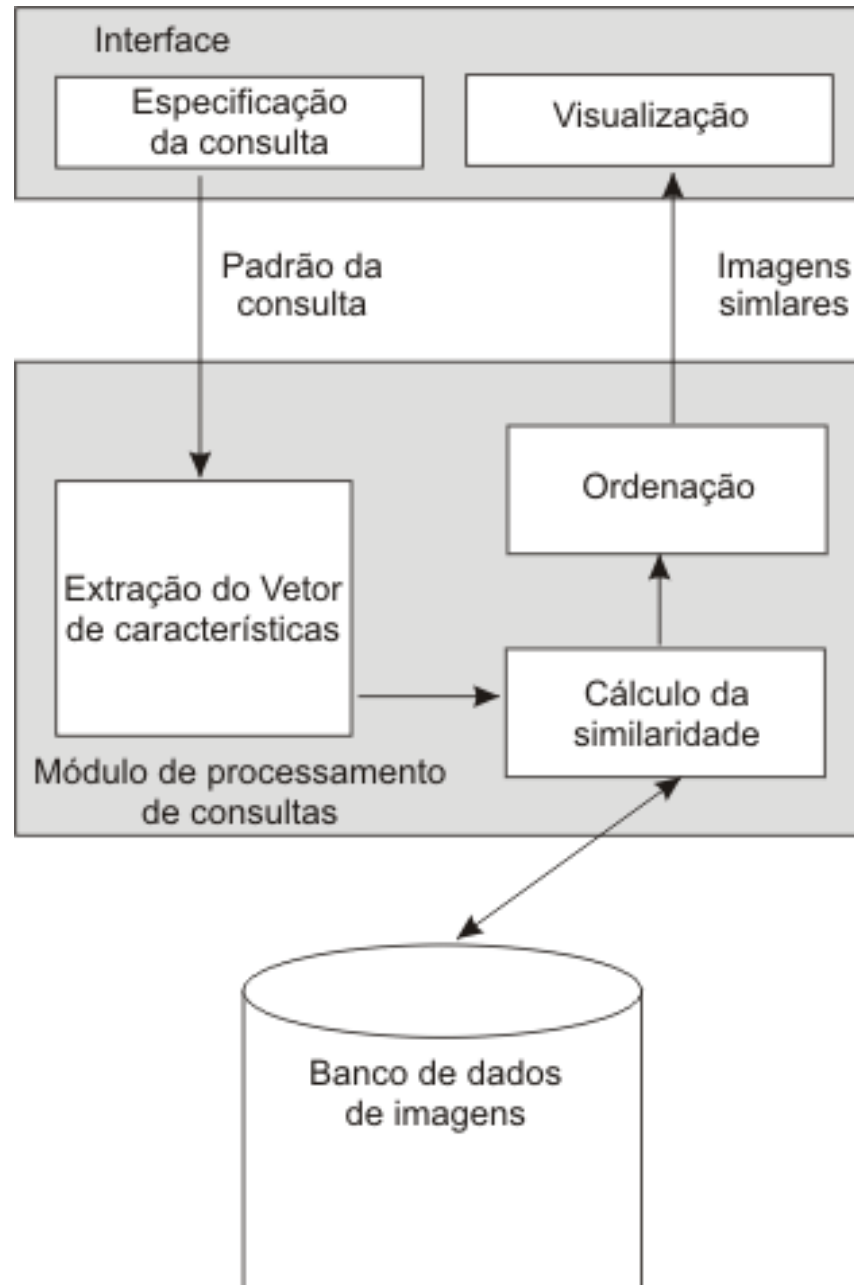
Programação Genética no Mundo Visual

- Classificação de Imagens
- Recuperação de Imagens por Conteúdo (CBIR)

