KDD E MINERAÇÃO DE DADOS

O Processo de KDD: Visão Geral

Prof. Ronaldo R. Goldschmidt

Instituto Militar de Engenharia

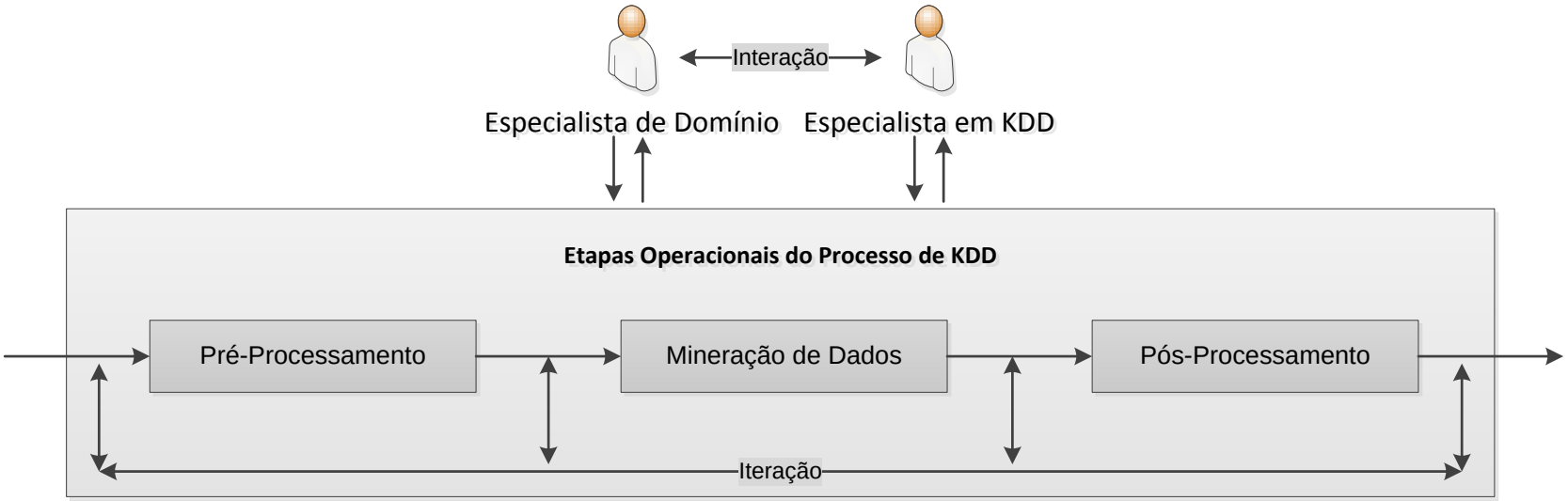
Seção de Engenharia de Computação (SE/8)

ronaldo.rgold@ime.eb.br / ronaldo.rgold@gmail.com

O PROCESSO DE KDD: VISÃO GERAL

- **KDD – Knowledge Discovery in Databases**

  "É um **processo**, de várias etapas**,** não trivial, **interativo e iterativo**, para **identificação** de **padrões compreensíveis**, **válidos**, **novos** e potencialmente **úteis** a partir de bases de dados." **[Fayyad et al., 1996]**



O PROCESSO DE KDD: VISÃO GERAL

- **KDD – Knowledge Discovery in Databases**

  "É um **processo**, de várias etapas**,** não trivial, **interativo e iterativo**, para **identificação** de **padrões compreensíveis**, **válidos**, **novos** e potencialmente **úteis** a partir de bases de dados." **[Fayyad et al., 1996]**

Interação: Combinação de Ações Homem-Máquina.

O PROCESSO DE KDD: VISÃO GERAL

- **KDD – Knowledge Discovery in Databases**

  "É um **processo**, de várias etapas**,** não trivial, **interativo e iterativo**, para **identificação** de **padrões compreensíveis**, **válidos**, **novos** e potencialmente **úteis** a partir de bases de dados." **[Fayyad et al., 1996]**

Iteração: Refinamentos Sucessivos.

O PROCESSO DE KDD: VISÃO GERAL

- **KDD – Knowledge Discovery in Databases**

  "É um **processo**, de várias etapas**,** não trivial, **interativo e iterativo**, para **identificação** de **padrões compreensíveis**, **válidos**, **novos** e potencialmente **úteis** a partir de bases de dados." **[Fayyad et al., 1996]**

Padrão: Forma de Representação do Conhecimento.

O PROCESSO DE KDD: VISÃO GERAL

- **KDD – Knowledge Discovery in Databases**

  "É um **processo**, de várias etapas**,** não trivial, **interativo e iterativo**, para **identificação** de **padrões compreensíveis**, **válidos**, **novos** e potencialmente **úteis** a partir de bases de dados." **[Fayyad et al., 1996]**

Compreensão: Padrão Representado de Forma Intelegível.

O PROCESSO DE KDD: VISÃO GERAL

- **KDD – Knowledge Discovery in Databases**

  "É um **processo**, de várias etapas**,** não trivial, **interativo e iterativo**, para **identificação** de **padrões compreensíveis**, **válidos**, **novos** e potencialmente **úteis** a partir de bases de dados." **[Fayyad et al., 1996]**

Validade: Aplicação Adequada a um Contexto.

O PROCESSO DE KDD: VISÃO GERAL

- **KDD – Knowledge Discovery in Databases**

  "É um **processo**, de várias etapas**,** não trivial, **interativo e iterativo**, para **identificação** de **padrões compreensíveis**, **válidos**, **novos** e potencialmente **úteis** a partir de bases de dados." **[Fayyad et al., 1996]**

Inovação: Mudança de Ctos Anteriores p/ Ctos Descobertos.

O PROCESSO DE KDD: VISÃO GERAL

- **KDD – Knowledge Discovery in Databases**

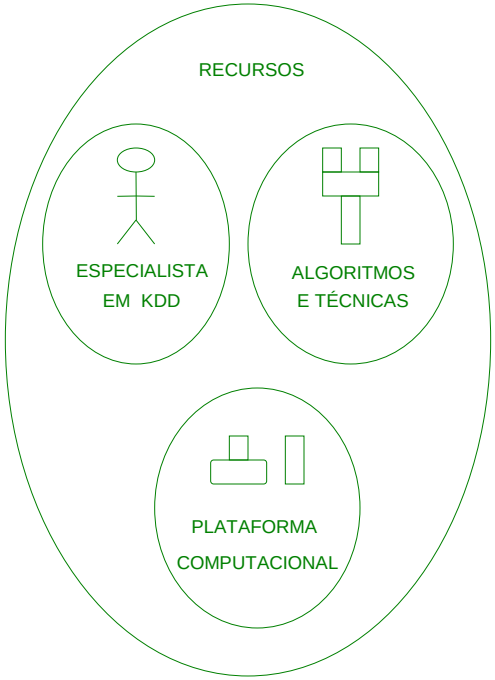
  "É um **processo**, de várias etapas**,** não trivial, **interativo e iterativo**, para **identificação** de **padrões compreensíveis**, **válidos**, **novos** e potencialmente **úteis** a partir de bases de dados." **[Fayyad et al., 1996]**

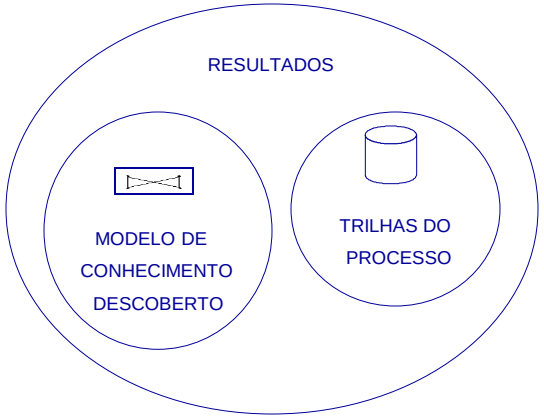
Utilidade: Benefícios da Aplicação.

