



Inteligência Computacional Aplicada

PUC-Rio

Inteligência Computacional Aplicada



Conteúdo

- O que é “Inteligência” Computacional?
- Áreas de Aplicação
- Técnicas Inteligentes
 - Sistemas Especialistas
 - Lógica Fuzzy
 - Redes Neurais
 - Algoritmos Genéticos
- Sistemas Inteligentes do ICA



O que é Inteligência Computacional?

*“Técnicas e sistemas computacionais
que imitam aspectos humanos, tais
como: percepção, raciocínio,
aprendizado, evolução e adaptação”.*



Inspiração na Natureza

- **Sistemas Especialistas** inferência humana
- **Lógica Fuzzy** processamento lingüístico
- **Redes Neurais** neurônios biológicos
- **Algoritmos Genéticos** evolução biológica
- **Sistemas Híbridos** aspectos combinados



Sistemas Computacionais de Suporte à Decisão

- **Sistemas Especialistas**
 - **Lógica Fuzzy**
 - **Redes Neurais**
 - **Algoritmos Genéticos**
 - **Sistemas Híbridos**
- **Aquisição de Conhecimento**
 - **Previsão**
 - **Otimização**
 - **Controle**
 - **Planejamento**
 - **Data Mining**
 - **Análise de Risco**
 - **Detecção de Fraude**



Áreas de Aplicação

-  **Energia**
-  **Finanças**
-  **Telecomunicações**
-  **Medicina**
-  **Meio-Ambiente**
-  **Comércio**
-  **Indústria**



Alguns Projetos Desenvolvidos no ICA

Setor	Tema
Ensino	Software Educacional para o Ensino de Sistemas Inteligentes
Energia	Previsão de Carga Elétrica por Redes Neurais: Mensal, Horária, Pico, Intervalos 10min Sistema Híbrido de Detecção e Diagnóstico de Falhas em Sistemas Elétricos Otimização de Despacho por Algoritmos Genéticos Otimização da Alocação de Capacitores em Sistemas Elétricos Controle de Chelas em reservatórios de usinas hidrelétricas Reconhecimento de Descargas Parciais em Equipamentos Elétricos
Petroquímico	Simulação de Forno de Craqueamento da Refinaria REDUC Utilizando Redes Neurais Sensor Virtual por Redes Neurais para a Medição de Intemperismo na Produção do GLP Otimização da Distribuição Combustíveis por Algoritmos Genéticos
Industrial	Sistema Inteligente de Reconhecimento de Imagens Bidimensionais Redes Neurais Aplicadas a Ensaios Não-Destrutivos de Materiais Condutores Sistemas Inteligentes Aplicados ao Reconhecimento de Voz Otimização e Planejamento da Produção Controle e Navegação de Robos Compressão de Imagens Digitalizadas por Redes Neurais
Comercial	Otimização do Planejamento de Horários/Alocação de Salas por Algoritmos Genéticos Reconhecimento de Dígitos Manuscritos por Redes Neurais para Leitura de Código Postal Reconhecimento de Caracteres Impressos (OCR) Utilizando Redes Neurais Previsão da Demanda de Lubrificantes Descoberta de Padrões em Bancos de Dados Comerciais Classificação/Segmentação de Clientes a partir de Informações Cadastrais em BD
Econômico/ Financeiro	Planejamento de Fluxo de Caixa Inteligente (FCI) Gerência de Carteira de Investimentos (Risco x Retorno) por Algoritmos Genéticos Previsão de Indicadores Financeiros por Redes Neurais Previsão do Índice Bovespa por Redes Neurais Modelos Híbridos de Previsão de Séries Temporais
Meio Ambiente	Previsão de Precipitação Pluviométrica na Área do Nordeste por Redes Neurais



Empresa	Sistema Inteligente	Técnicas
Souza Cruz	• Fluxo de Caixa Inteligente	• Alg. Genéticos
Eletrobrás	• Previsão do Consumo Mensal de Energia Elétrica	• Redes Neurais
Embratel	• Classificação de Clientes	• Alg. Genéticos
PUC-Rio	• Alocação de Salas de Aula	• Alg. Genéticos
	• Avaliação da Produção Científica	• Lógica Fuzzy
Cia. Vale do Rio Doce	• Projeto S4: Planejamento e Otimização de Embarque de Minério no Porto de Tubarão	• Alg. Genéticos
	• Projeto S4-V2: Planejamento e Otimização de Embarque de Minério Porto de Tubarão	• Oracle
	• Projeto Monitor: Fase de Especificação	• UML
Petrobrás	• Inferência de Propriedades de Derivados do Petróleo	• Redes Neurais
	• Gestão Conhecimento Instrumentação e Automação	• Sistemas Especialistas
	• Análise de Alternativas de Investimento em Projetos de Exploração e Prospecção de Petróleo sob Incertezas Técnicas e de Mercado – Fases 1, 2 e 3	• Alg. Genéticos
	• Otimização da Quantidade e Localização de Poços Petrolíferos para o Desenvolvimento de um Campo de Petróleo sob condições de certeza – Fases 1 a 3	• Neuro-Fuzzy
	• Análise Econômica de Projetos de E&P sob Incerteza de Campos Inteligentes	• UML
	• CONFPETRO: Sistema de Caracterização da Confiabilidade Humana para a Área de Petróleo	• CORBA
ScoreTec	• Software Vox Score para a aquisição, gerenciamento e análise da voz, para triagem de recursos humanos	• SQL / UML
Light	• Sistema Inteligente Apoio à Decisão na Recuperação de Perdas por Fraude e na Caracterização dos Fraudadores	• Redes Neurais
	• Identificação e Prevenção de Inadimplência para o Mercado de Grandes Clientes	• Alg. Genéticos

Previsão

- **Previsão de Demanda de Energia Elétrica:** mensal, horária, 10 em 10 min., horário de pico.
- **Previsão mensal de Demanda de Lubrificantes**
- **Previsão Consumo de cigarros:** semanal, mensal
- **Previsão de Safra de Cacau**
- **Previsão de Índices financeiros**



Otimização e Planejamento

- Otimização do **Fluxo de Caixa**
- Otimização de **Carteira de Investimentos**
- Otimização de **Alocação de Espaço Físico**
- Planejamento da **Manutenção de Máquinas**
- Planejamento de **Embarque de Minério**
- Otimização da **Exploração de um Campo de Petróleo**