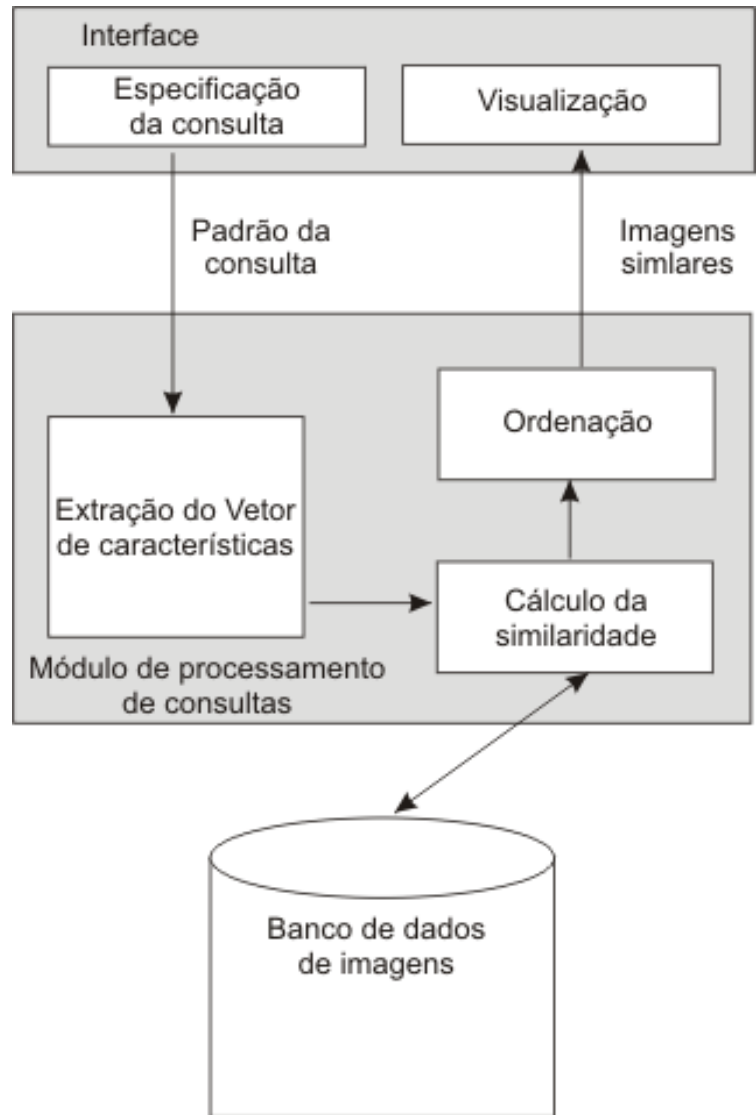
Classificação de Imagens



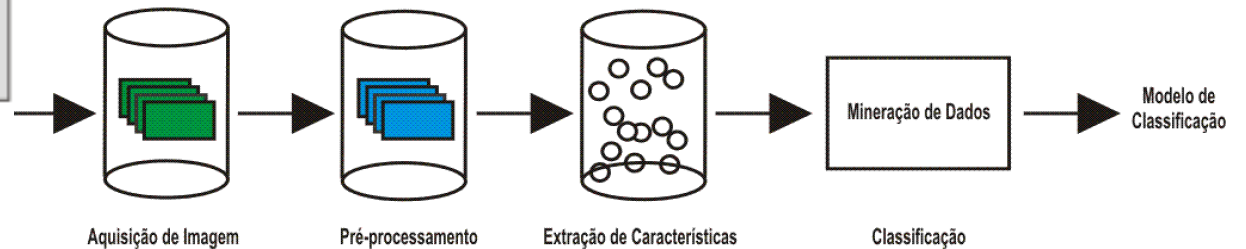
Recuperação de Imagens por Conteúdo



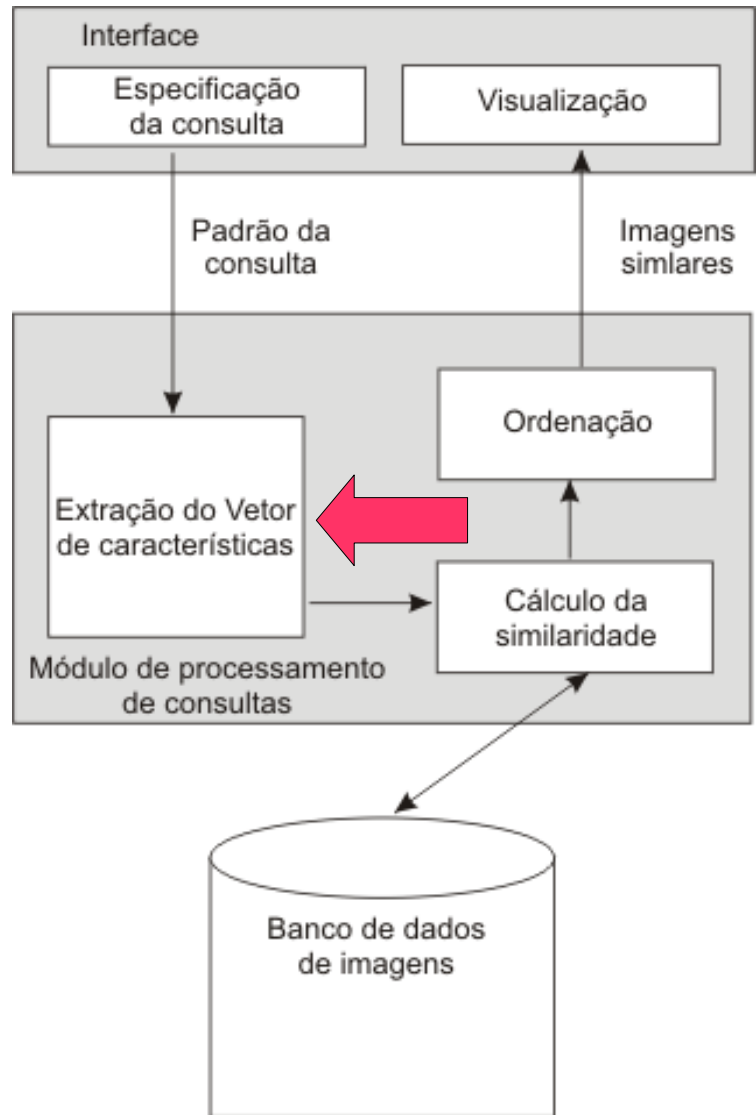
Recuperação de Imagens



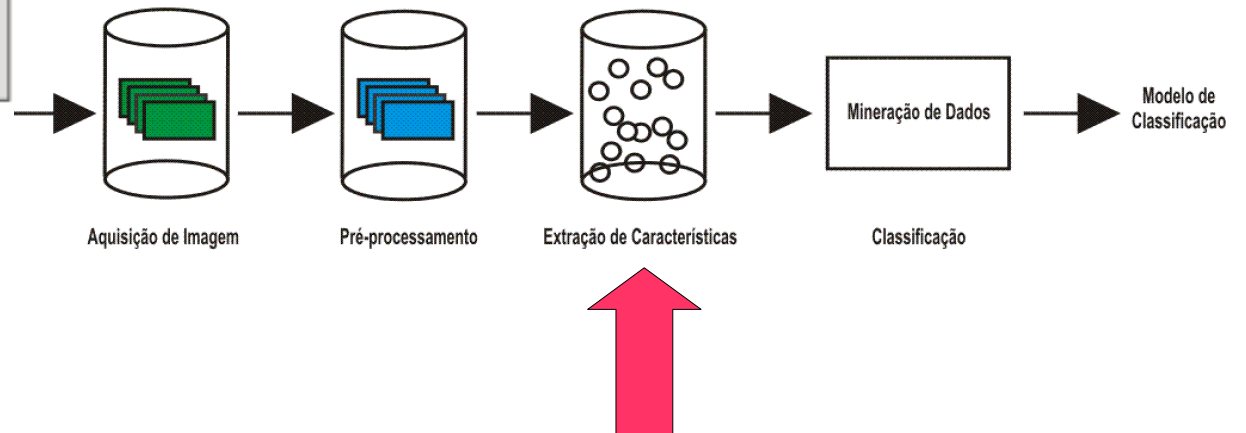
Classificação de Imagens



Recuperação de Imagens

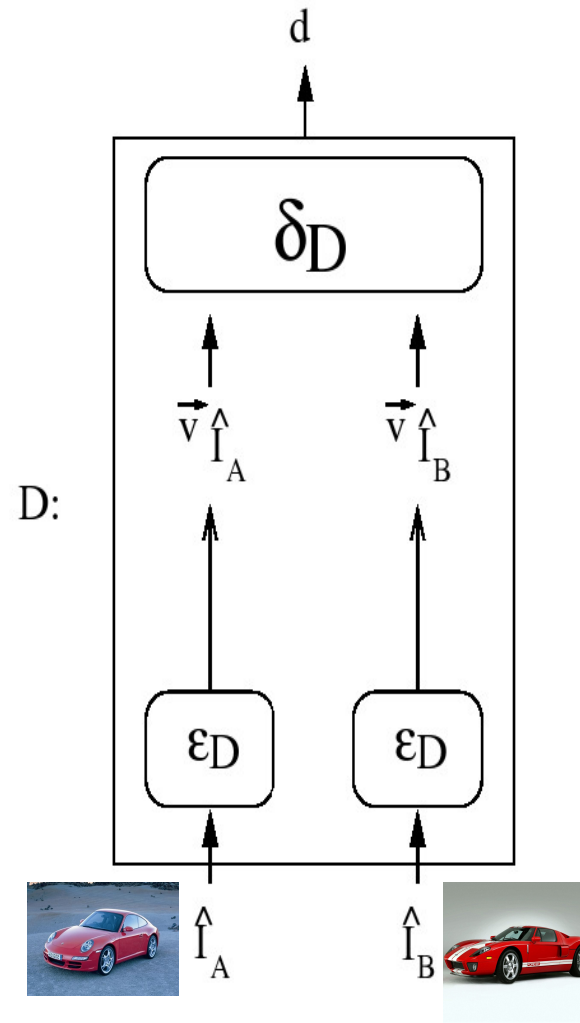


Classificação de Imagens



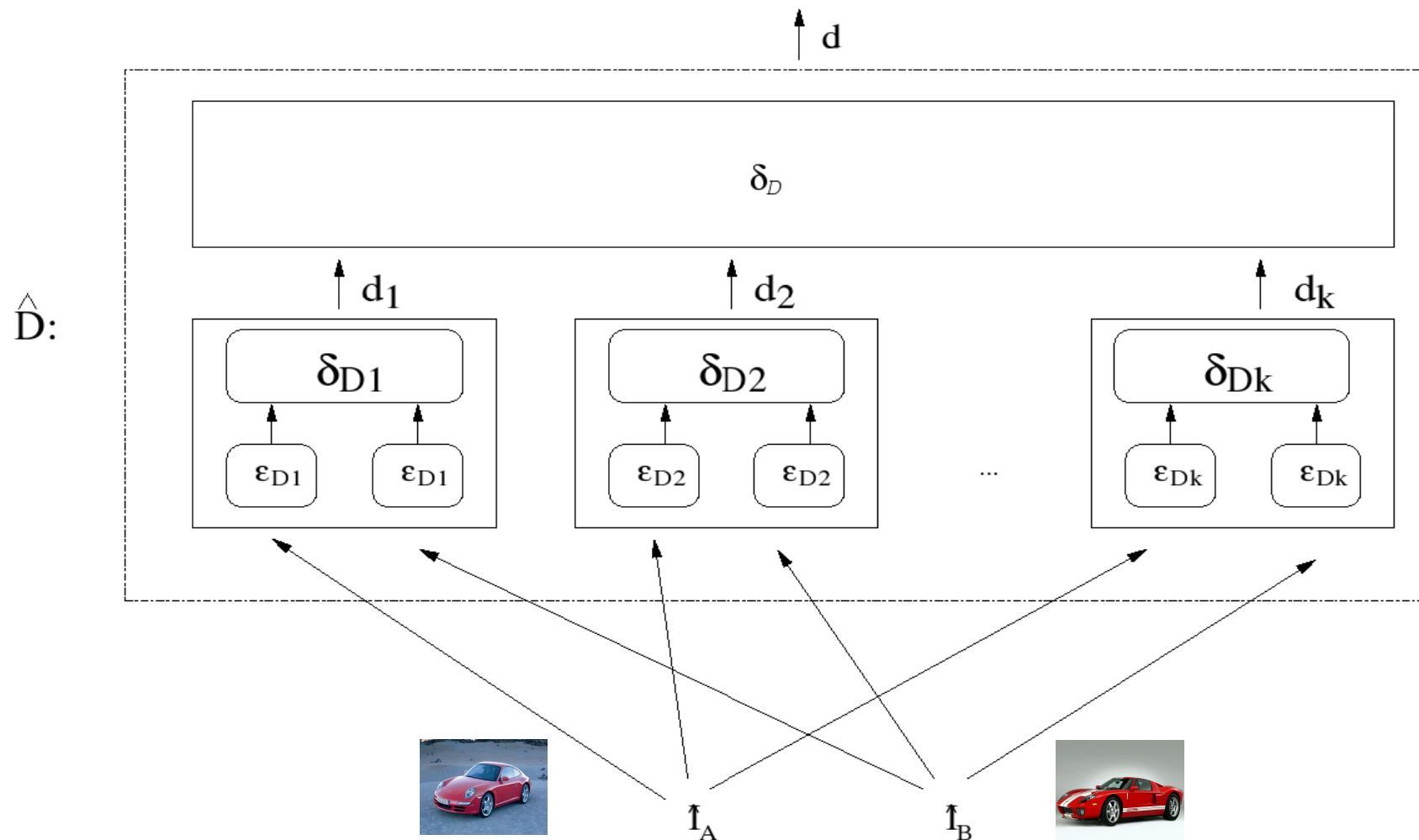
Descritor de Imagem

- Descritor simples: função de extração (ϵ_D) e função de similaridade (δ_D).

