



Banco de Dados Temporais

Herysson R. Figueiredo
herysson.figueiredo@ufn.edu.br



Sumário

- Introdução
 - Conceitos;
 - Características;
 - Exemplos e Aplicações
- Modelos de dados Temporal
 - Modelo TempER
- Linguagem de consulta Temporal
- TSQL2



Introdução

Um banco de dados pode ser classificado sobre várias características e/ou conceitos.

Um banco de dados é dito temporal, em um sentido mais amplo, quando possui na organização de suas informações algum aspecto de tempo(ELMASRI, NAVATHE, 2011).



Aplicações Temporais

- Saúde
 - histórico de pacientes;
- Seguro
 - histórico de acicles e sinistros;
 - data de vigor das apólices;
- Sistemas de reservas
 - hotelaria;
 - companhia aéreas



Aplicações Temporais

- Bancos de Dados científicos
 - dados de experimentos como desmatamento
- Sistemas de gestão
 - dados de funcionários - salário, cargo, projetos
- Universidades
 - semestre, ano, disciplina, horários, alunos



Ordem do tempo

- **Ordem linear**

- forma mais usual de ordenação temporal, um dado com no máximo um sucessor e um predecessor

- ex. evolução do salário de um empregado



Ordem do tempo

- Ordem ramificada

- um dado pode ter vários sucessores e/ou predecessores

ex. hipóteses para a evolução do homem até os dias de hoje



Ordem do tempo

- **Ordem circular**

- um conjunto de dados se repete periodicamente em uma certa ordem

- ex. períodos de promoção de uma loja: verão, páscoa, dia das mães, outono-inverno, dia dos pais, ...

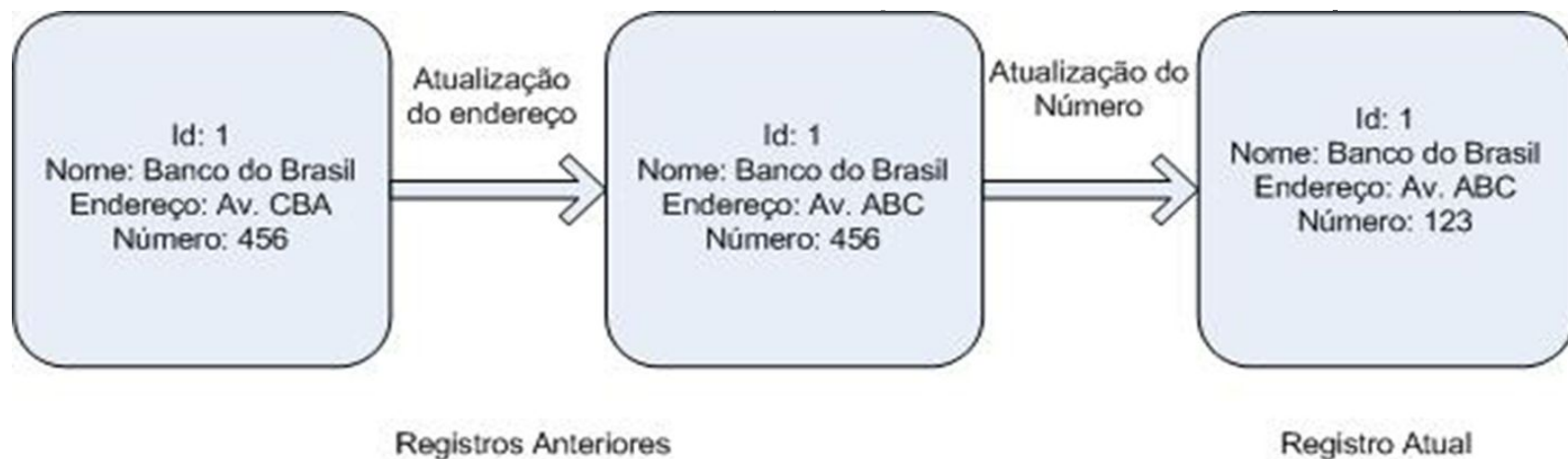


Classificação do Tempo

Tempo Instantâneo: característico de BD convencional, registra apenas o dado válido no momento atual.

- tempo implícito é a data do sistema

Classificação do Tempo





Classificação do Tempo

Tempo Instantâneo: característico de BD convencional, registra apenas o dado válido no momento atual.