Data Mining

- **Caracterização do Negócio**
 - extrair regras de BD que caracterizem o negócio
- **Enriquecimento de Banco de Dados**
 - inferir informações a partir de levantamento parcial
- **Segmentação da Base**
 - agrupar entradas “similares” em clusters
- **Classificação de Entradas**
 - pré-classificar um nova entrada em um cluster
- **Análise de Risco em Investimentos**
 - identificação de regras de investimento



Processos Industriais

- *Detecção e Diagnóstico de Falhas*
 - Rede Neural detecta falha na rede elétrica e Sistema Especialista fornece o diagnóstico
- *Manutenção Preditiva*
 - Rede Neural prevê momento ideal para a realização de manutenção em cada equipamento
- *Inferência/Predição de Propriedades*
 - Rede Neural infere propriedades de derivados de petróleo em refinarias (soft sensor)



Sistemas Especialistas



Conceitos Básicos

⇒ São programas que armazenam e manipulam o **conhecimento** adquirido de um especialista.



Conceitos Básicos

⇒ São programas que armazenam e manipulam o conhecimento adquirido de um especialista.



- Requer entrevistas e observações para **extrair o conhecimento**.
- Conhecimento é representado em formato **manipulável pelo computador**.



Representação do Conhecimento

Regras de produção

Regra i

IF <condição_1> AND <condição_2> ...
THEN <ação_A> AND <ação_B>

Exemplo 1:

IF Carro = **BMW** AND cidade = **São Paulo**
THEN seguro = 10% valor carro

IF carro = **Fiat** AND cidade = **Icapuí**
THEN seguro = 4% valor carro



Representação do Conhecimento

Regras de produção

Regra i

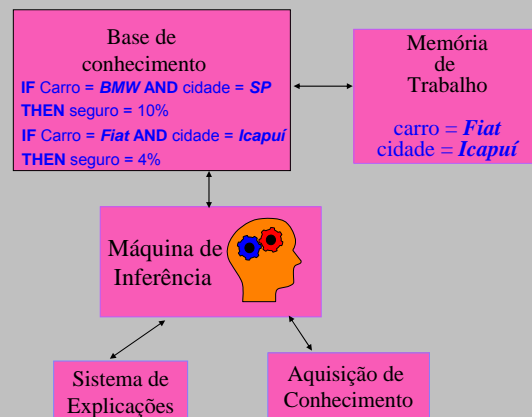
IF <condição_1> AND <condição_2> ...
THEN <ação_A> AND <ação_B>

Exemplo 2:

IF idade ≥ **65 anos**
THEN seguro = R\$ 600,00
IF idade ≥ **50 anos** AND pressão ≥ **14 por 10**
THEN seguro = R\$ 600,00
IF idade < **40 anos** AND pressão = **12 por 8 ± 10%**
THEN seguro = R\$ 200,00



Organização de Sistemas Especialistas



Avaliação

Adequada para aplicações onde: o **conhecimento** (o especialista) é **acessível**, as **regras** são **conhecidas** e **fáceis** de serem formuladas por este especialista, e quando **explicações** são necessárias.



Avaliação

Vantagens

- utiliza representação explícita do conhecimento
- capazes de gerar justificativas (explicações)

Desvantagens

- ausência de mecanismo automático de aprendizado
- processo longo e caro de extração do conhecimento
- exigência de declarações precisas dos especialistas



Aplicações Comerciais

- **American Express:** Sistema de Auxílio para Autorização de Crédito (CC)
- **Citibank, National Westminster, Midland Bank:** Análise de empréstimos pessoais, Gerência de Carteira de Investimento



Lógica *Fuzzy*



Conceitos Básicos

Técnica inteligente que tem como objetivo modelar o modo ***aproximado de raciocínio***, imitando a habilidade humana de tomar decisões em um ambiente de ***incerteza*** e ***imprecisão***



Conceitos Básicos

Permite que os sistemas inteligentes de *controle e suporte à decisão* lidem com *informações imprecisas ou nebulosas*

Exemplos:

- investimento de alto risco
- pressão média
- fluxo muito intenso
- alta temperatura
- muito jovem
- meia-idade

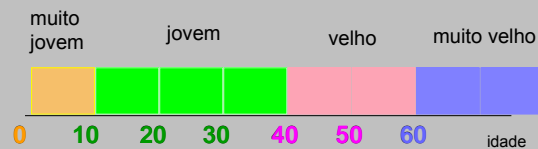


Novos Conceitos

- Conjuntos *Fuzzy*
- Grau de Pertinência a um Conjunto
- Regras *Fuzzy*
- Inferência *Fuzzy*



Conjuntos e Regras Rígidos



Se idade igual a **40** então
sou **velho**.

Se idade igual a **39** então
sou **jovem**.

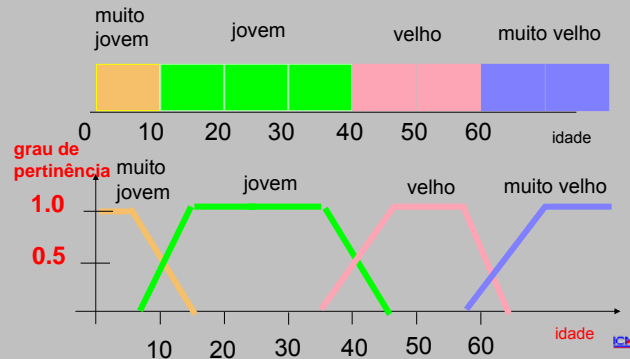


Novos Conceitos

- **Conjuntos *Fuzzy***
- **Grau de Pertinência a um Conjunto**
- Regras *Fuzzy*
- Inferência *Fuzzy*

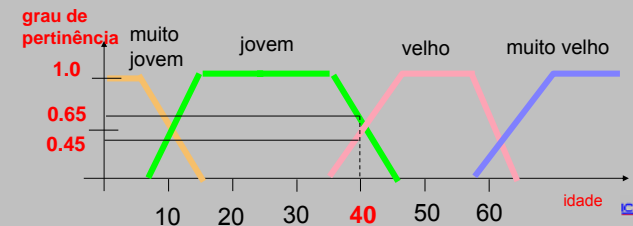


Conjuntos Fuzzy



Conjuntos Fuzzy

Pedro tem 40 anos.
Ele é *jovem* ou *velho*?