O PROCESSO DE KDD: VISÃO GERAL

Aplicação de KDD:

- Envolve os seguintes elementos:





3. FORMALIZAÇÃO DO MODELO PROPOSTO

Tipos de Profissionais em Aplicações de KDD:

- Especialista em KDD
- Especialista do Domínio da Aplicação de KDD

Tipos de Conhecimento em Aplicações de KDD:

- Conhecimento Independente do Domínio da Aplicação
- Conhecimento Dependente do Domínio da Aplicação
- Conhecimento em KDD Aplicado ao Domínio da Aplicação

3. FORMALIZAÇÃO DO MODELO PROPOSTO

Elementos do Problema:

3. FORMALIZAÇÃO DO MODELO PROPOSTO

Elementos do Problema: Conjunto de Dados

- Estrutura tabular bidimensional ($R \subseteq dom(A_1) \times dom(A_2) \times \ldots \times dom(A_n)$)
- Contém Casos (aspecto extensional)
- Contém Características (aspecto intensional)
- Esquema é o conjunto de características
- Não necessariamente um Data Warehouse

Ressalva:

Multiconjunto: (A, m)

onde: A é conjunto

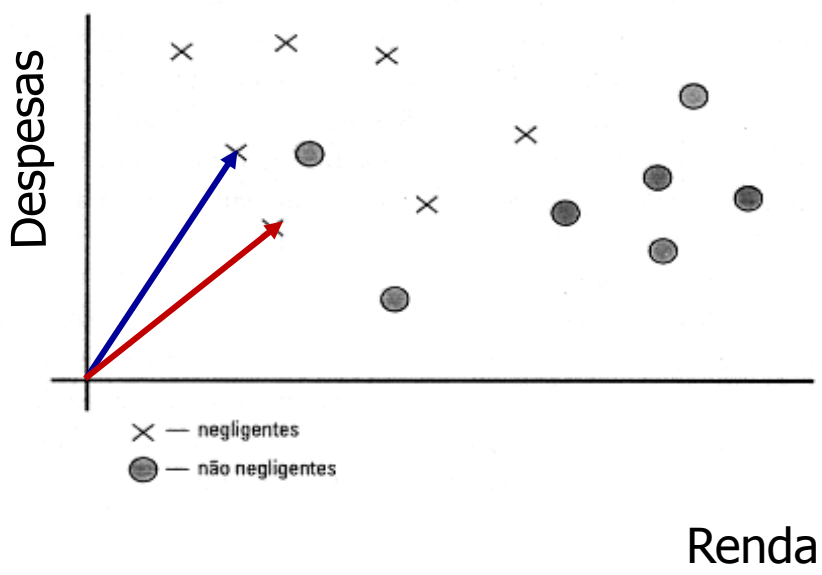
m: $A \rightarrow N$

m(x) é a frequência de x em A

3. FORMALIZAÇÃO DO MODELO PROPOSTO

Elementos do Problema: Conjunto de Dados

- Cada caso corresponde a um vetor em um espaço n-dimensional



Fundamentação: ***Álgebra Linear***.

Conceito de ***similaridade*** ou ***distância*** entre pontos (vetores).

Qto ***menor*** a ***distância*** entre 2 pontos, ***maior*** a ***similaridade*** entre os objetos representados.

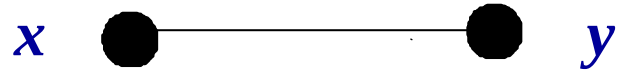
3. FORMALIZAÇÃO DO MODELO PROPOSTO

Elementos do Problema: Conjunto de Dados – Distância

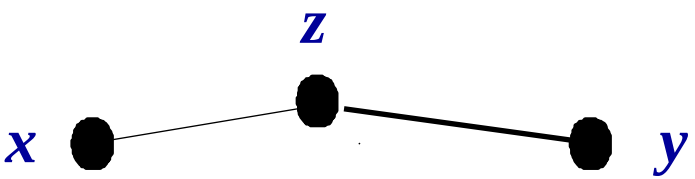
O conceito de distância é formalizado como uma função **D : E x E → R** (a cada par de pontos associa um valor real) que atende às seguintes restrições:

- D(x,x) = 0

- D(x,y) = D(y,x)



- D(x,y) ≤ D(x,z) + D(z,y)



3. FORMALIZAÇÃO DO MODELO PROPOSTO

Elementos do Problema: Conjunto de Dados – Distância

Exemplos:

Distância Euclideana $$d(X,Y) = \sqrt{\sum_{i=1}^{n} (X_i - Y_i)^2}$$

Distância de Hamming $$d(X,Y) = \sum_{i=1}^{n} | X_i - Y_i |$$

Distãncia de Minkowski $$d(X,Y) = (\sum_{i=1}^{n} | X_i - Y_i |^p)^{1/p}$$

3. FORMALIZAÇÃO DO MODELO PROPOSTO

Elementos do Problema: Especialista do Domínio da Aplicação

- Conhecimento sobre o domínio da aplicação (background knowledge)
- Consenso quando possível
- Dispõe de metadados sobre o conjunto de dados
- Papel importante na formulação dos objetivos
- Papel importante na avaliação de resultados

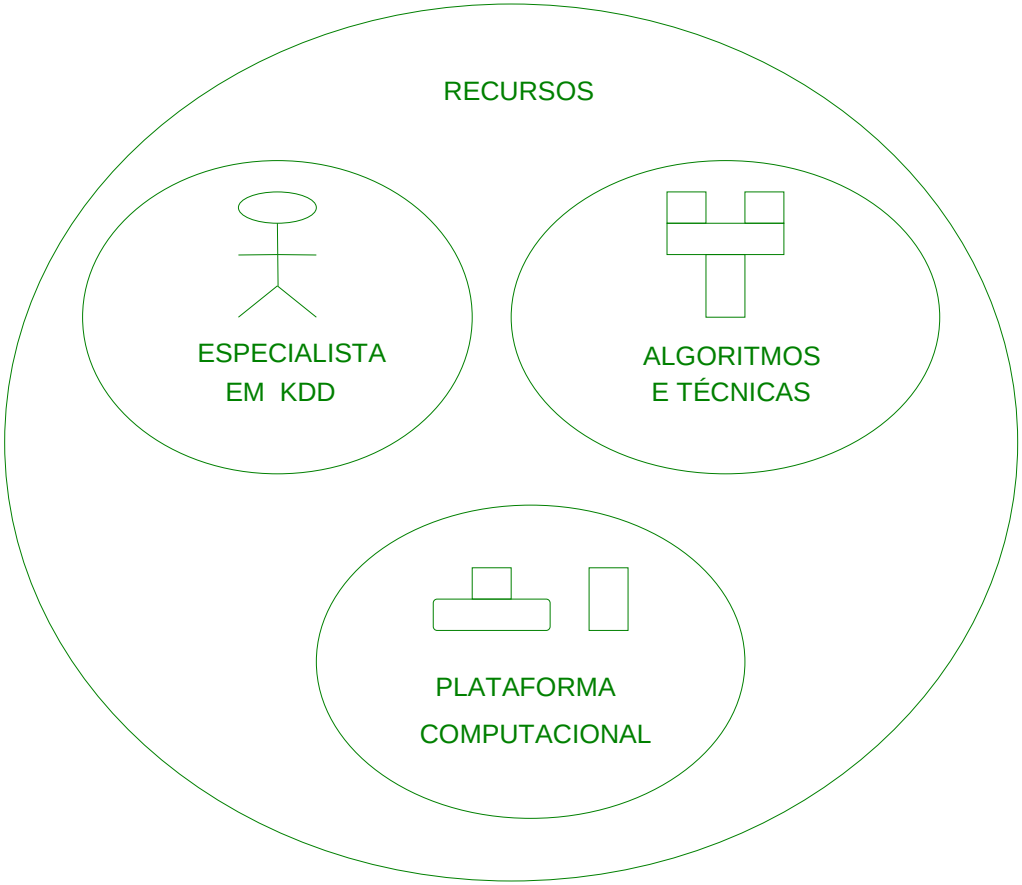
3. FORMALIZAÇÃO DO MODELO PROPOSTO

Elementos do Problema: Objetivos da Aplicação

- Retratam **restrições e expectativas** acerca do modelo a ser gerado
- Em geral dependem da opinião dos especialistas no domínio da aplicação
- Nem sempre conseguem ser bem definidos no início do processo de KDD

3. FORMALIZAÇÃO DO MODELO PROPOSTO

Elementos dos Recursos:



3. FORMALIZAÇÃO DO MODELO PROPOSTO

Elementos dos Recursos: Especialista em KDD

- Dispõe de conhecimento prévio sobre como realizar KDD
- Deve ter experiência neste tipo de trabalho técnico
- Interage com o especialista no domínio da aplicação
- Em geral pertence a uma equipe
- Responsável pela condução do processo de KDD

3. FORMALIZAÇÃO DO MODELO PROPOSTO

Elementos dos Recursos: Algoritmos e Técnicas (Ferramentas)

- Referem-se aos **recursos de software** disponíveis para aplicação nas etapas do Processo de KDD.
- Algoritmos podem ser adaptados.
- Devem ser compatíveis com a plataforma computacional disponível.
- Uma mesma operação de KDD pode ser implementada por diversos destes recursos, de forma isolada ou conjugada.