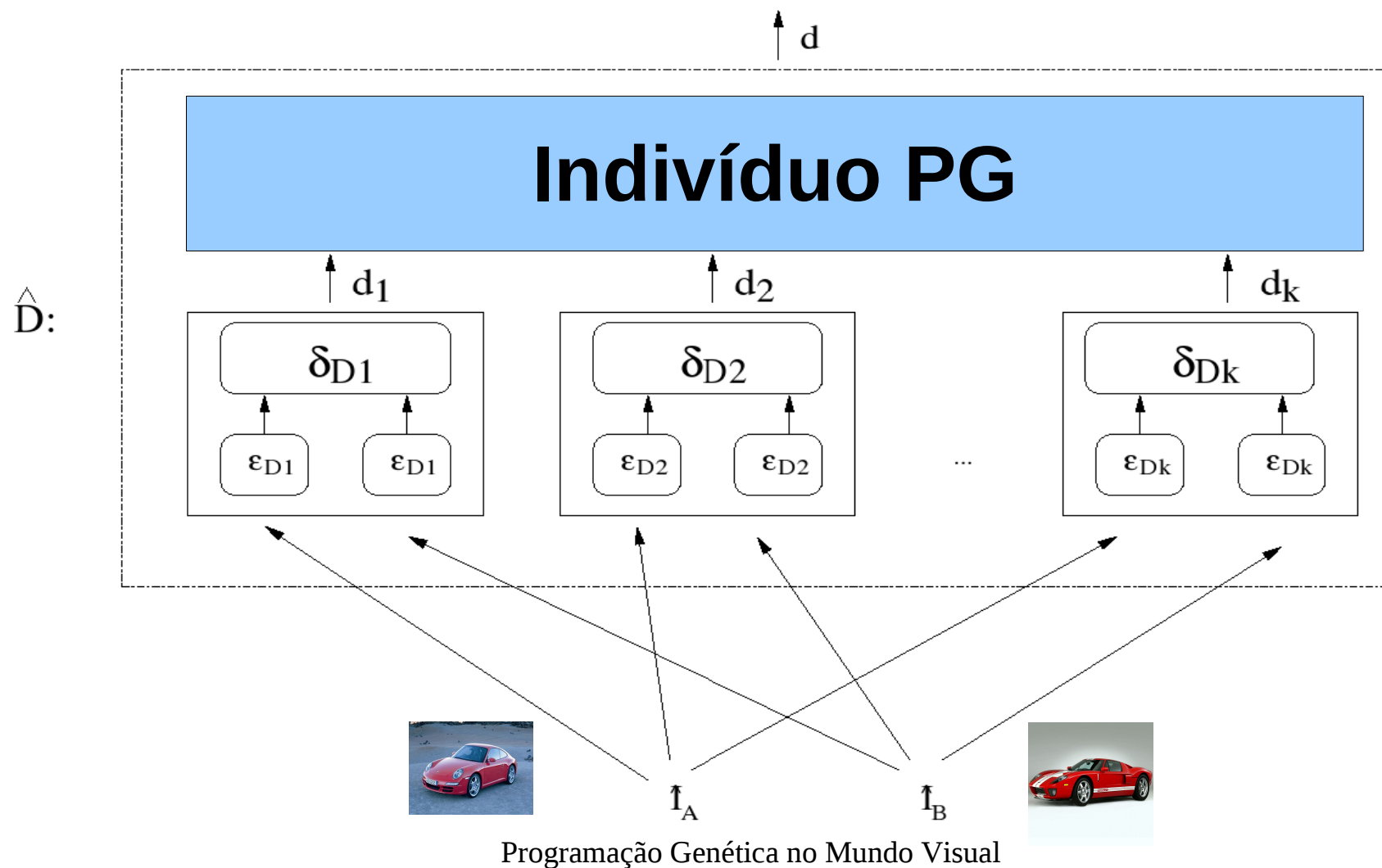


Descritor de Imagem

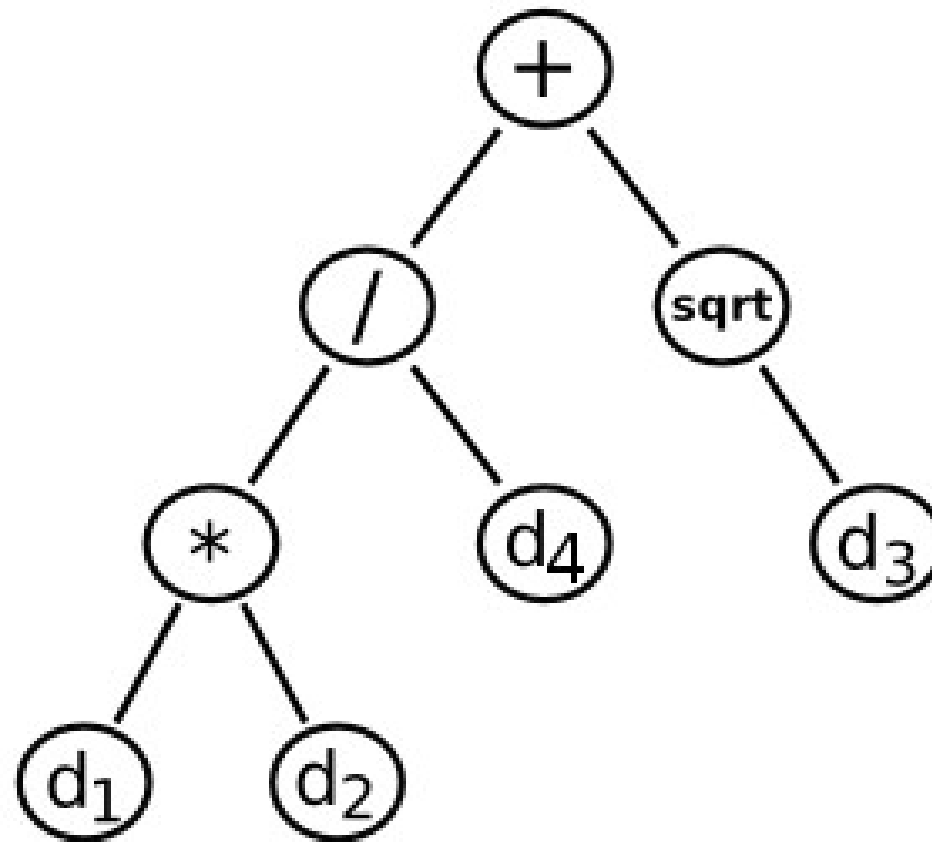
- Descritor composto: combinação de descritores simples.



Combinação de Descritores utilizando Programação Genética



Exemplo de Indivíduo PG



$$\delta D_{PG} = \frac{d_1 * d_2}{d_4} + \sqrt{d_3}$$

Método de Classificação (PG + kNN)

- Adaptação do método de classificação de texto (Zhang et al.) para classificação de imagens
- Combinação de diferentes propriedades visuais (cor, textura e forma) utilizando PG
- Utilização do classificador kNN.

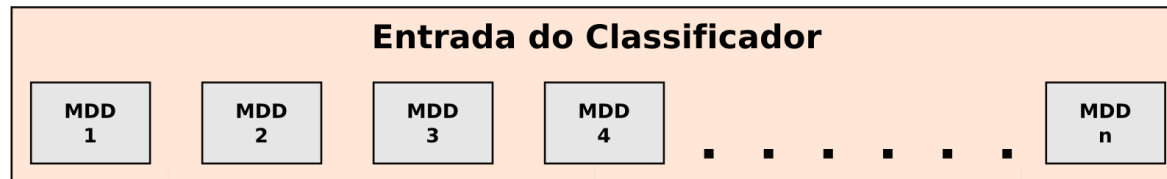
Método de Classificação (PG + kNN)

Etapas

- Pré-Processamento;
- Treinamento;
- Classificação.

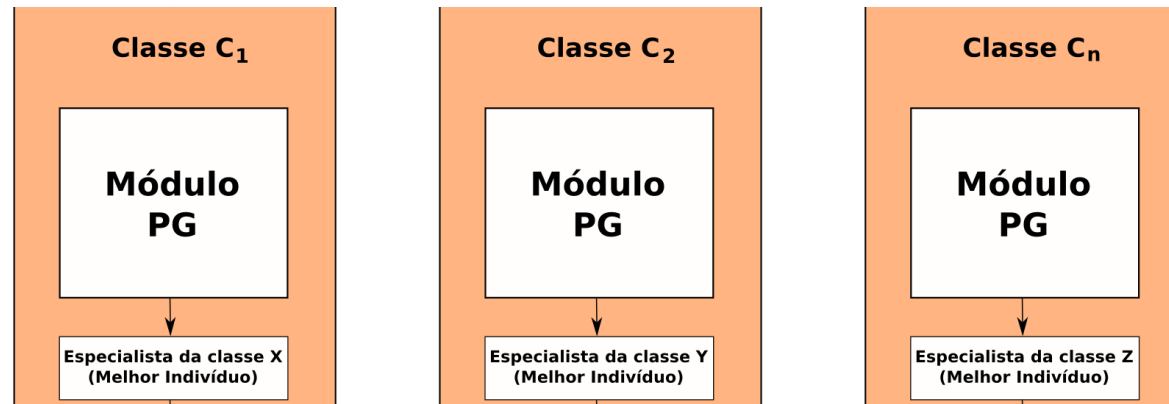
Pré-Processamento

MDD: Matriz de Distâncias do Descritor.