Conjuntos Fuzzy

Pedro tem 40 anos.
Ele é *jovem* ou *velho*?

- ⇒ Pedro é *jovem* E *velho*,
ao mesmo tempo
(com graus diferentes)
- ⇒ Os **graus de pertinência**
demostram que Pedro não é
nem tão jovem, nem tão velho

Novos Conceitos

- Conjuntos Fuzzy
- Grau de Pertinência a um Conjunto
- **Regras Fuzzy**
- Inferência Fuzzy

Sistema para Análise de Seguro Saúde

Regras Fuzzy

- SE idade é **meia-idade** E pressão é **baixa** ENTÃO seguro é **baixo**
- SE idade é **jovem** E pressão é **alta** ENTÃO seguro é **alto**



Novos Conceitos

- Conjuntos Fuzzy
- Grau de Pertinência a um Conjunto
- Regras Fuzzy
- **Inferência Fuzzy**



Conjuntos Fuzzy

Idade	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65
Meia-Idade	0.3	0.4	0.6	0.8	0.9	1.0	0.8	0.6	0.3	0.1
Jovem	0.9	0.8	0.7	0.6	0.4	0.3	0.1	0.0	0.0	0.0

Pressão Máx.	95	100	110	120	130	140	150	160	170	175
Pressão Mín.	50	55	60	65	70	75	80	85	90	100
Alta	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
Baixa	1.0	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5	0.4	0.3	0.2	0.1

Seguro	300	500	700	800	900	1000	1200
Alto	0.1	0.3	0.4	0.5	0.8	0.9	1.0
Baixo	1.0	0.9	0.6	0.5	0.3	0.1	0.1



Conjuntos Fuzzy

SE idade é **meia-idade** E pressão é **baixa** ENTÃO seguro é **baixo**

Idade	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65
Meia-Idade	0.3	0.4	0.6	0.8	0.9	1.0	0.8	0.6	0.3	0.1
Jovem	0.9	0.8	0.7	0.6	0.4	0.3	0.1	0.0	0.0	0.0

Pressão Máx.	95	100	110	120	130	140	150	160	170	175
Pressão Mín.	50	55	60	65	70	75	80	85	90	100
Alta	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
Baixa	1.0	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5	0.4	0.3	0.2	0.1

Seguro	300	500	700	800	900	1000	1200
Alto	0.1	0.3	0.4	0.5	0.8	0.9	1.0
Baixo	1.0	0.9	0.6	0.5	0.3	0.1	0.1



Conjuntos Fuzzy

SE idade é *meia-idade* E pressão é *baixa* ENTÃO seguro é *baixo*

Idade	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65
Meia-Idade	0.3	0.4	0.6	0.8	0.9	1.0	0.8	0.6	0.3	0.1
Jovem	0.9	0.8	0.7	0.6	0.4	0.3	0.1	0.0	0.0	0.0

Pressão Máx.	95	100	110	120	130	140	150	160	170	175
Pressão Mín.	50	55	60	65	70	75	80	85	90	100
Alta	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
Baixa	1.0	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5	0.4	0.3	0.2	0.1

Seguro	300	500	700	800	900	1000	1200
Alto	0.1	0.3	0.4	0.5	0.8	0.9	1.0
Baixo	1.0	0.9	0.6	0.5	0.3	0.1	0.1

Conjuntos Fuzzy

SE idade é *jovem* E pressão é *alta* ENTÃO seguro é *alto*

Idade	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65
Meia-Idade	0.3	0.4	0.6	0.8	0.9	1.0	0.8	0.6	0.3	0.1
Jovem	0.9	0.8	0.7	0.6	0.4	0.3	0.1	0.0	0.0	0.0

Pressão Máx.	95	100	110	120	130	140	150	160	170	175
Pressão Mín.	50	55	60	65	70	75	80	85	90	100
Alta	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
Baixa	1.0	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5	0.4	0.3	0.2	0.1

Seguro	300	500	700	800	900	1000	1200
Alto	0.1	0.3	0.4	0.5	0.8	0.9	1.0
Baixo	1.0	0.9	0.6	0.5	0.3	0.1	0.1

Conjuntos Fuzzy

SE idade é *jovem* E pressão é *alta* ENTÃO seguro é *alto*

Idade	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65
Meia-Idade	0.3	0.4	0.6	0.8	0.9	1.0	0.8	0.6	0.3	0.1
Jovem	0.9	0.8	0.7	0.6	0.4	0.3	0.1	0.0	0.0	0.0

Pressão Máx.	95	100	110	120	130	140	150	160	170	175
Pressão Mín.	50	55	60	65	70	75	80	85	90	100
Alta	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
Baixa	1.0	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5	0.4	0.3	0.2	0.1

Seguro	300	500	700	800	900	1000	1200
Alto	0.1	0.3	0.4	0.5	0.8	0.9	1.0
Baixo	1.0	0.9	0.6	0.5	0.3	0.1	0.1

Conjuntos Fuzzy

Idade	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65
Meia-Idade	0.3	0.4	0.6	0.8	0.9	1.0	0.8	0.6	0.3	0.1
Jovem	0.9	0.8	0.7	0.6	0.4	0.3	0.1	0.0	0.0	0.0

Pressão Máx.	95	100	110	120	130	140	150	160	170	175
Pressão Mín.	50	55	60	65	70	75	80	85	90	100
Alta	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
Baixa	1.0	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5	0.4	0.3	0.2	0.1

Seguro	300	500	700	800	900	1000	1200
Alto	0.1	0.3	0.4	0.5	0.8	0.9	1.0
Baixo	1.0	0.9	0.6	0.5	0.3	0.1	0.1

$$\text{Insurance} = (700 \times 0.6 + 800 \times 0.5) / (0.6 + 0.5) = 745.45$$

Avaliação

Técnica utilizada em aplicações:

- onde o conhecimento envolve conceitos **subjetivos** e **intrinsecamente imprecisos**;
- e onde deseja-se obter **explicações** sobre o resultado do problema.



Avaliação

Vantagens

- facilidade de lidar com dados imprecisos.
- facilita a descrição das regras pelos especialistas.
- menor número de regras.
- explicação do raciocínio

Desvantagens

- especificação das funções de pertinência.
- necessidade de um especialista e/ou dados históricos.