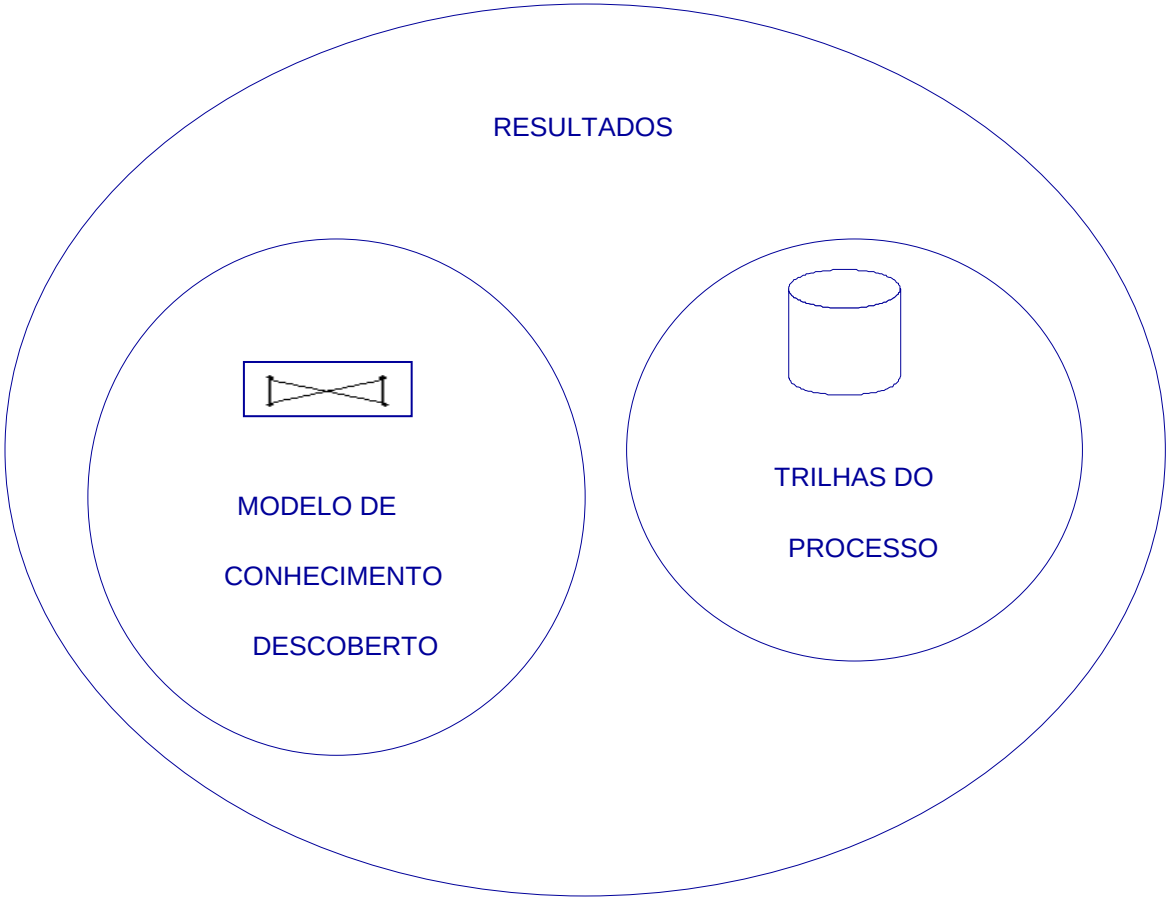
3. FORMALIZAÇÃO DO MODELO PROPOSTO

Elementos dos Recursos: Plataforma Computacional

- Referem-se aos **recursos de hardware** disponíveis para execução das Operações de KDD.
- São de grande relevância em Aplicações de KDD devido ao grande consumo de tempo em geral requerido.
- Mais memória e mais capacidade de processamento → maior dinâmica ao processo de KDD.
- Plataformas que viabilizem **computação paralela e distribuída** podem otimizar o desempenho de inúmeras Aplicações de KDD.

3. FORMALIZAÇÃO DO MODELO PROPOSTO

Elementos dos Resultados:



3. FORMALIZAÇÃO DO MODELO PROPOSTO

Elementos dos Resultados: Mod. de Conhecimento Descoberto

- Abstração de dados expressa em alguma linguagem obtida a partir da aplicação de KDD.
- Deve ser avaliado em relação ao cumprimento das expectativas formuladas nos objetivos da aplicação.
- Comparação entre modelos de conhecimento é muito comum.
- Conjugação de modelos pode ocorrer.

3. FORMALIZAÇÃO DO MODELO PROPOSTO

Elementos dos Resultados: Trilhas do Processo de KDD

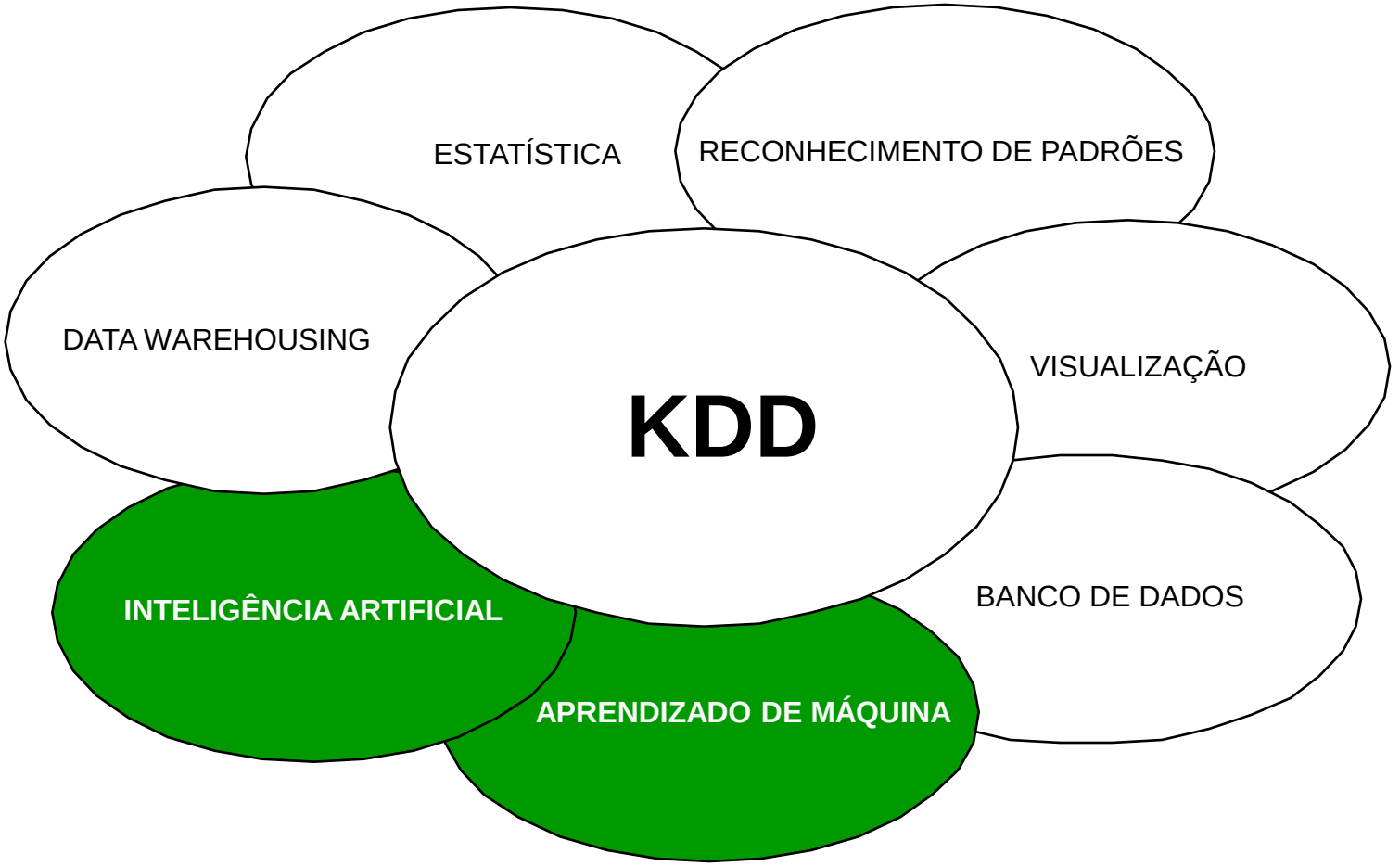
- Estruturas de Dados que permitem armazenamento conciso de **fatos, ações e resultados intermediários** registrados ao longo do processo (históricos).
- O **conteúdo** destas estruturas pode ser utilizado como **Problema em Aplicações de KDD** cujo **objetivo** seja extrair conhecimento **sobre como realizar o Processo de KDD**.
- Podem viabilizar um processo de **aprendizado** para uma **Máquina de Assistência** à Orientação do Processo de KDD.