- Extrai os vetores de características das imagens
- Calcula as matrizes de distâncias (diferentes descritores)

Treinamento



- Encontrar os melhores indivíduos (função de distância)
- Calcular a adequação dos indivíduos (função de adequação ou *fitness*)

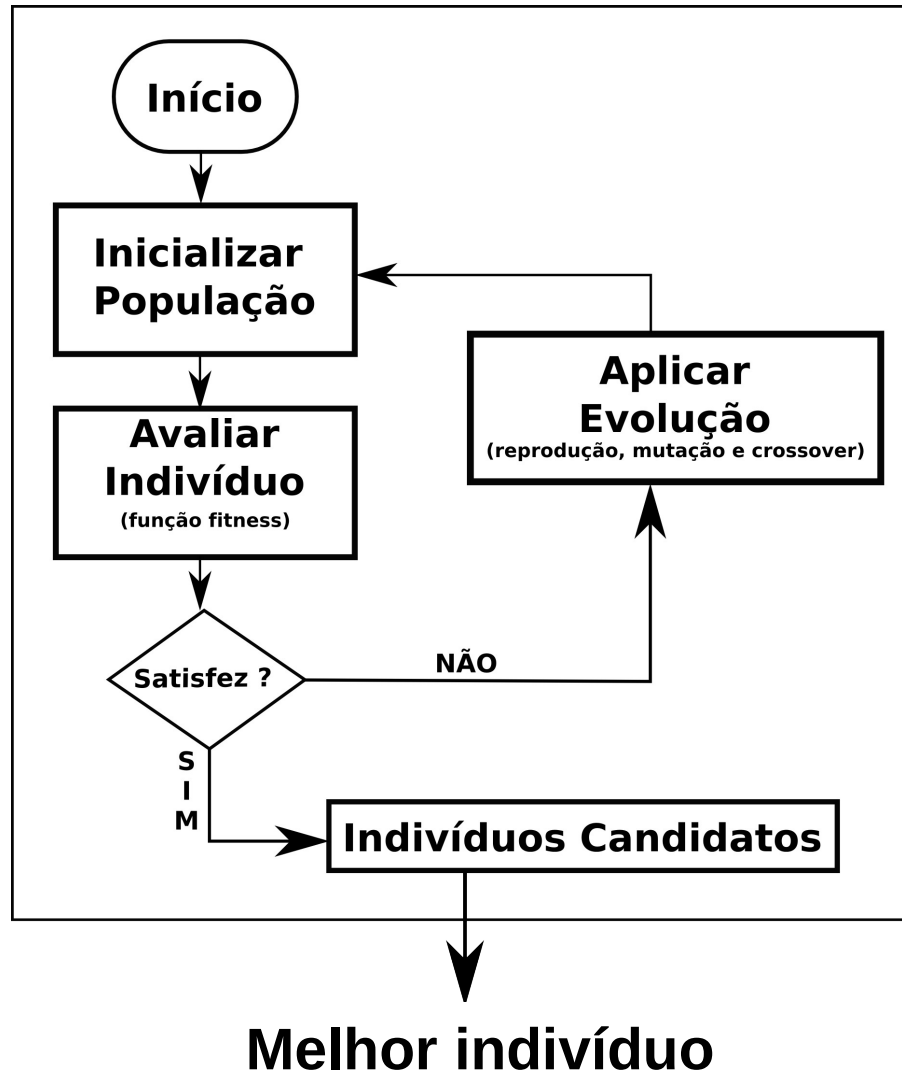
Função de Adequação FFP4

1. Para cada indivíduo PG
2. $F = 0$
3. Para cada imagem D do conjunto de treino da classe N
4. Fitness = FFP4 calculado com base no conjunto de |C| imagens mais similares a D
5. $F+ = \text{Fitness}$
6. $F = F / |C|$

$$FFP4 = \sum_{i=1}^{|C|} r(d_i) * k_8 * (k_9)^i$$

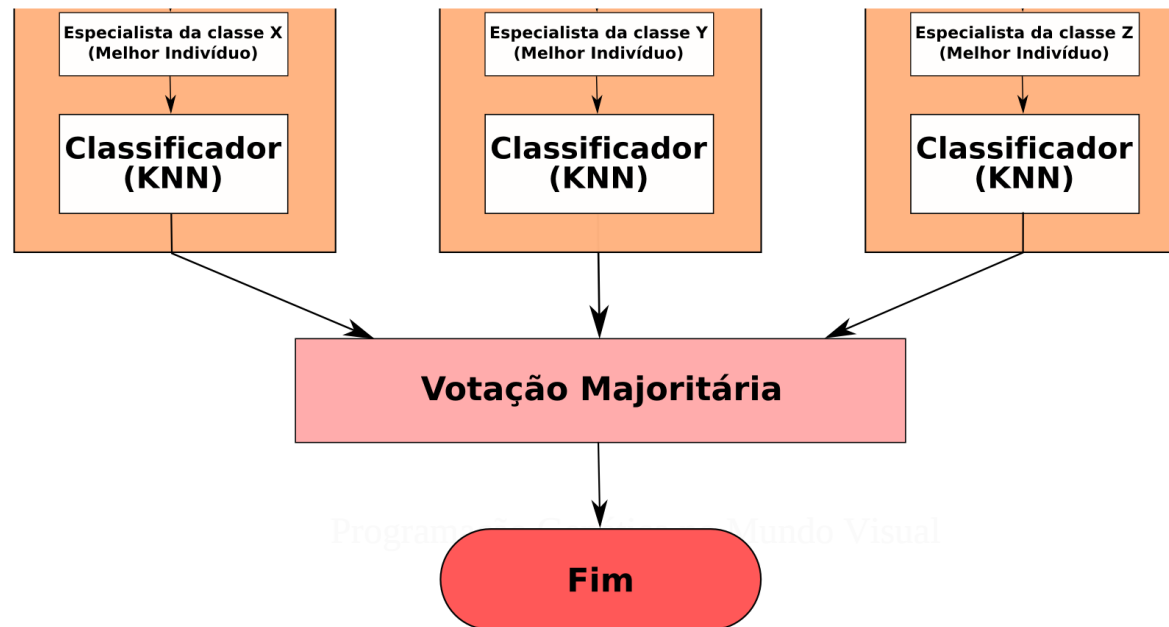
* Os valores $k_8=7,0$ e $k_9=0,982$ foram encontrados por meio de análise exaustiva.