Aplicações Industriais

- **NISSAN**: freios antiderrapantes
- **GM**: sistema de transmissão nebuloso
- **SANYO**: microondas
- **SHARP**: refrigeração
- **BOSCH**: máquinas de lavar
- **HITACHI**: aspirador
- **PANASONIC**: camcorder



Aplicações Comerciais

- **Yamaichi Securities**: Sistema de Gerenciamento de Fundos de Investimento
- **Fuji Bank**: Sistema de Negociação de Bolsa de Valores
- **World Bank**: Sistema de Investimento
- **Metus Systems**: Sistema fuzzy de detecção de fraude no sistema de saúde



Aplicações do Curso

- Controle de Coloração e Nível de Tanques
- Controle de Braço mecânico com extração automática de regras
- Sistema de Análise de Seguro Saúde
- Análise de Crédito Bancário
- Previsão da Classificação da Volatilidade
- Previsão de Carga Elétrica Horária e 10 em 10 min.
- Previsão de produção de cacau
- "Clusterização" de Banco de Dados (países, imagens de satélite, etc)
- Análise de Hipertensão
- Classificação de clientes inadimplentes
- Sistema de Avaliação de Risco Bancário
- Sistema para definição de preço de produto novo
- Consultas Fuzzy a bancos de dados relacionais
- Controle de Veículos
- Análise de produção de empregados

Redes Neurais

Redes Neurais

*Modelo Computacional inspirado nos neurônios biológicos e na estrutura do cérebro com capacidade de **adquirir**, **armazenar** e **utilizar** conhecimento experimental.*

Relação com a Natureza

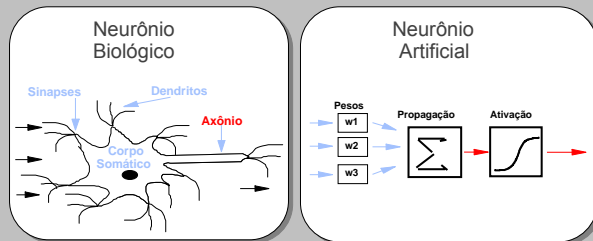
Cérebro



Redes Neurais Artificiais

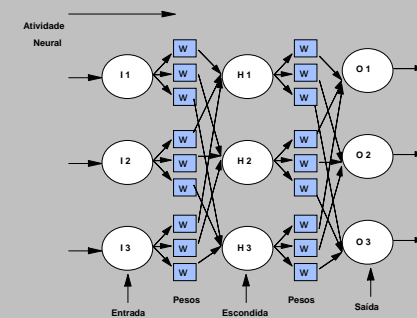
- | | |
|-----------------------------|-----------------------------|
| • Neurônio Biológico | • Neurônio Artificial |
| • Rede de Neurônios | • Estrutura em Camadas |
| • 10 bilhões neurônios | • centenas/milhares |
| • Aprendizado | • Aprendizado |
| • Generalização | • Generalização |
| • Associação | • Associação |
| • Reconhecimento de Padrões | • Reconhecimento de Padrões |

Redes Neurais



ICA

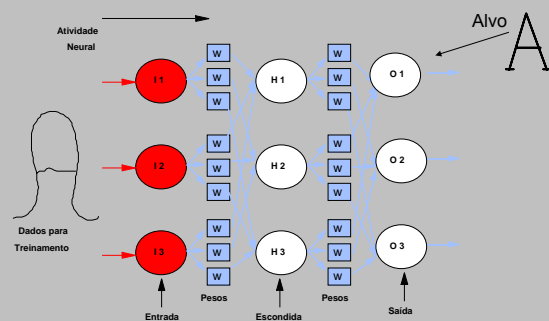
Estrutura da Rede Neural



Os pesos guardam o conhecimento (a memória) da Rede Neural.

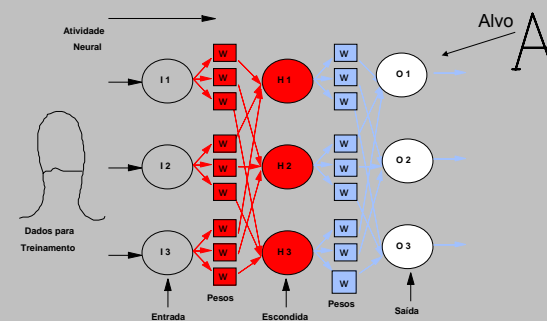
ICA

Treinamento da Rede Neural



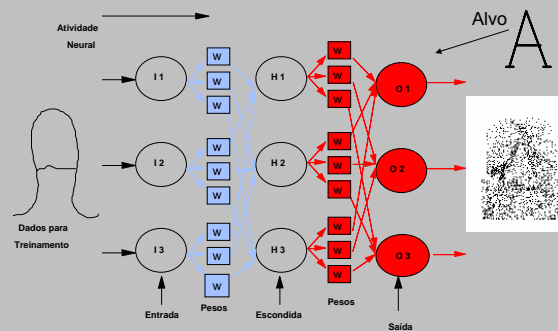
ICA

Treinamento da Rede Neural



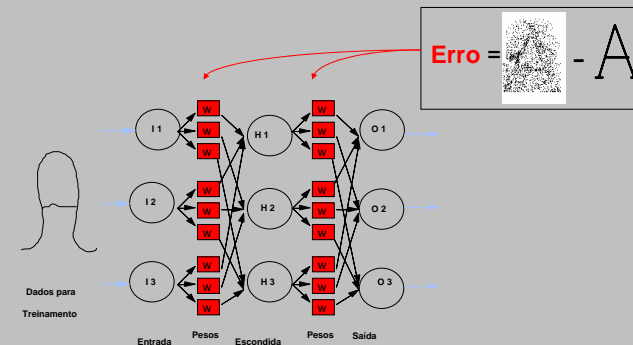
ICA

Treinamento da Rede Neural



ICA

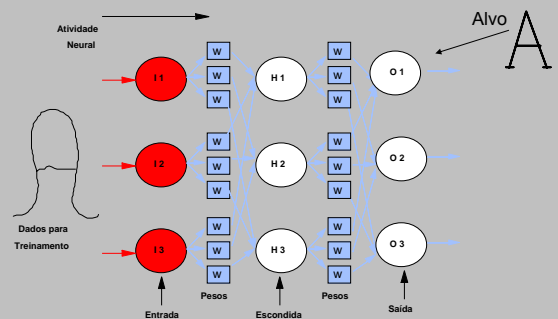
Treinamento da Rede Neural



Pesos são ajustados de acordo com o erro encontrado.