O PROCESSO DE KDD: VISÃO GERAL

Áreas de Origem:

O PROCESSO DE KDD: VISÃO GERAL

Áreas de Origem:



O PROCESSO DE KDD: VISÃO GERAL

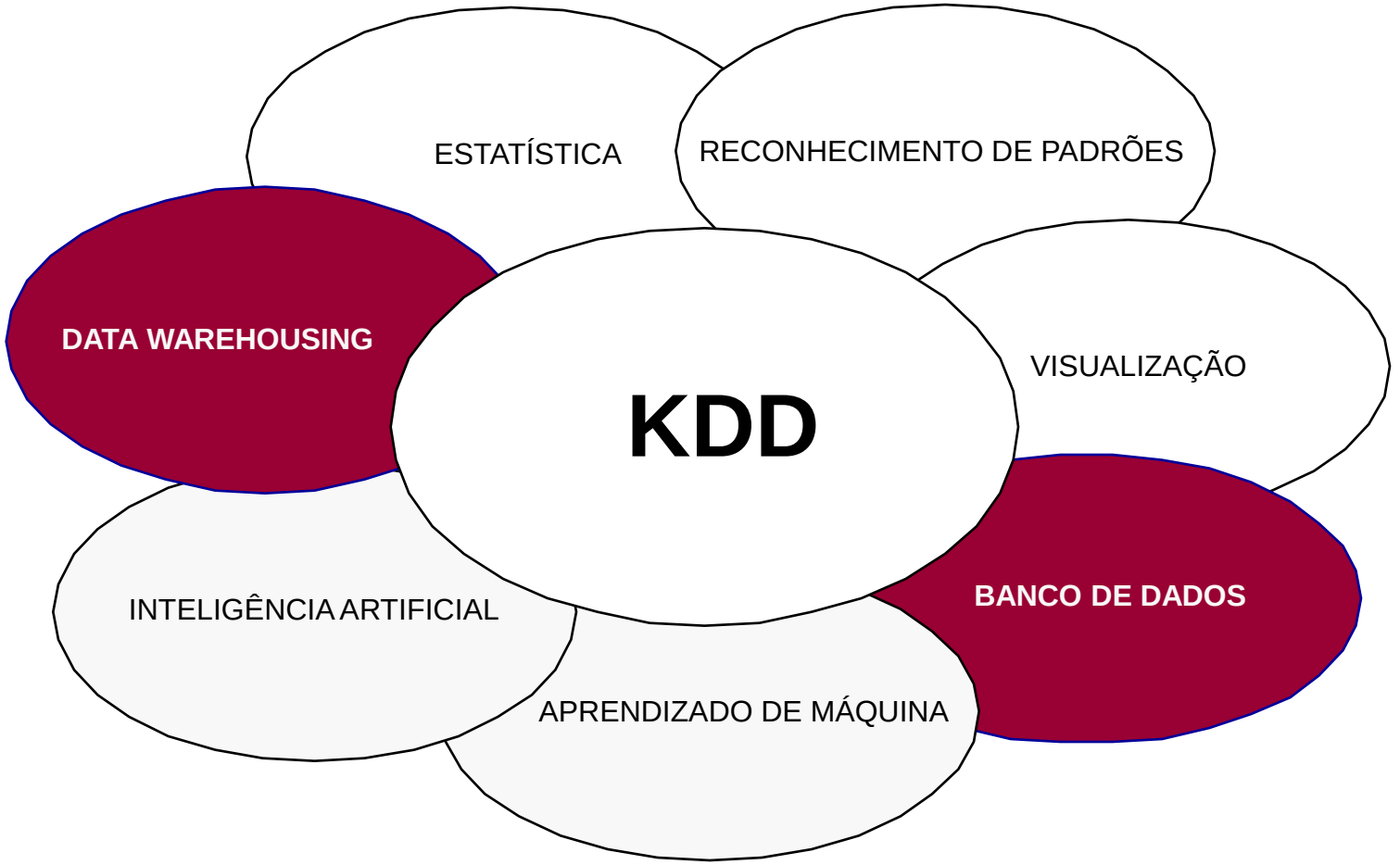
Áreas de Origem:

Aprendizado de Máquina - Inteligência Artificial:

- **Redes Neurais**
- **Algoritmos Genéticos**
- **Lógica Nebulosa**
- **Lógica Indutiva**
- **Árvores de Decisão**

O PROCESSO DE KDD: VISÃO GERAL

Áreas de Origem:



O PROCESSO DE KDD: VISÃO GERAL

Áreas de Origem:

Banco de Dados / Data Warehouses:

- **Data Warehousing**
- **SQL**
- **OLAP**
- **DMQL**
- **KMQL**
- **NoSQL**

O PROCESSO DE KDD: VISÃO GERAL

Áreas de Origem:

O PROCESSO DE KDD: VISÃO GERAL

Áreas de Origem:

Estatística:

- **Classificadores Bayesianos**
- **Redes Bayesianos**
- **EDA - Exploratory Data Analysis**

O PROCESSO DE KDD: VISÃO GERAL

Gerações da Mineração de Dados [Piatetsky-Shapiro, 2001]

- **1ª Geração**
  - **Anos 90**
  - **Ferramentas de Pesquisa voltadas a uma única tarefa, sem suporte às demais etapas de KDD**
  - **Exemplos: c4.5, Rede Neural, Autoclass, etc...**

O PROCESSO DE KDD: VISÃO GERAL

Gerações da Mineração de Dados [Piatetsky-Shapiro, 2001]

- **2ª Geração**
  - **Meados dos anos 90**
  - **Ferramentas chamadas "suites": Pacote para aplicação com suporte ao pré-processamento e à visualização**
  - **Requerem conhecimento significativo da teoria estatística**
  - **Exemplos SPSS, Intelligent Miner, SAS, etc...**

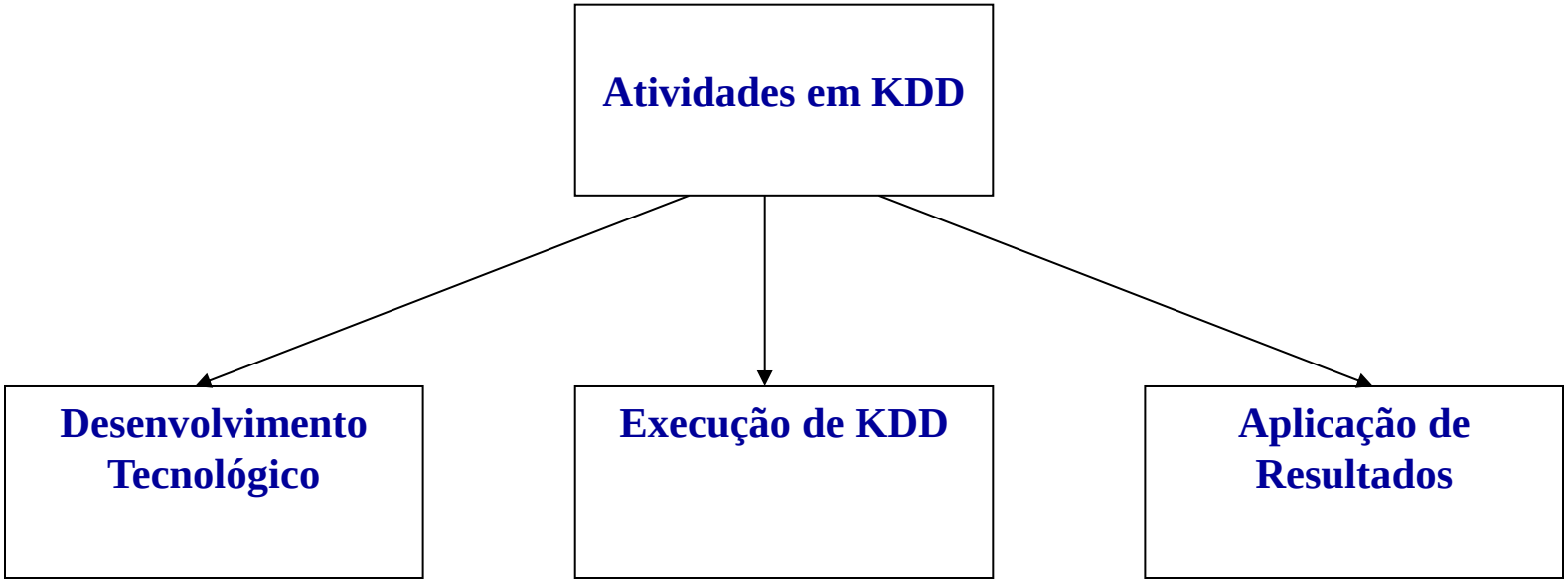
O PROCESSO DE KDD: VISÃO GERAL

Gerações da Mineração de Dados [Piatetsky-Shapiro, 2001]