- tempo implícito é a data do sistema Tempo de Transação ou Evolutivo: trata o tempo de transação
- tempo fornecido pelo SGBD (timestamp), característico de BD de Tempo de Transação ou BD Rollback

Classificação do Tempo





Classificação do Tempo

Tempo de Validade: Tempo em que o dado é válido no mundo real

- tempo fornecido pelo usuário
- característico de BD Histórico

Classificação do Tempo

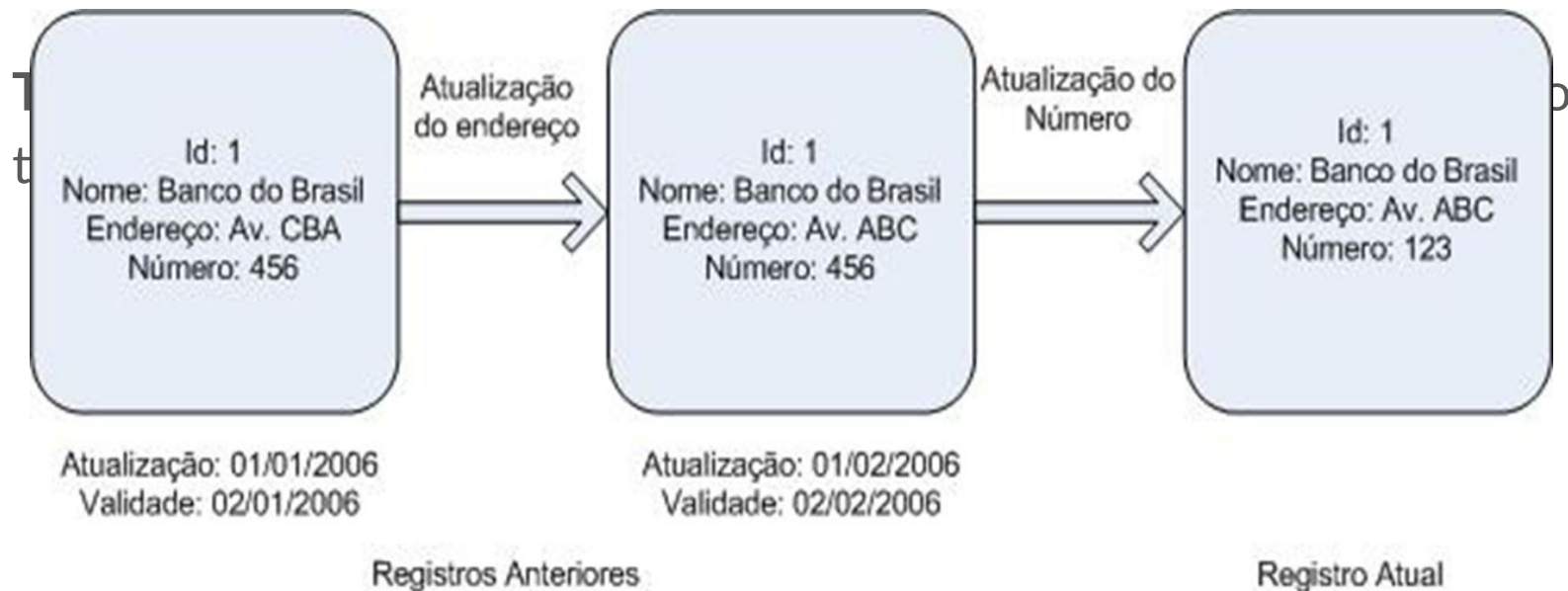




Classificação do Tempo

Tempo Bitemporal: manutenção conjunta do tempo de validade e do tempo de transação

Classificação do Tempo





Classificação do Tempo

Tempo definido pelo usuário: tempo cuja semântica é conhecida apenas pelo usuário e não é interpretado pelo SGBD

- Exemplo: data de entrega = data do dia anterior à data de entrega oficial



Granularidade Temporal

Um *chronon* é um intervalo temporal que não pode ser decomposto.

- Ex: ANO, MÊS, DIA, HORA, MIN, SEG,...

Quanto menor for a granularidade, maior é o detalhamento de uma informação.

OBS. Ao definir-se a granularidade de uma aplicação implica que todos os eventos que ocorrem dentro de uma mesma granularidade serão considerados eventos simultâneos, sendo que, pode acontecer dos mesmos não serem(ELMASRI, NAVATHE, 2005). Está definição deve ser tomada com plena consciência das características da aplicação.