Módulo PG

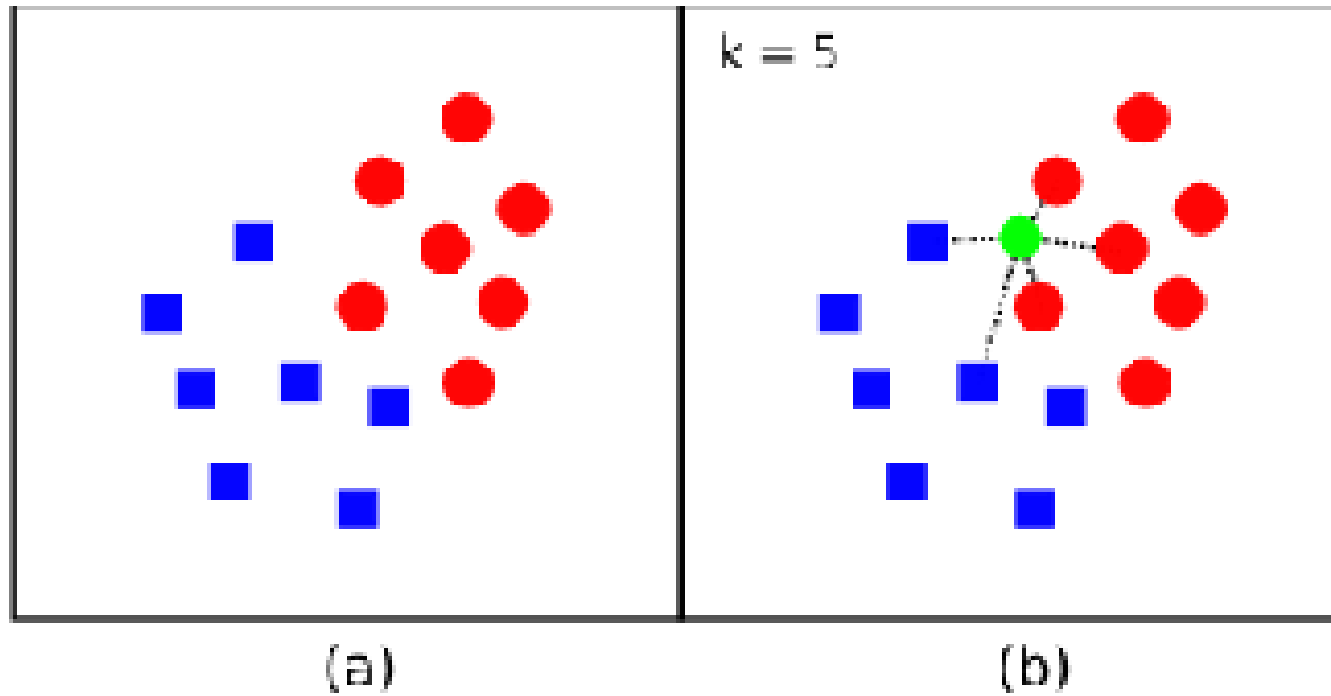


Classificação

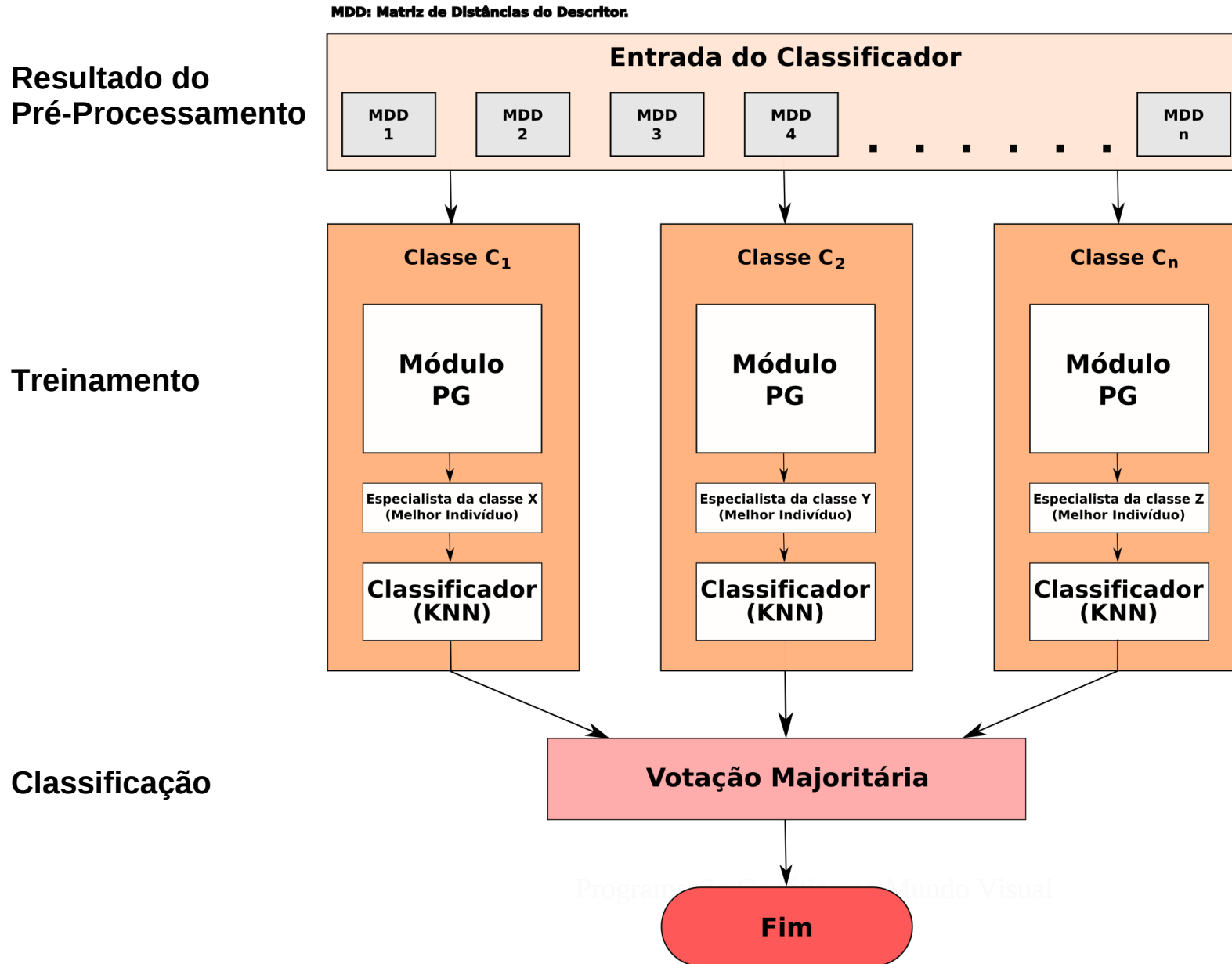
- Especialista + kNN aplicado a um conjunto de imagens de teste
- Classificação final será a votação majoritária



Classificador kNN









Arcabouço PG + kNN



Resultados – Classificação

- Bases
- Descritores
- Medidas de Avaliação
- Baselines
- Parâmetros PG: mesmos da Zhang et al. (menos para as imagens de café)

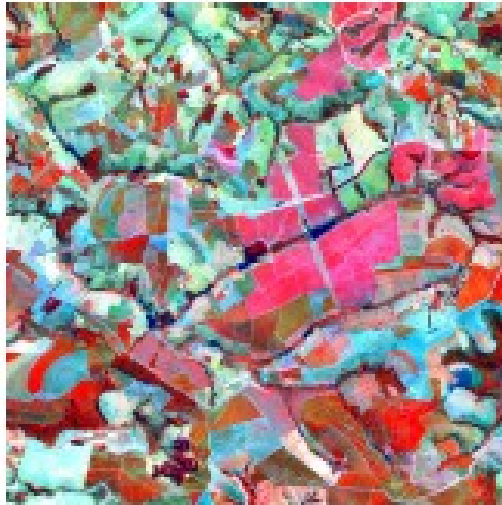
Bases

FreeFoto			
Borboletas			

- **FreeFoto:** são 3.462 imagens, 9 classes e o número de imagens por classe varia de 70 a 854 imagens
- **Borboletas:** são 165 imagens, 7 classes e o número de imagens por classe varia de 22 a 25 imagens

Bases

café



Café: imagem capturada pelo satélite SPOT do município de Monte Santos de Minas (MG). Foram geradas 6.400 subimagens para classificar e 2 classes (café e não-café).

Descritores

Descritores	Tipo de Evidência	Bases		
		FreeFoto	Borboletas	Café
GCH [67]	Cor	X	X	X
BIC [64]	Cor	X	X	X
CCV [55]	Cor	X	X	
JAC [72]	Cor			X
LAS [68]	Textura	X	X	
HTD [50, 73]	Textura	X	X	
QCCH [34]	Textura			X
SID [74]	Textura			X

Medidas de Avaliação

FreeFoto e Borboletas.

		Preditada	
		Classe 1	Classe 2
Atual	Classe 1	a	b
	Classe 2	c	d

$$AC = \frac{a + d}{a + b + c + d}$$

Café foi utilizado índice *Kappa*.

Baselines

- PG+kNN (método proposto)
- kNN
- BAGG
- LDA
- SVM-Linear
- SVM-RBF


Resultados

(Combinação de Descritores)

Classificadores	Eficácia (%)	Desvio
PG+KNN-3	92,17	1,06
SVM-RBF	90,81	1,10
BAGG-13	90,18	0,55
SVM-LINEAR	88,53	1,08
BAGG-7	87,93	0,70
LDA	85,04	1,68
KNN-1	84,43	0,75
KNN-3	80,39	2,44
KNN-7	77,76	1,95
KNN-13	75,13	2,83

Resultados de todos os classificadores utilizando a base FreeFoto e os cinco descritores (BIC, CCV, GCH, HTD e LAS).

Resultados



Classificadores	Eficácia (%)	Desvio
PG+KNN-3	92,17	1,06
SVM-RBF	90,81	1,10
BAGG-13	90,18	0,55
SVM-LINEAR	88,53	1,08
BAGG-7	87,93	0,70
LDA	85,04	1,68
KNN-1	84,43	0,75
KNN-3	80,39	2,44
KNN-7	77,76	1,95
KNN-13	75,13	2,83


Resultados de todos os classificadores utilizando a base FreeFoto e os cinco descritores (BIC, CCV, GCH, HTD e LAS).

Resultados (Qualquer Combinação)

Classificador	Eficácia (%)	Desvio	Descritores
PG + KNN-3	92,17	1,06	5 (BIC, CCV, GCH, HTD e LAS)
KNN-1	91,59	0,72	1 (BIC)
SVM-RBF	91,10	1,70	1 (BIC)
BAGG-13	90,21	1,17	3 (BIC, CCV, GCH)
BAGG-7	88,88	0,68	3 (BIC, CCV, GCH)
KNN-3	88,73	0,77	1 (BIC)
SVM-LINEAR	88,53	1,08	5 (BIC, CCV, GCH, HTD e LAS)
KNN-7	85,50	1,16	1 (BIC)
LDA	85,04	1,68	5 (BIC, CCV, GCH, HTD e LAS)
KNN-13	82,96	1,94	1 (BIC)

Os melhores resultados de todos os classificadores utilizando a base FreeFoto.

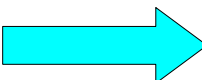
Resultados (Qualquer Combinação)



Classificador	Eficácia (%)	Desvio	Descritores
PG + KNN-3	92,17	1,06	5 (BIC, CCV, GCH, HTD e LAS)
KNN-1	91,59	0,72	1 (BIC)
SVM-RBF	91,10	1,70	1 (BIC)
BAGG-13	90,21	1,17	3 (BIC, CCV, GCH)
BAGG-7	88,88	0,68	3 (BIC, CCV, GCH)
KNN-3	88,73	0,77	1 (BIC)
SVM-LINEAR	88,53	1,08	5 (BIC, CCV, GCH, HTD e LAS)
KNN-7	85,50	1,16	1 (BIC)
LDA	85,04	1,68	5 (BIC, CCV, GCH, HTD e LAS)
KNN-13	82,96	1,94	1 (BIC)

Os melhores resultados de todos os classificadores utilizando a base FreeFoto.

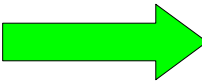
Resultados (Qualquer Combinação)



Classificador	Eficácia (%)	Desvio	Descritores
PG + KNN-3	92,17	1,06	5 (BIC, CCV, GCH, HTD e LAS)
KNN-1	91,59	0,72	1 (BIC)
SVM-RBF	91,10	1,70	1 (BIC)
BAGG-13	90,21	1,17	3 (BIC, CCV, GCH)
BAGG-7	88,88	0,68	3 (BIC, CCV, GCH)
KNN-3	88,73	0,77	1 (BIC)
SVM-LINEAR	88,53	1,08	5 (BIC, CCV, GCH, HTD e LAS)
KNN-7	85,50	1,16	1 (BIC)
LDA	85,04	1,68	5 (BIC, CCV, GCH, HTD e LAS)
KNN-13	82,96	1,94	1 (BIC)

Os melhores resultados de todos os classificadores utilizando a base FreeFoto.