- **3ª Geração**
  - **Final dos anos 90**
  - **Soluções orientadas à resolução de problemas específicos em empresas**
  - **Possuem interfaces orientadas aos usuários**
  - **Escondem a complexidade da MD**
  - **Exemplos: Falcon (Detecção Fraude em Cartão)**

O PROCESSO DE KDD: VISÃO GERAL

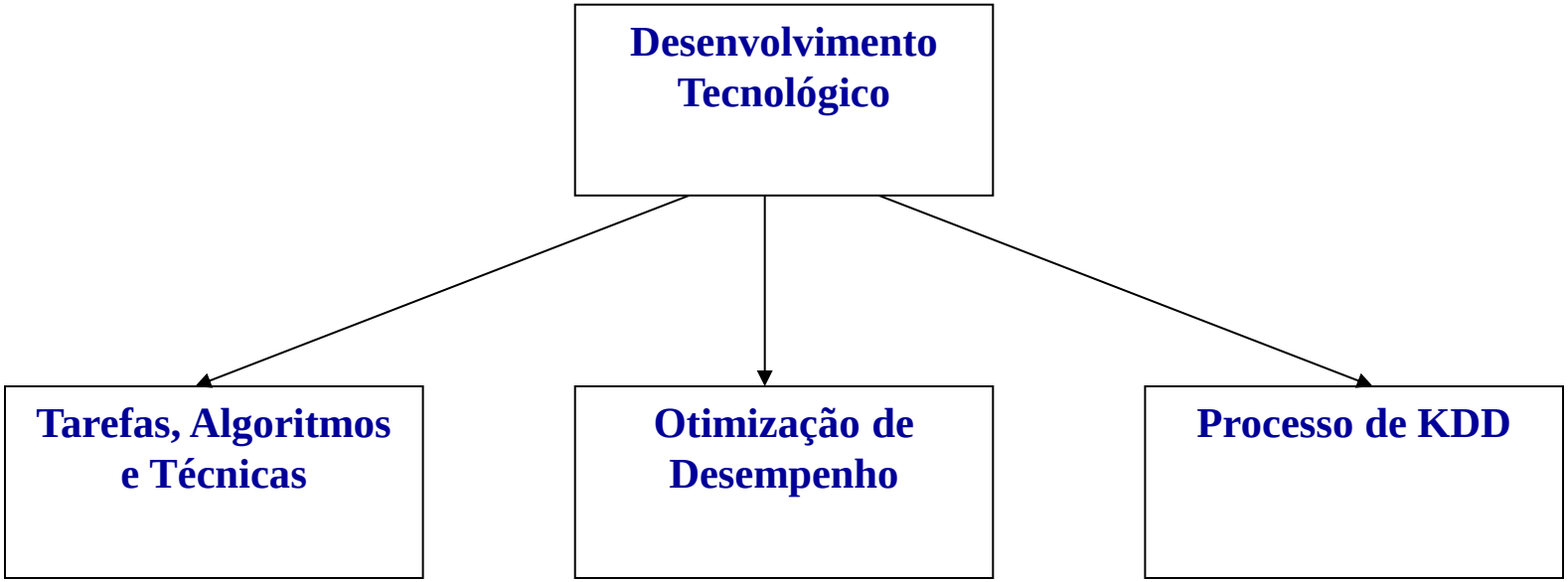
Uma Taxonomia:



[Goldschmidt et al., 2002a]

O PROCESSO DE KDD: VISÃO GERAL

Uma Taxonomia:

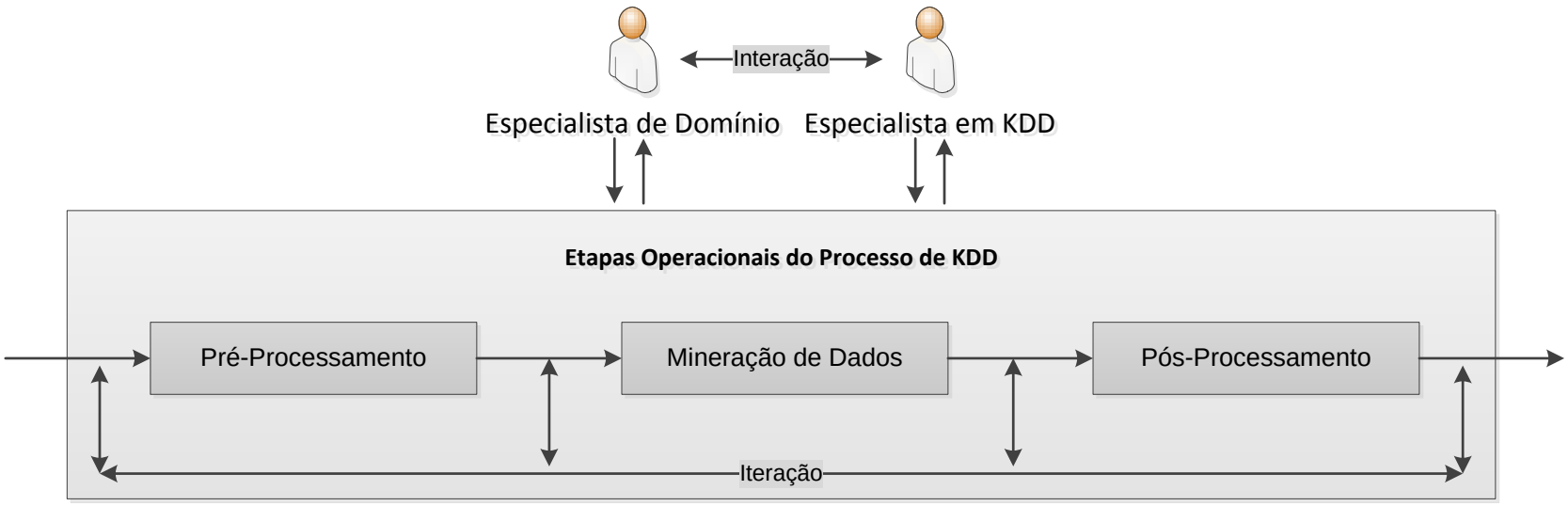


[Goldschmidt et al., 2002a]

O PROCESSO DE KDD: VISÃO GERAL

Processo de Descoberta do Conhecimento em Bases de Dados

- **Visão Pragmática [Goldschmidt et al., 2002a]:**



- **Operações e Métodos de KDD**

O PROCESSO DE KDD: VISÃO GERAL

Processo de Descoberta do Conhecimento em Bases de Dados

Exemplos de Operações de KDD – Pré-Processamento:

- **Redução de Dados: Vertical / Horizontal**
- **Limpeza: Remoção Inconsistências / Preenchimento Valores Ausentes**
- **Codificação: Categórica-Numérica / Numérica-Categórica**
- **Normalização de Dados: Linear / Máximo / Soma**
- **Partição dos Dados: Treino-Teste / K-Folders**

O PROCESSO DE KDD: VISÃO GERAL

Operações de Pré-Processamento: Seleção/Redução de Dados

- **Horizontal: escolha de casos**
  - **Amostragem**
  - **Segmentação do BD**

- **Vertical: escolha de características**
  - **Atributos relevantes**
  - **Redução de dimensionalidade**

O PROCESSO DE KDD: VISÃO GERAL

Operações de Pré-Processamento : Limpeza

- Verificação de consistência entre informações
- Correção de erros
- Eliminação de informações redundantes
- Eliminação de valores não pertencentes ao domínio

Exemplo: Data de Nascimento

- Corretas nas seguradoras de vida;
- 30% a 40% em branco ou incorretas nos bancos;

O PROCESSO DE KDD: VISÃO GERAL

Operações de Pré-Processamento : Limpeza

- **Complementação de Valores Ausentes**

✓ **A complementação utiliza técnicas de diferentes níveis de complexidade, na tentativa de recuprar valores que se perderam com o tempo.**