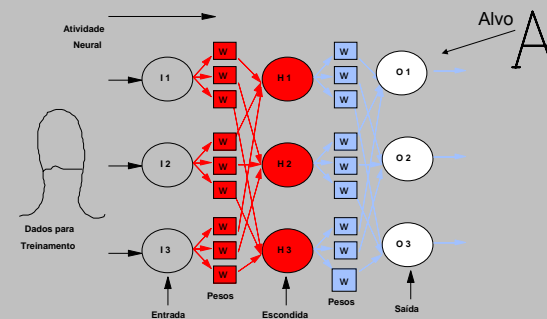
ICA

Treinamento da Rede Neural



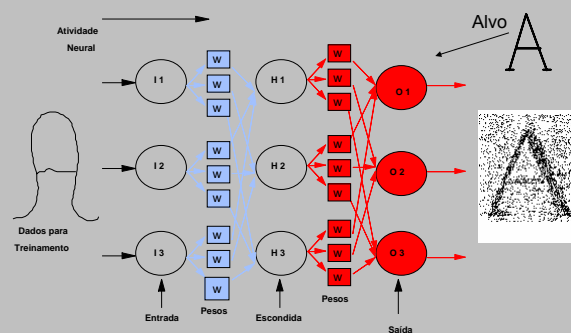
ICA

Treinamento da Rede Neural

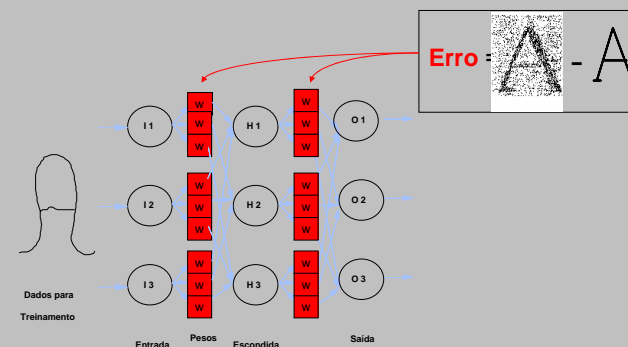


ICA

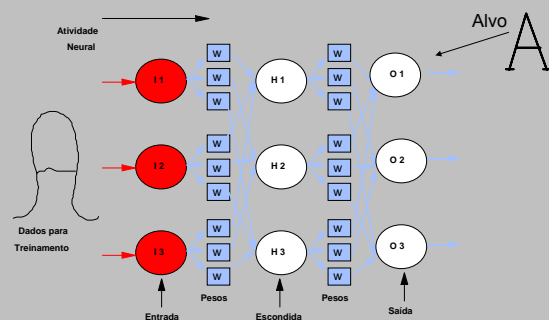
Treinamento da Rede Neural



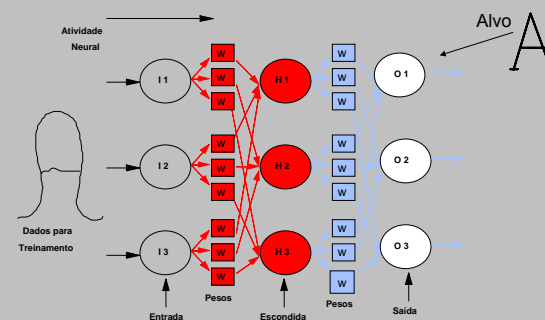
Treinamento da Rede Neural



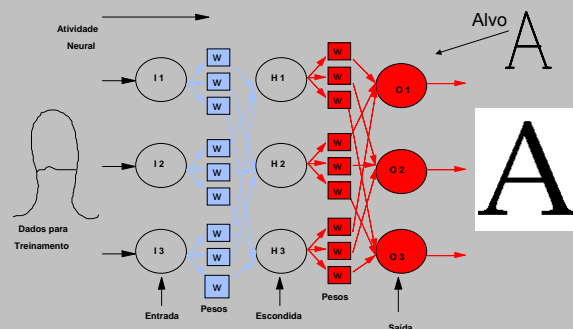
Treinamento da Rede Neural



Treinamento da Rede Neural



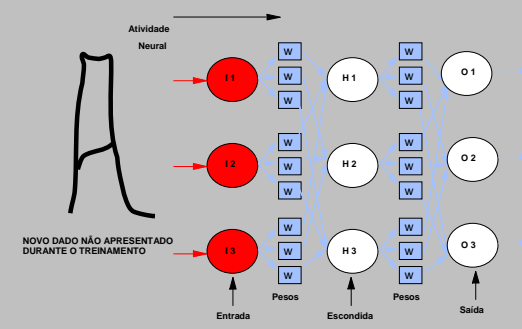
Treinamento da Rede Neural



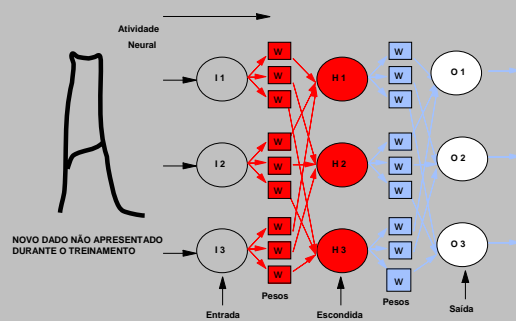
A Rede Neural é treinada até que o erro entre a saída da rede e o alvo seja satisfatório.