Modelagem Relacional Temporal

Três formas usuais de representação

- relação instantânea/temporal
- relação instantânea e relação temporal
- relação temporal delta



Relação Instantânea/Temporal

Mantém dados instantâneos e temporais em uma única relação

* ID, a1, ..., an, Tinício, Tfim,



Relação Instantânea/Temporal

- Vantagem
 - menor número de relações
- Desvantagens
 - redundância de dados
 - baixo desempenho para consultas instantâneas



Relação instantânea e relação temporal

- Mantém dados instantâneos e temporais em relações separadas

R INST - * ID, a1, ..., an

R TEMP - * ID, a1, ..., an, Tinício, Tfim



Relação instantânea e relação temporal

- Vantagem
 - melhor desempenho para consultas instantâneas
- Desvantagens
 - redundância de dados
 - maior número de relações



Relação Temporal Delta

- Mantém relações temporais separadas para cada atributo – definidas apenas para atributos temporais

- * **ID, a1, ..., an**

- * **ID, a1, Tinício, Tfim,**

- * **ID, an, Tinício, Tfim,**



Relação Temporal Delta

- Vantagem
 - evita redundância
- Desvantagem
 - baixo desempenho para consultas temporais
 - maior número de relações



Forma Normal temporal

Uma relação temporal possui duas chaves candidatas: (CPI, T_i) ou (CPI, T_f) , na qual CPI:

Chave Primária Invariante no tempo

- Forma Normal Temporal: se existe dependência temporal (sincronismo) entre seus atributos não chave.



Exemplo

cod-emp	salário	gerente	Ti	Tf
14	800	João	5	9
14	1000	João	10	20
14	1200	João	21	29
14	1200	José	30	38
14	1300	José	39	42
14	1300	João	43	47
14	1500	João	48	
25	1250	Pedro	12	17
25	1500	Pedro	18	



Relação Instantânea/Temporal

A tabela anterior não está normalizada pois não existe sincronismo entre as propriedades temporais de Gerente e Salário.

cod-emp	salário	Ti	Tf
14	800	5	9
14	1000	10	20
14	1200	21	38
14	1300	39	47
14	1500	48	
25	1250	12	17
25	1500	18	

cod-emp	gerente	Ti	Tf
14	João	5	29
14	José	30	42
14	João	43	
25	Pedro	12	



Modelagem de dados temporal

- TempER
- TRM - Temporal Relational Model [Navathe]
- ERT (Entity Relationship Time Model) [LOU 91]
- TER (Temporal Entity-Relationship Model) [TAU 91]
- TEER (Temporal Enhanced Entity-Relationship Model) [ELM 93]
- STEER [ELM 92] variante da modelagem TEER



TempER

Modelo Exemplo: TempER (97)

- simbologia especial para indicação de conceitos (entidades, relacionamentos e atributos) temporais
- conceitos temporais (transitórios) e não temporais (perenes) são permitidos



TempER

Modelo Exemplo: TempER (97)

- modela tempo de validade
- verificação de restrições de cardinalidade temporais para relacionamentos
- A validade de um relacionamento temporal deve estar de acordo com a validade das entidades temporais associadas



TempER

Componentes do modelo:

- Entidades
 - Entidades transitórias
 - Entidades perenes
- Relacionamentos
 - Relacionamentos temporais
 - Relacionamentos intemporais



TempER

– Atributos

- Atributos temporais
- Atributos Intemporais



TempER

Identificador interno de entidades - OID

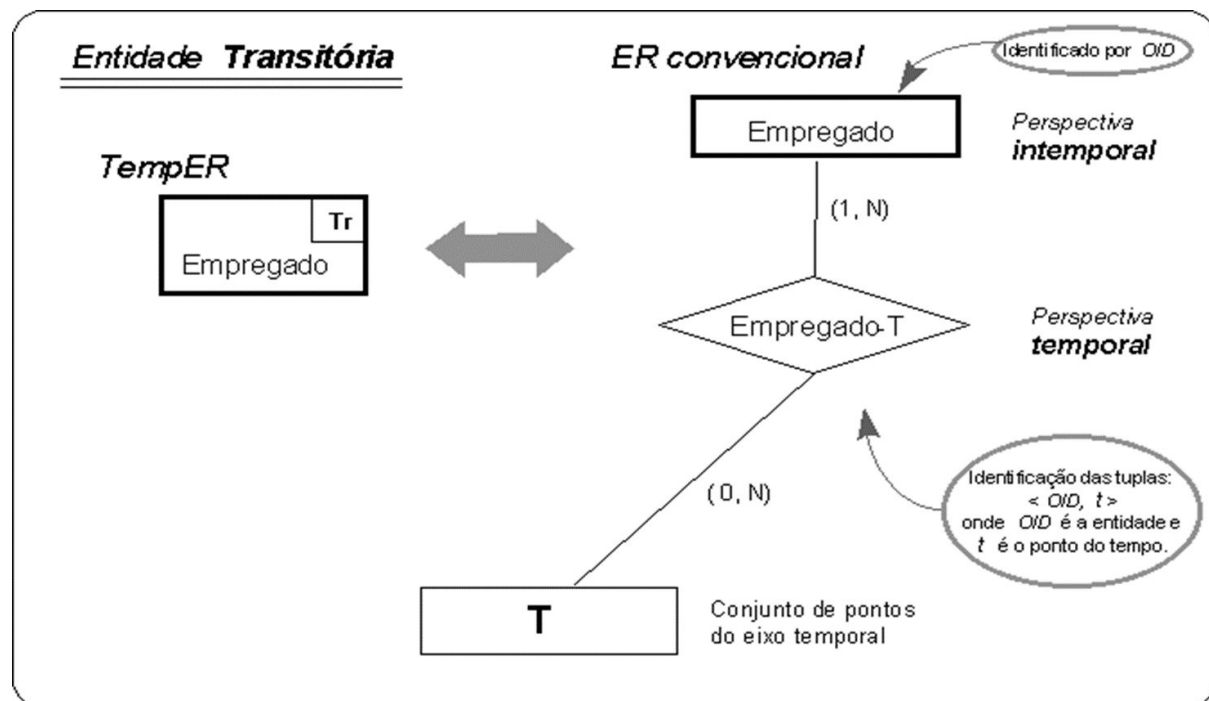
- assumido que todas as instâncias dos conjuntos entidade, e apenas dos conjuntos-entidade, possuem um identificador interno
- O que se busca é aproximar o modelo TempER de um dos mais importantes princípios da orientação a objetos