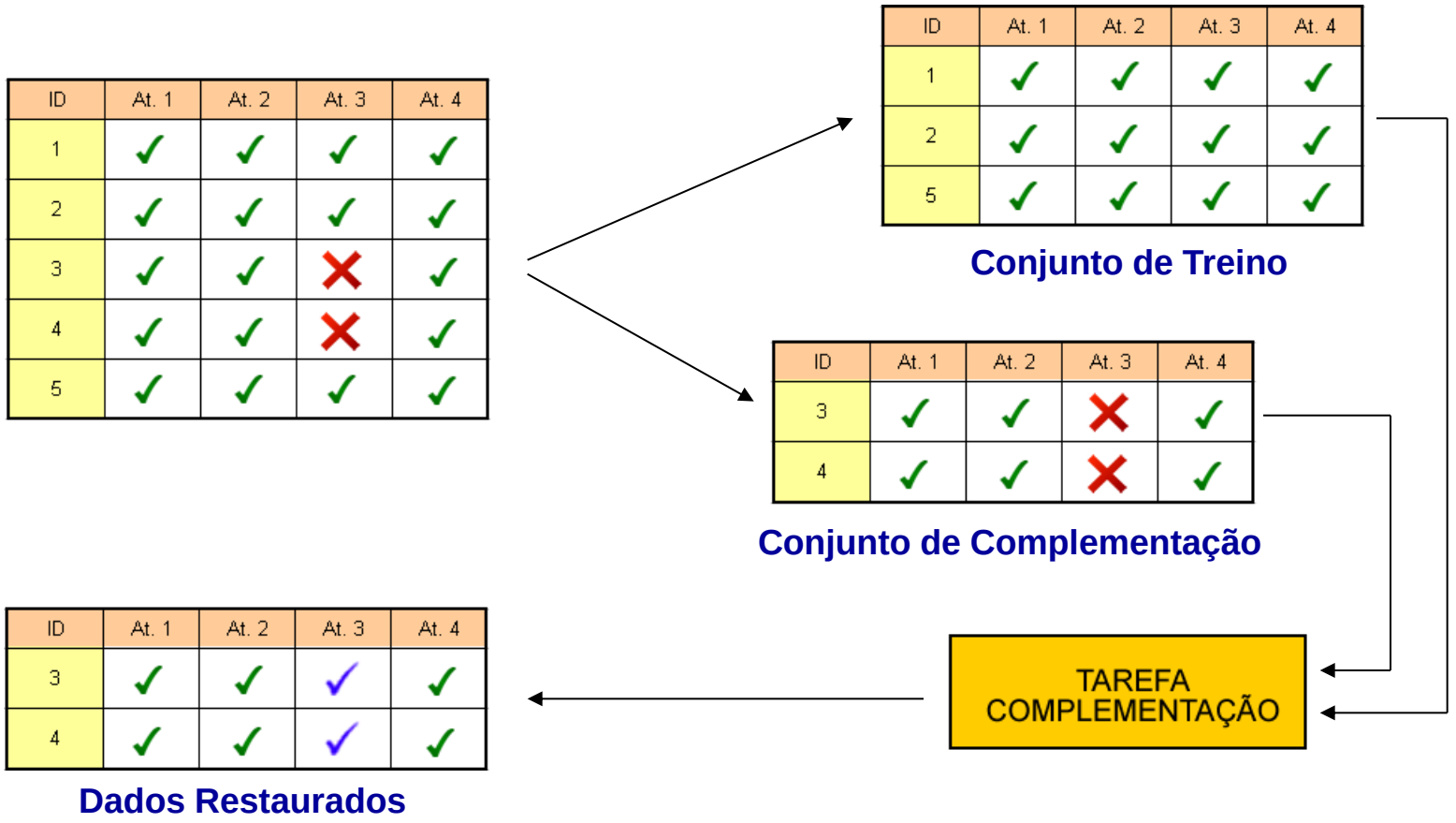
✓ **Apóia-se em abordagens estatísticas e de Inteligência Artficial.**

✓ **Pode inclusive se utilizar de recursos de mineração de dados, apenas para descobrir valores durante o pré-processamento.**

O PROCESSO DE KDD: VISÃO GERAL

Operações de Pré-Processamento : Limpeza

- **Complementação de Valores Ausentes**



O PROCESSO DE KDD: VISÃO GERAL

Operações de Pré-Processamento: Codificação

- **Divide valores de atributos contínuos em intervalos codificados.**

Ex: Renda

[0, 1000] → Faixa 1
[1001, 3000] → Faixa 2
[3001, 5000] → Faixa 3
etc...

- **Representa valores de atributos categóricos por códigos.**

Ex: Sexo **M → 1** **F → 0**

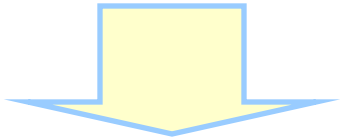
O PROCESSO DE KDD: VISÃO GERAL

Operações de Pré-Processamento: Enriquecimento

Ex: Perfil do Cliente

Atributos:

- **Renda**
- **Despesas**
- **Tipo de Residência**
- **Bairro de Residência**



Atributos:

- **Renda**
- **Despesas**
- **Tipo de Residência**
- **Bairro de Residência**
- **Valor Médio Imóvel**

O PROCESSO DE KDD: VISÃO GERAL

Processo de Descoberta do Conhecimento em Bases de Dados

Exemplos de Operações de KDD – Mineração de Dados:

- **Classificação**
- **Associação**
- **Sequências**
- **Previsão de Séries Temporais**
- **Detecção de Desvios**
- **Clustering**

O PROCESSO DE KDD: VISÃO GERAL

Operações de Mineração de Dados: Classificação

Ex de Aplicação:

Sexo	País	Idade	Comprar
M	França	25	Sim
M	Inglaterra	21	Sim
F	França	23	Sim
F	Inglaterra	34	Sim
F	França	30	Não
M	Alemanha	21	Não
M	Alemanha	20	Não
F	Alemanha	18	Não
F	França	34	Não
M	França	55	Não

O PROCESSO DE KDD: VISÃO GERAL

Operações de Mineração de Dados: Classificação

Ex de Aplicação:

Algumas Regras:

- **Se (País = Alemanha) Então Comprar = Não**
- **Se (País = Inglaterra) Então Comprar = Sim**
- **Se (País = França e Idade ≤ 25) Então Comprar = Sim**
- **Se (País = França e Idade > 25) Então Comprar = Não**

O PROCESSO DE KDD: VISÃO GERAL

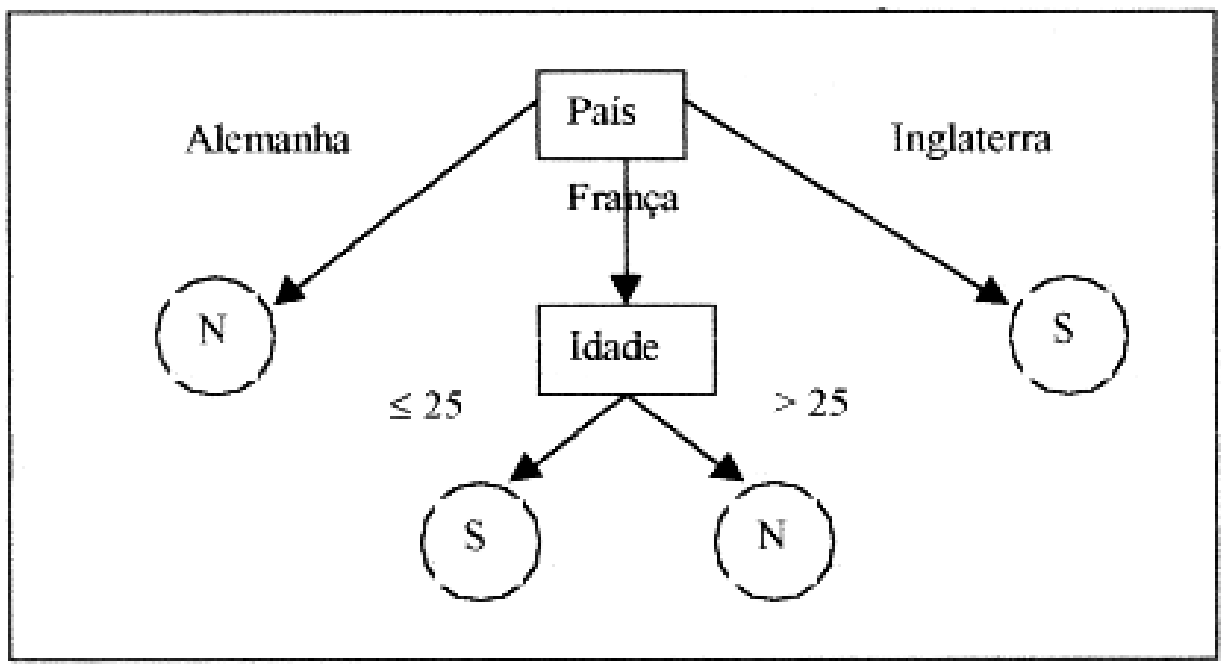
Processo de Descoberta do Conhecimento em Bases de Dados

Exemplos de Operações de KDD – Pós-Processamento:

- **Análise de Modelos**
- **Corte de Regras / Poda de Árvores (Tree Pruning)**
- **Visualização de Gráficos**
- **Organização de Resultados**
- **Avaliação do Modelo de Conhecimento Gerado**
- **Conversão de Representações**