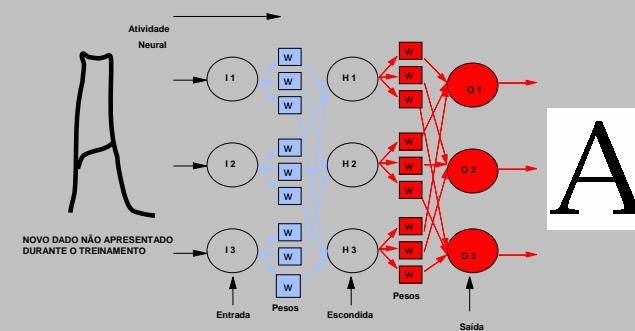
Utilização da Rede Neural



Utilização da Rede Neural

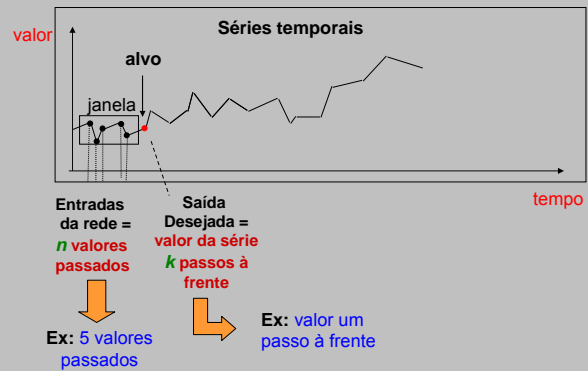


Utilização da Rede Neural

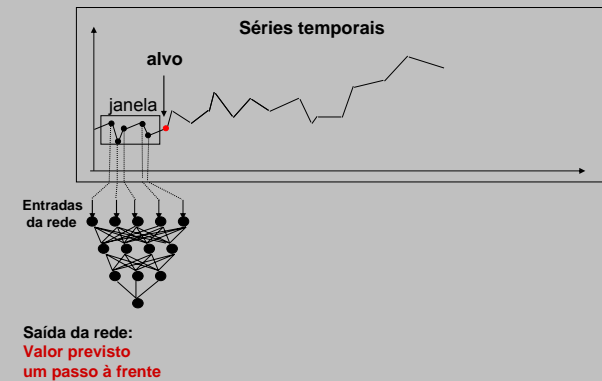


A Rede Neural é capaz de generalizar e reconhecer padrões distintos dos usados no treinamento.