Resultados (Qualquer Combinação)



Classificador	Eficácia (%)	Desvio	Descritores
PG + KNN-3	92,17	1,06	5 (BIC, CCV, GCH, HTD e LAS)
KNN-1	91,59	0,72	1 (BIC)
SVM-RBF	91,10	1,70	1 (BIC)
BAGG-13	90,21	1,17	3 (BIC, CCV, GCH)
BAGG-7	88,88	0,68	3 (BIC, CCV, GCH)
KNN-3	88,73	0,77	1 (BIC)
SVM-LINEAR	88,53	1,08	5 (BIC, CCV, GCH, HTD e LAS)
KNN-7	85,50	1,16	1 (BIC)
LDA	85,04	1,68	5 (BIC, CCV, GCH, HTD e LAS)
KNN-13	82,96	1,94	1 (BIC)

Os melhores resultados de todos os classificadores utilizando a base FreeFoto.

Resultados



Classificador	Eficácia (%)	Desvio	Descritores
PG + KNN-7	60,80	2,06	5 (BIC, CCV, GCH, HTD e LAS)
KNN-7	56,80	13,68	1 (BIC)
SVM-RBF	54,40	2,19	1 (BIC)
BAGG-7	54,40	16,15	1 (BIC)
BAGG-13	52,00	11,66	1 (BIC)
SVM-LINEAR	49,60	4,56	1 (BIC)
KNN-3	46,40	9,21	1 (BIC)
KNN-13	45,60	6,07	1 (BIC)
KNN-1	44,00	6,32	1 (BIC)

Os melhores resultados de todos os classificadores utilizando a base Borboletas.

Análise dos Indivíduos

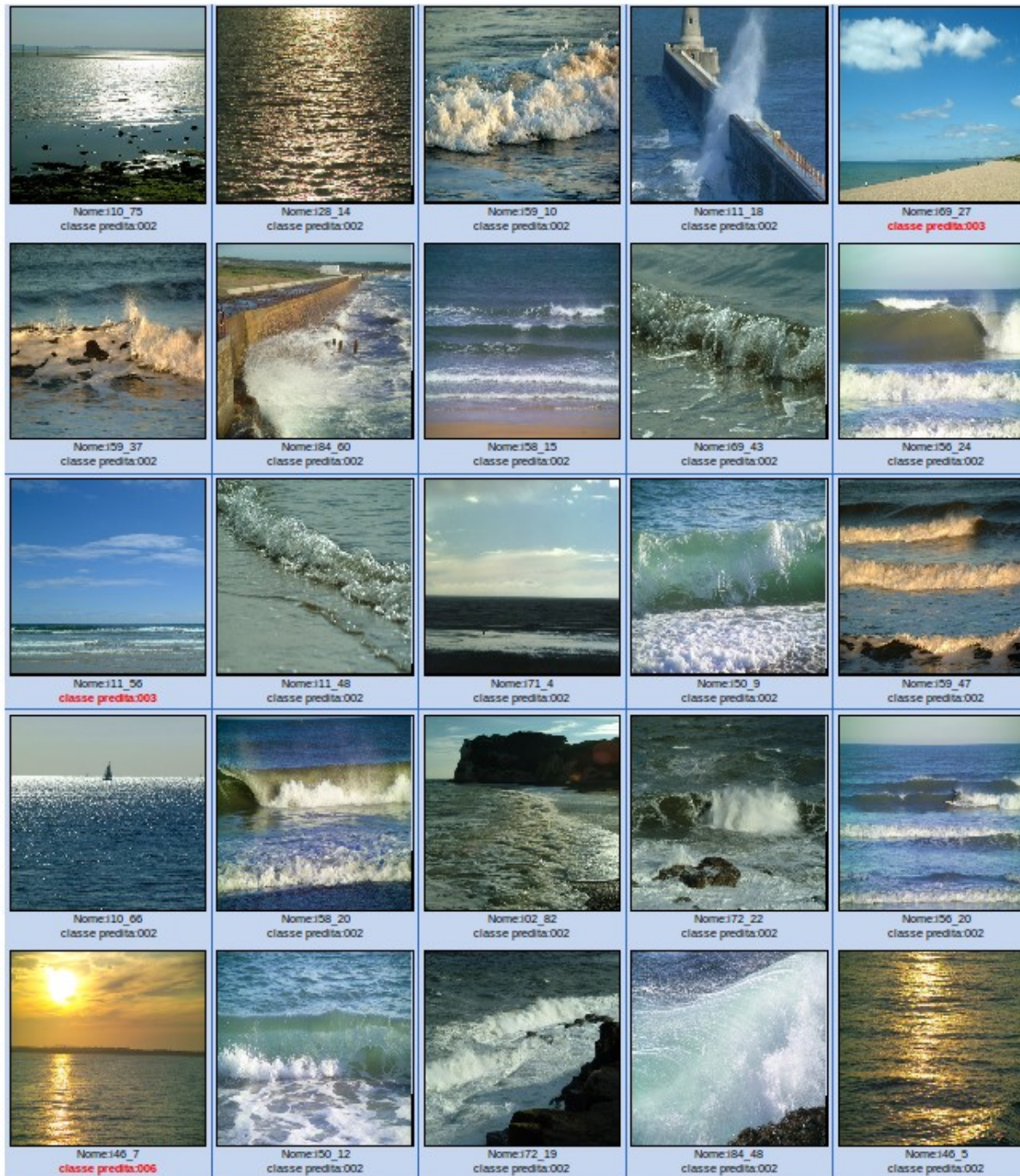
- Melhor resultado do método PG + kNN
- Base FreeFoto

http://www.lis.ic.unicamp.br/~fabiof/prototype_gpknn/databases.php

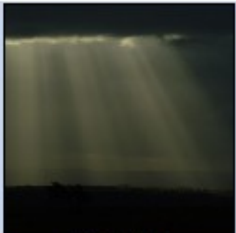



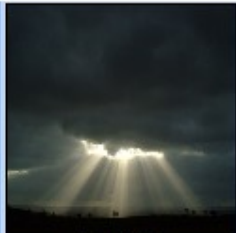


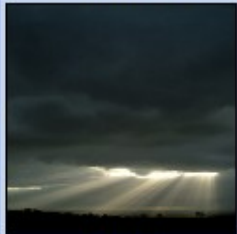
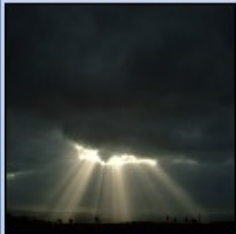

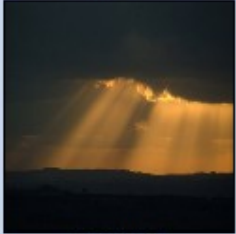

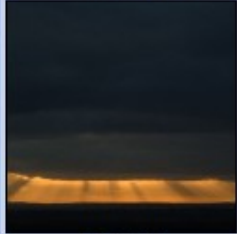




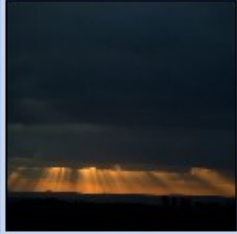
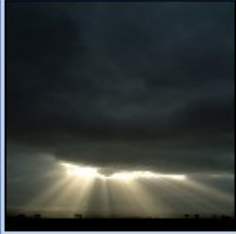

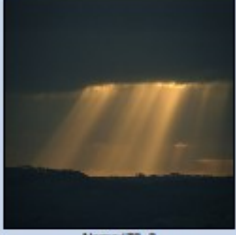

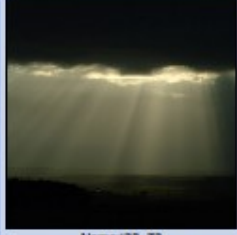
Indivíduo Classe 001: $\sqrt{((las * ccv) * (\sqrt{las}))})$



Indivíduo Classe 002: $((gch * bic) * ccv) * (sqrt((gch + las))) - ((htd * ((gch + ccv) - ((htd + ((htd + bic) - (ccv + gch))) + las))) * bic)$



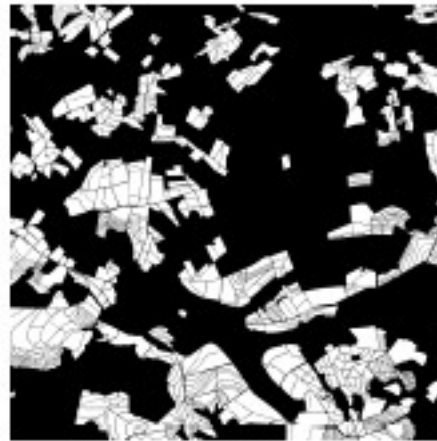
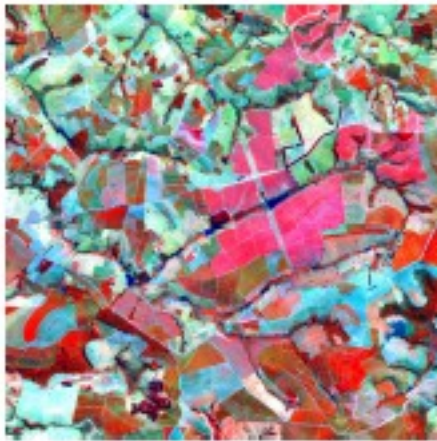
Indivíduo Classe 007: **bic**