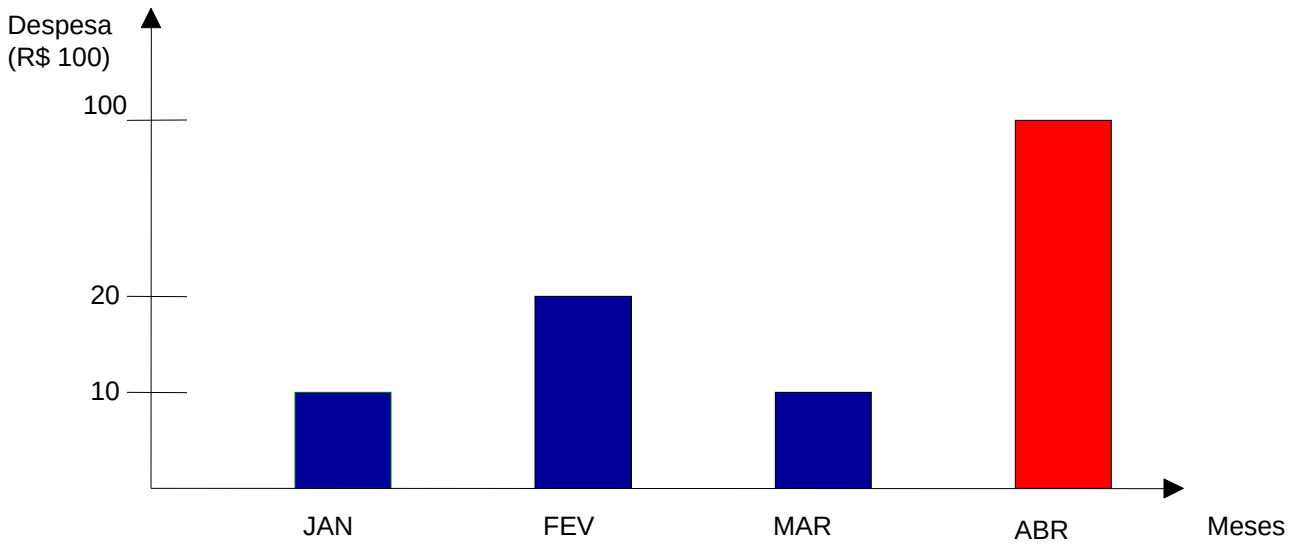
O PROCESSO DE KDD: VISÃO GERAL

Operações de Pós-Processamento: Análise de Modelos
Exemplo (Árvore de Decisão):



O PROCESSO DE KDD: VISÃO GERAL

Operações de Pós-Processamento: Visualização de Gráficos Exemplo:



O PROCESSO DE KDD: VISÃO GERAL

Operações de Pós-Processamento: Organização de Resultados

Exemplo:

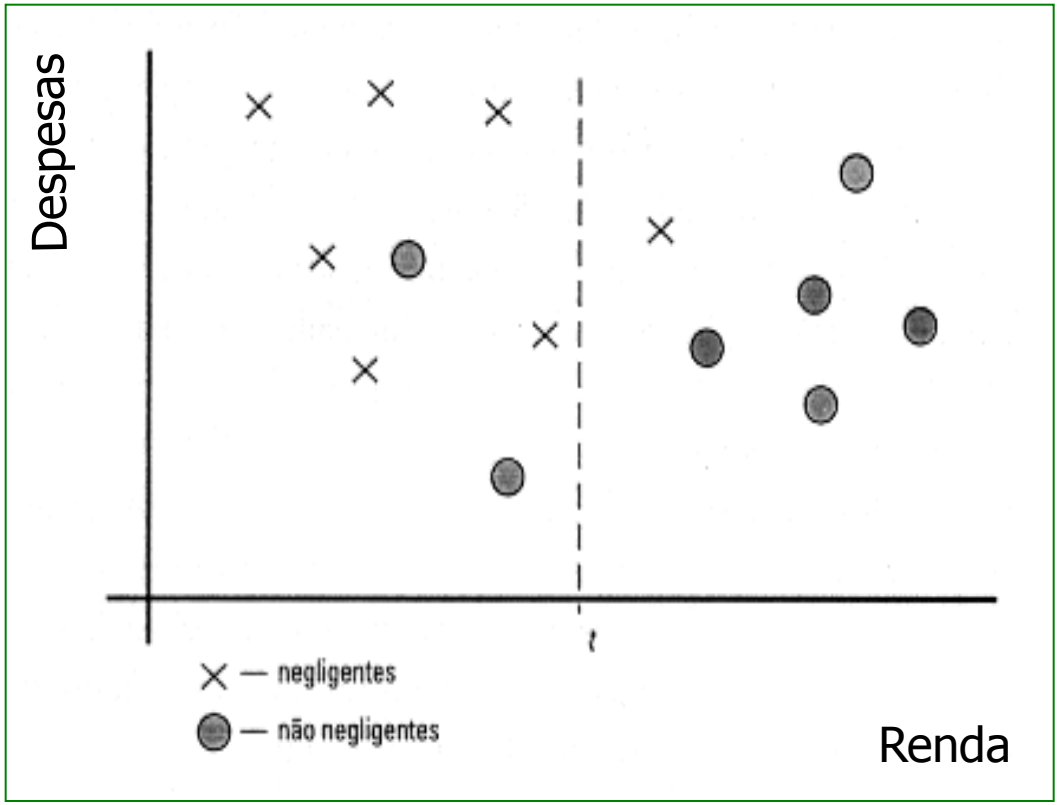
- **Se (País = Alemanha) Então Comprar = Não**
- **Se (País = Inglaterra) Então Comprar = Sim**
- **Se (País = França e Idade ≤ 25) Então Comprar = Sim**
- **Se (País = França e Idade > 25) Então Comprar = Não**

Importância desta operação para lidar com grandes volumes de resultados → Meta Mineração de Dados

O PROCESSO DE KDD: VISÃO GERAL

Operações de Pós-Processamento: Avaliação do Modelo

Exemplo:



Modelo de Conhecimento:

Se renda > R$ t

Então Crédito = SIM

Avaliação do Modelo:

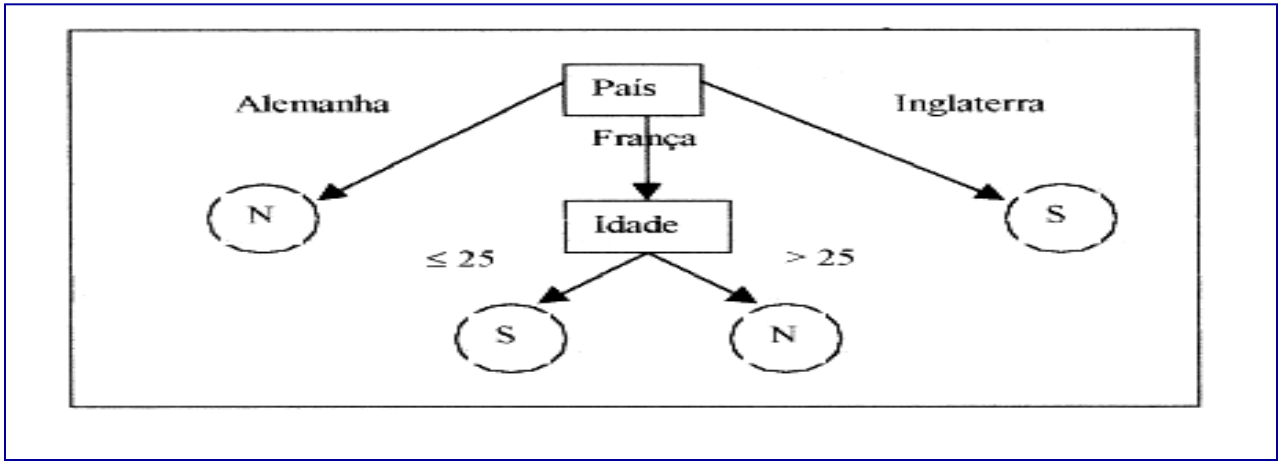
Interpretável

Precisão:11/14=78,6%

O PROCESSO DE KDD: VISÃO GERAL

Operações de Pós-Processamento: Conversão de Representações

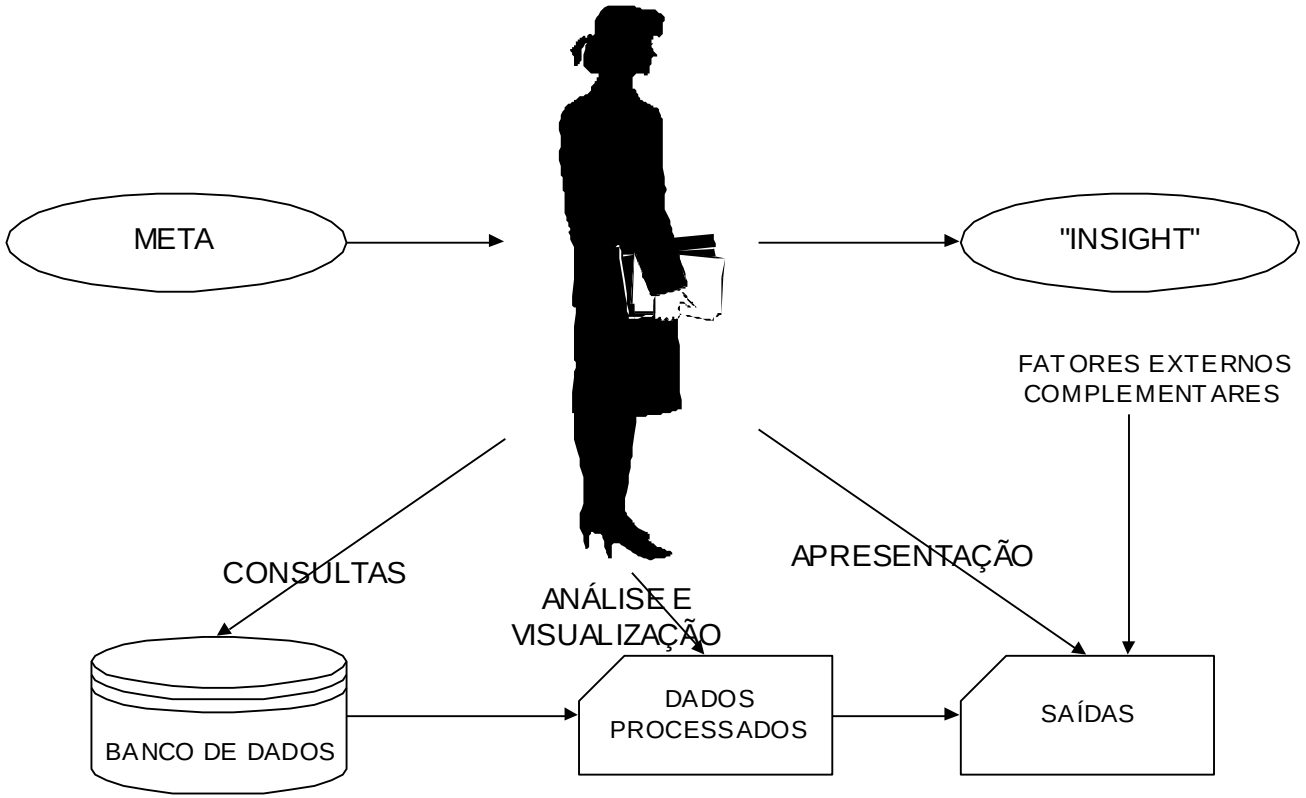
Exemplo:



- **Se (País = Alemanha) Então Comprar = Não**
- **Se (País = Inglaterra) Então Comprar = Sim**
- **Se (País = França e Idade ≤ 25) Então Comprar = Sim**
- **Se (País = França e Idade > 25) Então Comprar = Não**

O PROCESSO DE KDD: VISÃO GERAL

A importância do usuário no processo KDD



O PROCESSO DE KDD: VISÃO GERAL

Macro-Objetivos da Mineração de Dados [Zaki, 2002]:

- **Predição: Histórico x Novas Situações**
- **Descrição: Modelo Descritivo do Conhecimento**

Orientação das Tarefas de Mineração de Dados [Zaki, 2002]:

- **Para Verificação: Hipótese Postulada x Validação**
- **Para Descoberta: Extração de novos conhecimentos**

O PROCESSO DE KDD: VISÃO GERAL

Tarefas de Mineração de Dados:

- Associação
- Descoberta de Sequências
- Classificação / Regressão
- Agrupamento (Clusterização)
- Detecção de Desvios
- Sumarização / Descrição
- Dentre outras ...

O PROCESSO DE KDD: VISÃO GERAL

Técnicas de Mineração de Dados:

- Tradicionais
- Específicas
- Híbridas

O PROCESSO DE KDD: VISÃO GERAL

Técnicas de MD Tradicionais

- Baseadas em tecnologias consagradas fora do contexto da MD

- Exemplos: Redes Neurais, Algoritmos Genéticos, Árvores de Decisão, Estatística, SQL, etc...

O PROCESSO DE KDD: VISÃO GERAL

Técnicas de MD Específicas

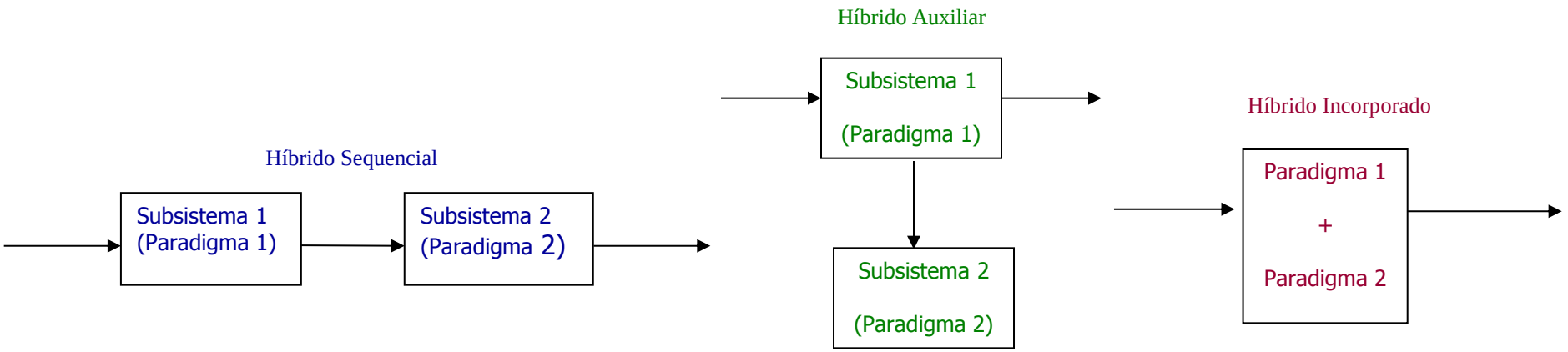
- Desenvolvidas especificamente para aplicação em Mineração de Dados.

- Exemplos: Apriori, GSP, ParMaxEclat, ParMaxClique, DMQL, etc..

O PROCESSO DE KDD: VISÃO GERAL

Técnicas de MD Híbridas

- Utilizam combinações entre as técnicas tradicionais e as técnicas específicas
- Exemplos: Apriori em PL/SQL
- Formas de associação entre duas técnicas para a construção de sistemas híbridos (Souza, 1999):



O PROCESSO DE KDD: VISÃO GERAL

Considerações Técnicas quanto à Realização de MD - Algumas Diretrizes:

- Disponibilidade de dados suficientes
- Suporte a grandes volumes de dados
- Verificação da relevância dos atributos
- Busca por baixo nível de ruído
- Utilização de conhecimento prévio

O PROCESSO DE KDD: VISÃO GERAL

Considerações Técnicas quanto à Realização de MD - Algumas Diretrizes:

- Suporte a vários recursos de aprendizado (aprendizado híbrido)
- Buscar integração com DSS - Decision Suport Systems
- Utilização de plataformas com arquitetura expansível
- Suporte a Bancos de Dados Heterogêneos

O PROCESSO DE KDD: VISÃO GERAL

Considerações Técnicas quanto à Realização de MD - Algumas Diretrizes:

- Buscar estabelecer Data Warehouses
- Disponibilidades de recursos para limpeza de dados
- Facilidades de codificação dinâmica de atributos

O PROCESSO DE KDD: VISÃO GERAL

Considerações Técnicas quanto à Realização de MD - Check List Inicial:

- Fazer um Levantamento do Hardware e Software existente.

- Fazer uma lista de necessidades.
  - Qual o propósito do KDD?
  - Quais são os critérios de sucesso do KDD?
  - Como será mensurado esse sucesso?
  - Bancos de Dados, Redes, Aplicações, Servidores, etc.

- Avaliar a qualidade dos dados disponíveis.
  - Para que propósito foi coletado?

O PROCESSO DE KDD: VISÃO GERAL

Considerações Técnicas quanto à Realização de MD - Check List Inicial:

- Fazer um inventário dos Banco de Dados disponíveis.
  - Internamente e Externamente

- Verificar a existência de um Data Warehouse.
  - Que tipo de dados estão disponíveis
  - Podemos verificar os detalhes dos dados operacionais?

- Formular o conhecimento que a organização necessita.

O PROCESSO DE KDD: VISÃO GERAL

Considerações Técnicas quanto à Realização de MD - Check List Inicial:

- Identificar os grupos de engenheiros de conhecimento ou os grupos de decisão que aplicarão os resultados.
  - Que tipo de decisões precisam ser tomadas?
  - Quais padrões são úteis?

- Analisar se o conhecimento encontrado é realmente útil para a organização.

- Listar os Processos e as Transformações que serão aplicados aos BD's antes que esses possam ser utilizados no KDD.