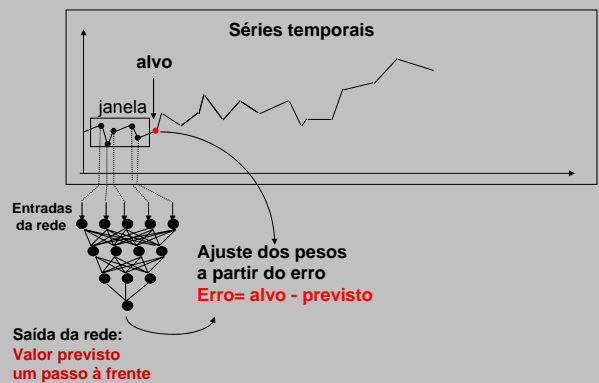
Previsão de Séries Temporais



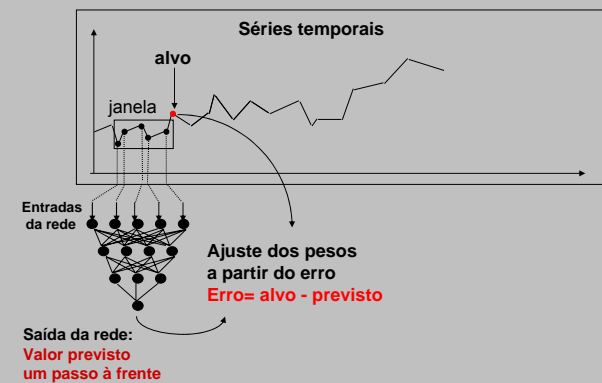
Previsão de Séries Temporais



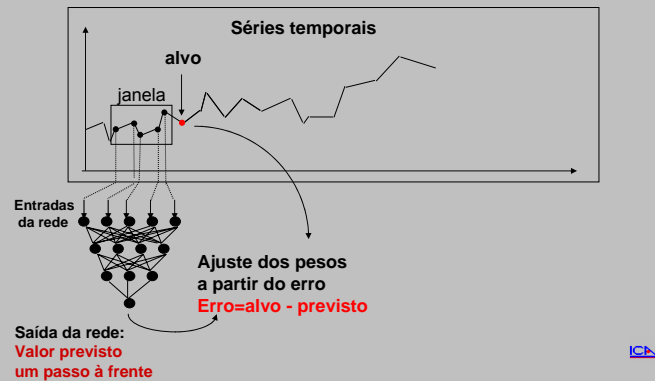
Treinamento da Rede Neural



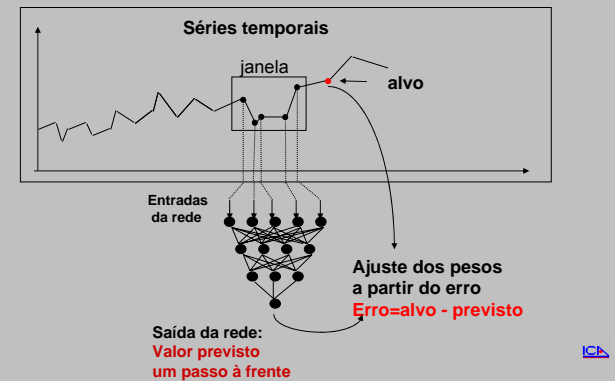
Treinamento da Rede Neural



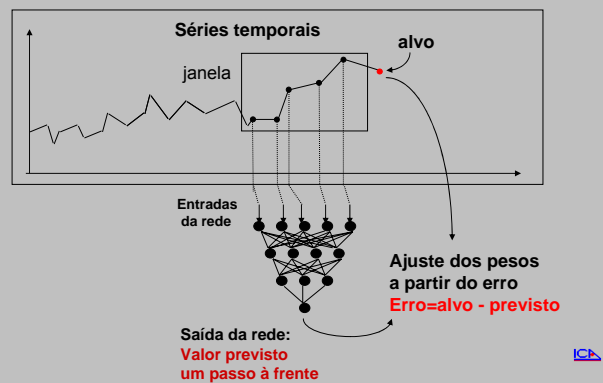
Treinamento da Rede Neural



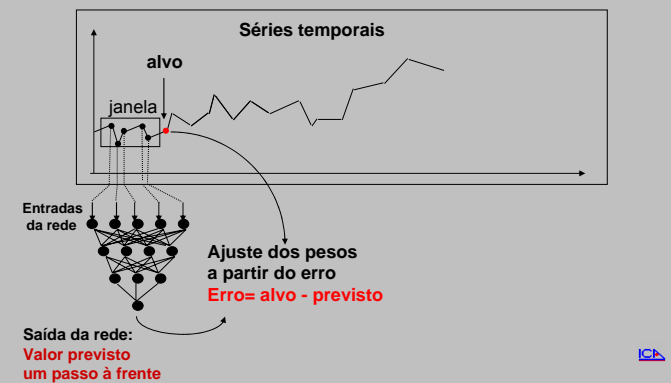
Treinamento da Rede Neural



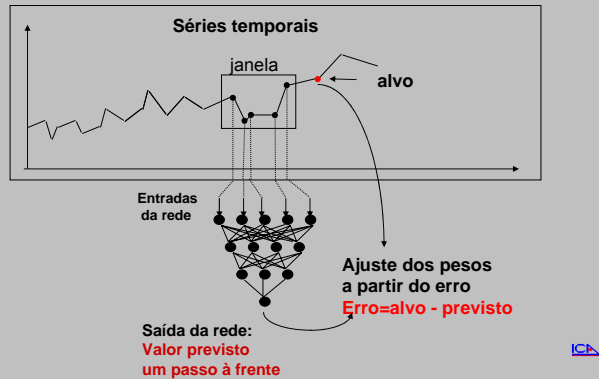
Treinamento da Rede Neural



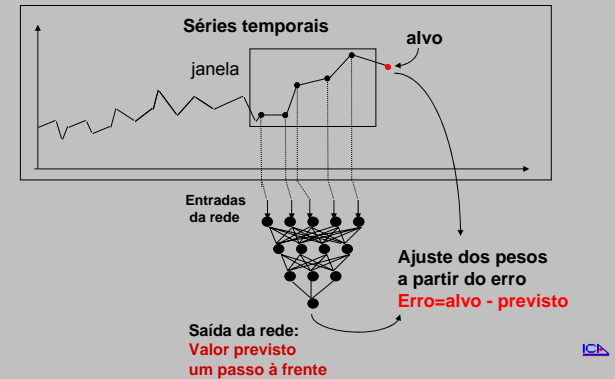
Treinamento da Rede Neural



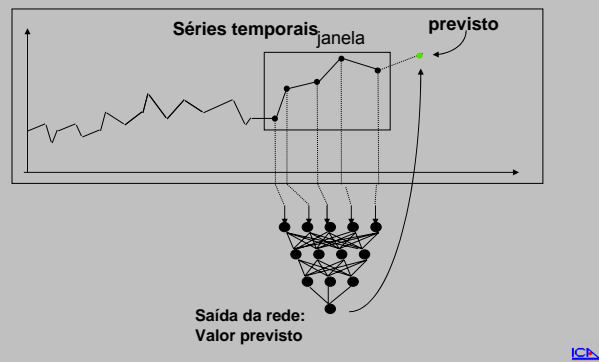
Treinamento da Rede Neural



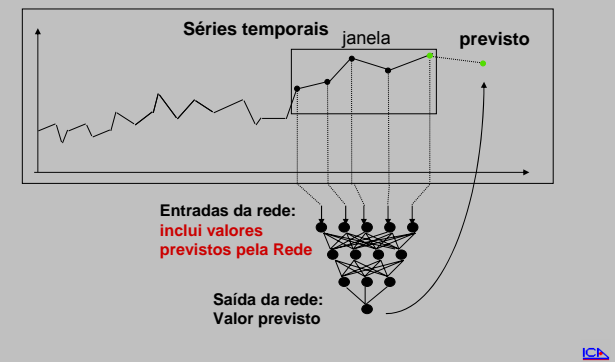
Treinamento da Rede Neural



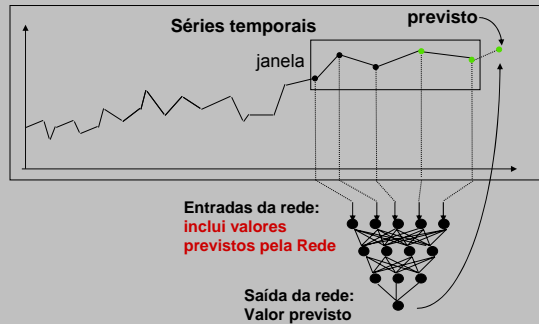
Previsão de Valores Futuros



Previsão de Valores Futuros



Previsão de Valores Futuros



Avaliação

Técnica utilizada em aplicações:

- reconhecimento de padrões **ruidosos** e/ou **incompletos**;
- onde regras claras **não** podem ser facilmente **formuladas**;
- **não** necessita de **explicação do resultado**.

Avaliação

Vantagens

- modelagem de sistemas não lineares
- aprendizado automático
- tolerante a dados ruidosos e incompletos
- resposta rápida e precisa
- modelos compactos

Desvantagens

- ausência de explicações
- sensível a quantidade de dados disponível
- tempo de treinamento pode ser grande.

Aplicações Industriais

- **Racal**: Identificação de placas de veículos
- **Thomson**: Sistemas de OCR
- **St. George's Hospital**: Sistema de classificação de tumores
- **CRAM**: Sistema automático de seleção de laranjas

Aplicações Comerciais

- ◆ **Fidelity Investments:** Gerência de Fundos de Investimento (\$2 bilhões)
- ◆ **Chase Manhattan Bank:** Detecção de Fraudes em Cartões de Créditos
- ◆ **Citibank (USA):** Avaliação de Crédito
- ◆ **Nikko Securities:** Sistema de Negociação do Índice da Bolsa
- ◆ **Hill Samuel/UCL:** Sistema de Previsão de Fundos de Investimento
- ◆ **Thorn EMI/UCL:** Perfil do consumidor



Aplicações do Curso

- Previsão de Demanda de Energia Elétrica
- Previsão de Consumo de Lubrificantes
- Classificação de Clientes (Data Mining)
- Enriquecimento de Banco de Dados
- Análise de Crédito bancário
- Classificação de Uso de Telefones (residencial e comercial)
- Análise de anomalias cardíacas
- Reconhecimento de expressões faciais
- Inferência de derivados de petróleo
- Clusterização de clientes
- Clusterização de tipos de carvão
- Aproximação da função do simulador de reservatório de petróleo
- Previsão de chamadas de um *Call Center*
- Classificação de Imagens de satélite
- Previsão de Vazão de rios em bacias hidrográficas
- Determinação da carga máxima em vigas de aço

Algoritmos Genéticos



Conceitos Básicos

- Algoritmo de *busca/otimização* inspirado na *seleção natural* e reprodução *genética*.
- Combina *sobrevivência do mais apto* e *cruzamento* aleatório de informação



Analogia com a Natureza

Evolução Natural ↔ Alg. Genéticos

- | | |
|---------------------|------------------------|
| ● Indivíduo | ● Solução |
| ● Cromossoma | ● Representação |
| ● Reprodução Sexual | ● Operador Cruzamento |
| ● Mutação | ● Operador Mutação |
| ● População | ● Conjunto de Soluções |
| ● Gerações | ● Ciclos |
| ● Meio Ambiente | ● Problema |



Qual a finalidade de Algoritmos Genéticos?