 <p>Nome:132_65 classe predita:007</p>	 <p>Nome:178_7 classe predita:007</p>	 <p>Nome:132_20 classe predita:007</p>	 <p>Nome:178_4 classe predita:007</p>	 <p>Nome:132_13 classe predita:007</p>
 <p>Nome:132_45 classe predita:007</p>	 <p>Nome:132_42 classe predita:006</p>	 <p>Nome:132_51 classe predita:007</p>	 <p>Nome:132_16 classe predita:007</p>	 <p>Nome:132_28 classe predita:007</p>
 <p>Nome:132_48 classe predita:007</p>	 <p>Nome:178_11 classe predita:007</p>	 <p>Nome:132_68 classe predita:007</p>	 <p>Nome:132_8 classe predita:007</p>	 <p>Nome:178_1 classe predita:007</p>
 <p>Nome:132_36 classe predita:007</p>	 <p>Nome:132_33 classe predita:007</p>	 <p>Nome:132_40 classe predita:007</p>	 <p>Nome:132_56 classe predita:007</p>	 <p>Nome:178_9 classe predita:007</p>
 <p>Nome:178_3 classe predita:007</p>	 <p>Nome:178_13 classe predita:007</p>	 <p>Nome:132_73 classe predita:007</p>		

Indivíduo Classe 008: las

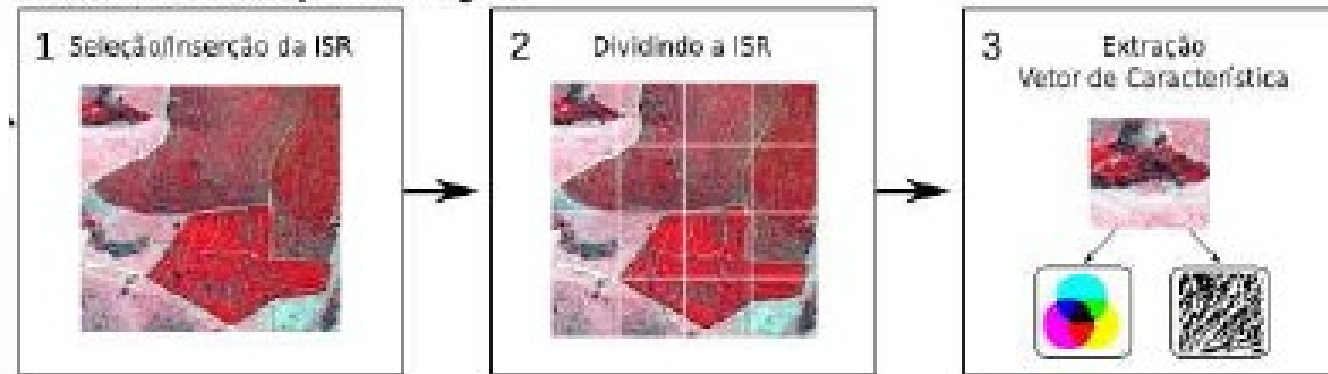


Classificação de Café

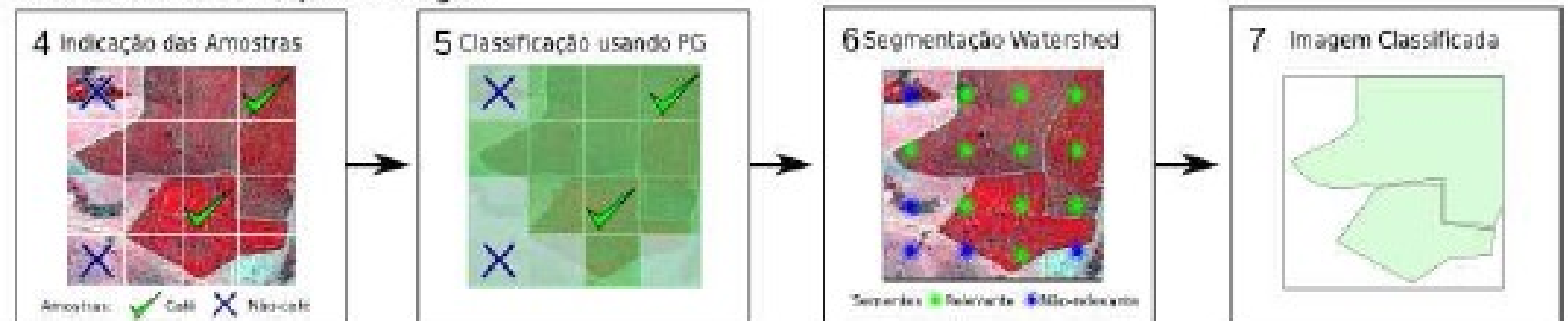


Outra Aplicação – Imagem de Café

Processo de Descrição da Imagem



Processo de Classificação de Imagem



Resultados – Classificação

Exp	População	Geração	<i>Fold</i> 1	<i>Fold</i> 2	Média
1	30	15	65,92	66,04	65,98
2	30	30	64,88	66,51	65,70
3	50	15	65,90	66,46	66,18
4	50	30	66,37	66,29	66,33












Resultado Kappa para reconhecimento de café aplicando o sistema proposto.

Obs. MaxVer obteve 66,00% na mesma base de imagens.

Resultados – Recuperação

- Bases
- Descritores
- Medidas de Avaliação
- Baselines

Bases

Corel						
Caltech						

- **Corel:** são 3.906 imagens e 123 imagens consultas. Existem 85 classes de imagens e o número de imagens por classe varia de 7 a 98 imagens
- **Caltech:** são 8.677 imagens e 122 imagens consultas. Existem 101 classes e o número de imagens por classe varia de 40 a 800 imagens

Descritores de Imagens

Descritor	Tipo de Evidência
GCH [67]	Cor
BIC [64]	Cor
COLORBITMAP [46]	Cor
ACC [35]	Cor
CCV [55]	Cor
CGCH [65]	Cor
CSD [49]	Cor
JAC [72]	Cor
LCH [67]	Cor
CCOM [39]	Textura
LAS [68]	Textura
LBP [53]	Textura
QCCH [34]	Textura
SASI [12]	Textura
SID [74]	Textura
UNSER [70]	Textura
EOAC [48]	Forma
SPYTEC [43]	Forma

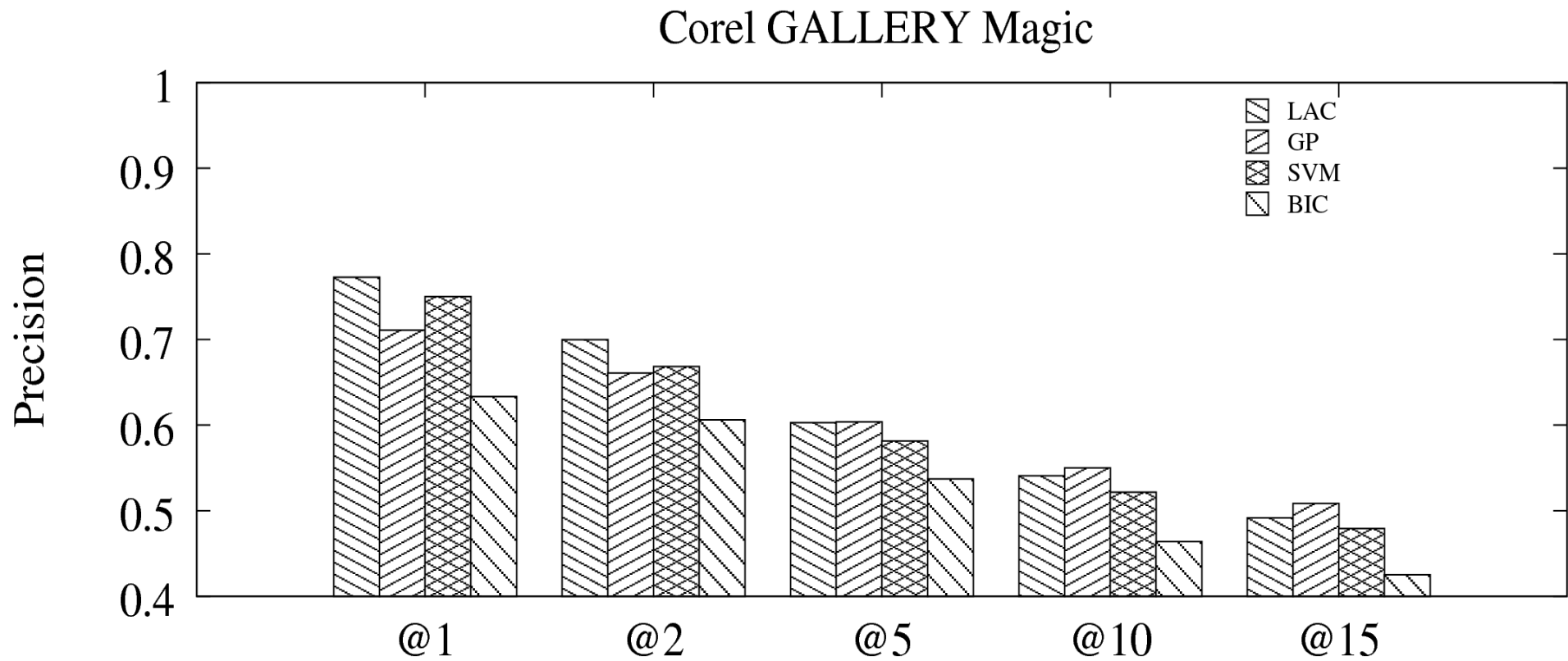
Medidas de Avaliação

- Precision
- Mean Average Precision (MAP)