Algoritmos Genéticos empregam um processo **adaptativo** e **paralelo** de busca de soluções em **problemas complexos**.



Qual a finalidade de Algoritmos Genéticos?

- **Adaptativo**
 - informação corrente influencia a busca futura
- **Paralelo**
 - várias soluções consideradas a cada momento
- **Problema Complexo**
 - de difícil formulação matemática ou com grande espaço de busca (grande número de soluções)



Problema Complexo

Exemplo:

Maximizar $f(x) = x^2$: encontrar $x \in (0 \dots 2^L - 1)$ para $f(x) = \text{máx}$

2^L	Número de Pontos no Espaço	Tempo de Busca <small>10^9 inst/seg</small>
$L=3$	8	< 1 seg
$L=10$	1024	< 1 seg
$L=30$	1 bilhão	1 seg
$L=90$	10^{27}	15 bilhões de anos

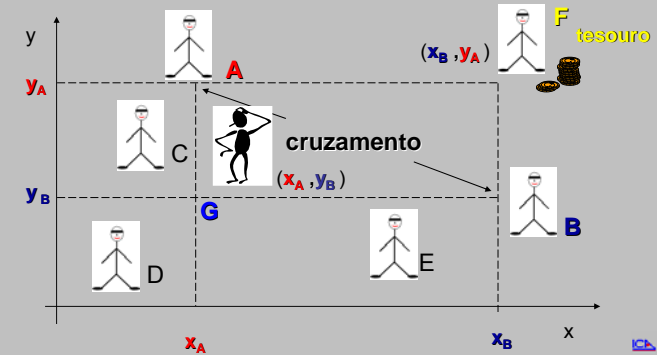


Problema da Cabra Cega

Busca de objetivo escondido em uma área



Problema da Cabra Cega



Operações Básicas

- **Seleção:** privilegia os indivíduos mais aptos

Operações Básicas

- **Seleção:** privilegia os indivíduos mais aptos
- **Reprodução:** indivíduos (palavras binárias) são reproduzidos com base na aptidão
- **Crossover:** troca de genes (pedaços de palavras)
- **Mutação:** troca aleatória de um gene (bit da palavra)

Exemplo

Problema:

→ Achar o valor máximo para $f(x) = x^2$, x no limite de 0 a 63.

Representação da Solução:

→ Palavras binárias representando sucessivas potências de 2.

011100 => Representa 28

110101 => Representa 53 (uma solução mais apta)

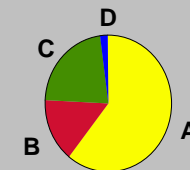


Seleção em Algoritmos Genéticos

População

Cromossoma	Palavra	X	Aptidão (x^2)
A	100100	36	1296
B	010010	18	324
C	010110	22	484
D	000001	1	1

Seleção

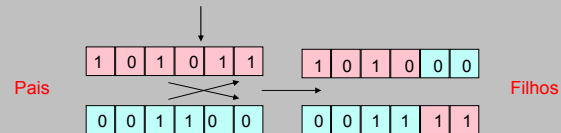


Probabilidade de Seleção \approx Aptidão do Cromossoma

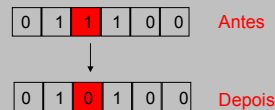


Operadores de Algoritmos Genéticos

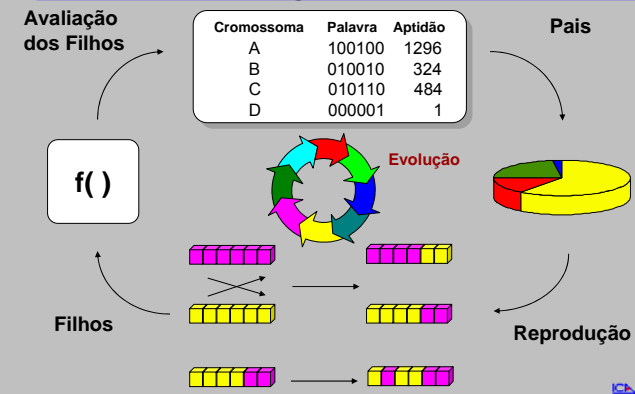
Crossover



Mutação



Ciclo do Algoritmo Genético



Avaliação

Técnica utilizada em aplicações:

- *problemas complexos de otimização;*
- *problemas de difícil modelagem matemática;*
- *problemas com grande espaço de busca.*



Avaliação

Vantagens

- Técnica de busca global
- Otimização de problemas mal estruturados
- Dispensa formulação matemática precisa do problema

Desvantagens

- Dificuldade na representação do cromossoma
- Evolução demorada em alguns problemas
- Modelagem depende de especialista em AG



Aplicações Industriais

- ◆ **GENERAL ELECTRIC** - Otimização de Projeto de Motores DC
- ◆ **BRITISH GAS** - Otimização da Distribuição de Gás
- ◆ **BBN** - Roteamento de Telecomunicações
- ◆ **ATTAR** - Planejamento da Programação de TV



Aplicações Comerciais

- ◆ **CAP VOLMAC** - Avaliação de Crédito e Análise de Risco
- ◆ **SEARCHSPACE** - Detecção de Fraude na Bolsa de Londres
- ◆ **IOC** - Planejamento dos Jogos Olímpicos
- ◆ **CAP Gemini** - Avaliação de Empréstimos e Financiamentos
- ◆ **GWJ** - Modelagem Econômica
- ◆ **World Bank** - Geração de Regras de Negociação na Bolsa



Aplicações do Curso

- Extração de Conhecimento em Bancos de Dados Comerciais (Data Mining)
- Otimização do Fluxo de Caixa de Empresas
- Otimização de Carteira de Ativos
- Planejamento do embarque de produtos em um porto
- Otimização da Exploração de um Campo de Petróleo



Inteligência Computacional Aplicada

PUC-Rio

www.ICA.ele.puc-rio.br