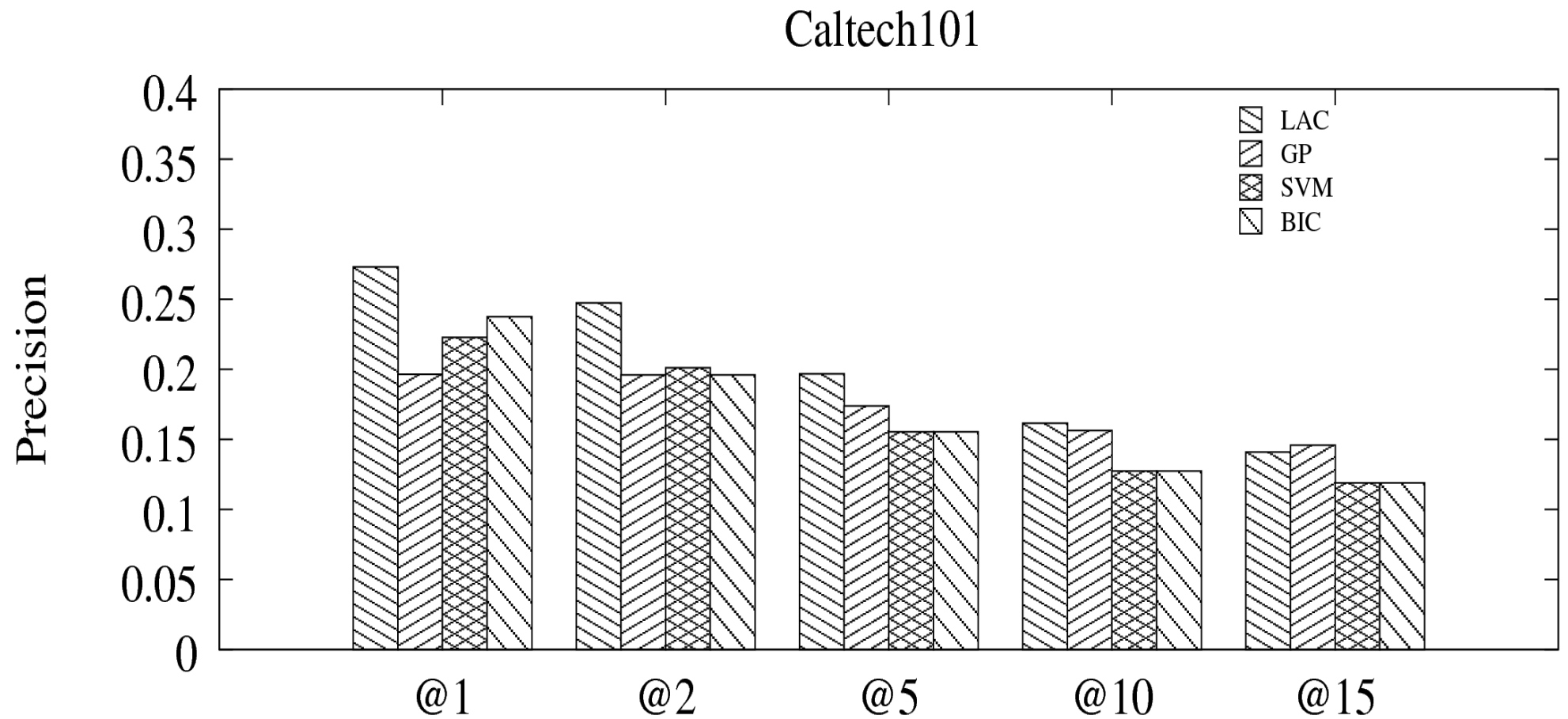
Baselines

- Programação Genética = CBIR-PG
- LAC = CBIR-RA
- RankSVM = CBIR-SVM
- Descritor BIC = BIC

Resultados – Corel



Resultados – Caltech



Resultados

	Corel				Caltech			
Run	CBIR-RA	CBIR-PG	CBIR-SVM	BIC	CBIR-RA	CBIR-PG	CBIR-SVM	BIC
1	0,405	0,399	0,374	0,279	0,051	0,059	0,051	0,058
2	0,312	0,328	0,308	0,298	0,011	0,057	0,038	0,018
3	0,366	0,376	0,351	0,341	0,098	0,089	0,098	0,093
4	0,362	0,354	0,344	0,290	0,046	0,049	0,039	0,061
5	0,250	0,246	0,251	0,193	0,064	0,098	0,092	0,063
Média	0,339	0,341	0,326	0,280	0,073	0,070	0,064	0,058
CBIR-RA	-	-0,50%	4,20%	21,00%	-	4,10%	14,30%	24,00%
CBIR-PG	0,50%	-	4,70%	21,60%	-4,00%	-	9,70%	19,80%

Valores MAP.

Roteiro

- Introdução
- Motivação
- Programação Genética
- Programação Genética no Mundo Visual
- **Bibliotecas**
- Conclusão

Bibliotecas PG

- **LILGP (linguagem C)**
- **JGAP (JAVA)**
- Beagle (C++ with STL)
- EO (C++ with static polymorphism)

Conclusão

- PG é técnica de Inteligência Artificial
- Computação Evolutiva (Teoria da Evolução de Darwin)
- Herança biológica, seleção natural e evolução
- Muito utilizada em diversas aplicações e obtendo bons resultados

Referências

Livros

- J. R. Koza. Genetic Programming: On the Programming of Computers by Means of Natural Selection.
- R. Poli, W. B. Langdon and N. F. Mcphee. A Field Guide to Genetic Programming.
- W. Banzhaf et al. Genetic Programming: An Introduction.

Artigos

- R. da S. Torres et al. A Genetic Programming Framework for Content-based Image Retrieval. Pattern Recognition 2009.
- C. D. Ferreira et al. Image Retrieval with Relevance Feedback based on Genetic Programming. SBBD, 2008.
- F. A. Faria, A. Rocha e R. da S. Torres. Classificação de Imagens usando Programação Genética. SPS-UNICAMP 2010.
- F. A. Faria et al. Learning to Rank for Content-based Image Retrieval. MIR 2010.
- J. A. Santos, F. A. Faria, R. T. Calumby, and R. da S. Torres. A Genetic Programming Approach for Coffee Crop Recognition. IGARSS 2010.

Obrigado pela Atenção!

Perguntas?

Querendo trabalhar com IA e
Imagens?

{ffaria,rocha,rtorres}@ic.unicamp.br

Trabalho de Doutorado

- Meta-aprendizagem
- Seleção de características
- Combinação de classificadores
- Colaboração com Médicos e Biólogos da UNICAMP
- ...

Colaborações

Asas de Moscas Anastrepha



Espécie A



Espécie B

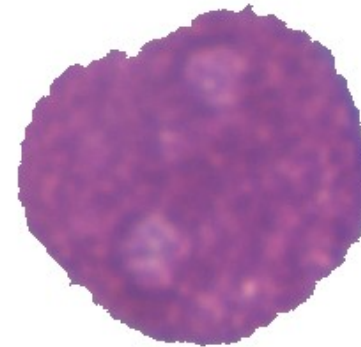


Espécie c

Células de Medula



Normal



Doente

Extras

Análise de Parâmetros – PG

	Term	Stdized Effects	Sum of Squares	% Contribution
↑	Intercept			
Ⓜ	A-pop	0.20	0.16	0.98
Ⓜ	B-ger	0.82	2.67	16.33
Ⓜ	C-knn	1.60	10.24	62.57
Ⓜ	D-crossover	-0.20	0.17	1.03
Ⓜ	E-mut	0.17	0.12	0.73
Ⓜ	AB	-0.088	0.031	0.19
Ⓜ	AC	0.35	0.50	3.08
Ⓜ	AD	0.20	0.16	0.98
Ⓜ	AE	0.30	0.35	2.16
Ⓜ	BC	0.087	0.031	0.19
Ⓜ	BD	-0.17	0.12	0.73
Ⓜ	BE	0.095	0.036	0.22
Ⓜ	CD	0.27	0.29	1.78
Ⓜ	CE	-0.14	0.076	0.46
Ⓜ	DE	0.59	1.40	8.58

kNN	Reprodução	Crossover	Mutação	População	Geração
1 e 7	10 e 30	70 e 90	5 e 10	15 e 30	15 e 30

Resultado por Classe - FreeFoto

Classes	Acertos	Erros	Total	Eficácia (%)
001	91	5	96	94,79
002	46	10	56	82,14
003	82	5	87	94,25
004	34	4	38	89,47
005	14	0	14	100
006	117	2	119	98,32
007	22	1	23	95,65
008	28	6	34	82,35
009	96	12	108	88,89

Parâmetros usados na Classificação

Parâmetro	Bases		
	FreeFoto	Borboletas	Café
kNN	1 e 3	7	13
População	5	5	30 e 50
Gerações	10	20	15 e 30
Reprodução	0,30	0,30	0,30
Crossover	0,65	0,65	0,80
Mutação	0,05	0,05	0,05
Funções	+, -, *, /, sqrt		
Função de Adequação	FFP4		