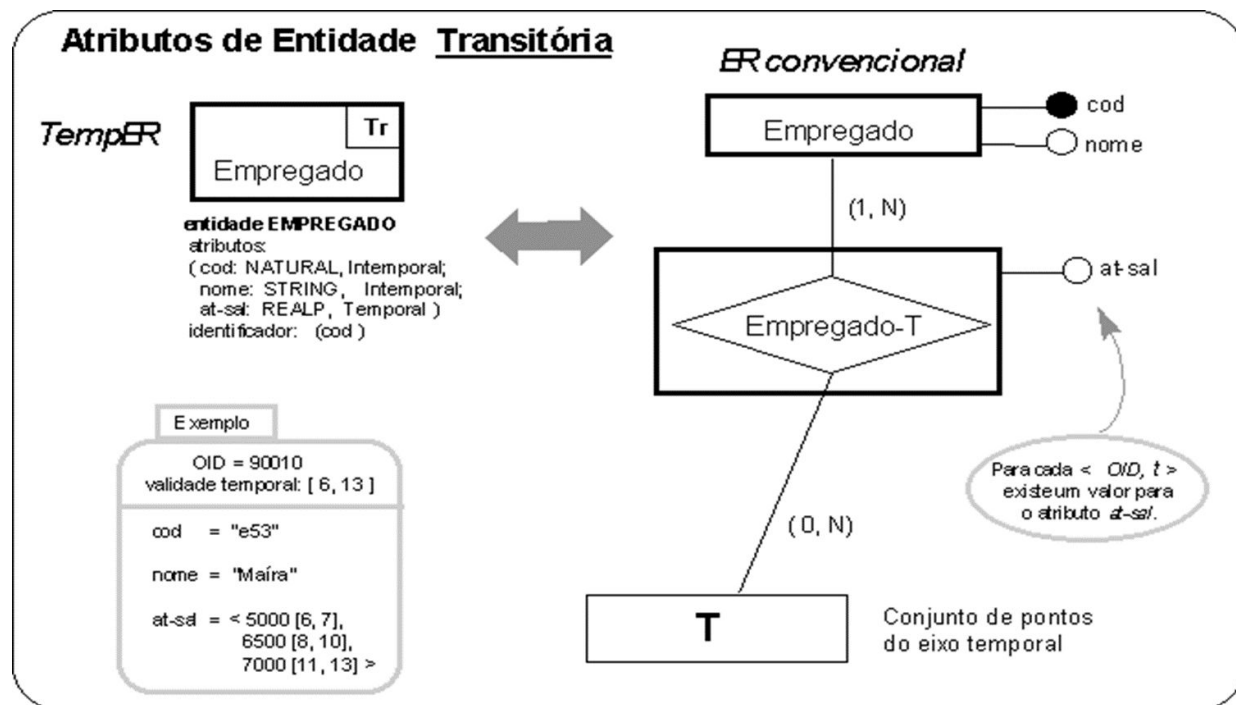
TempER

- Perspectiva intemporal
 - Não leva em consideração a dimensão temporal
- Perspectiva temporal
 - o OID de uma entidade é visualizado como um estado associado a um conjunto de pontos do tempo

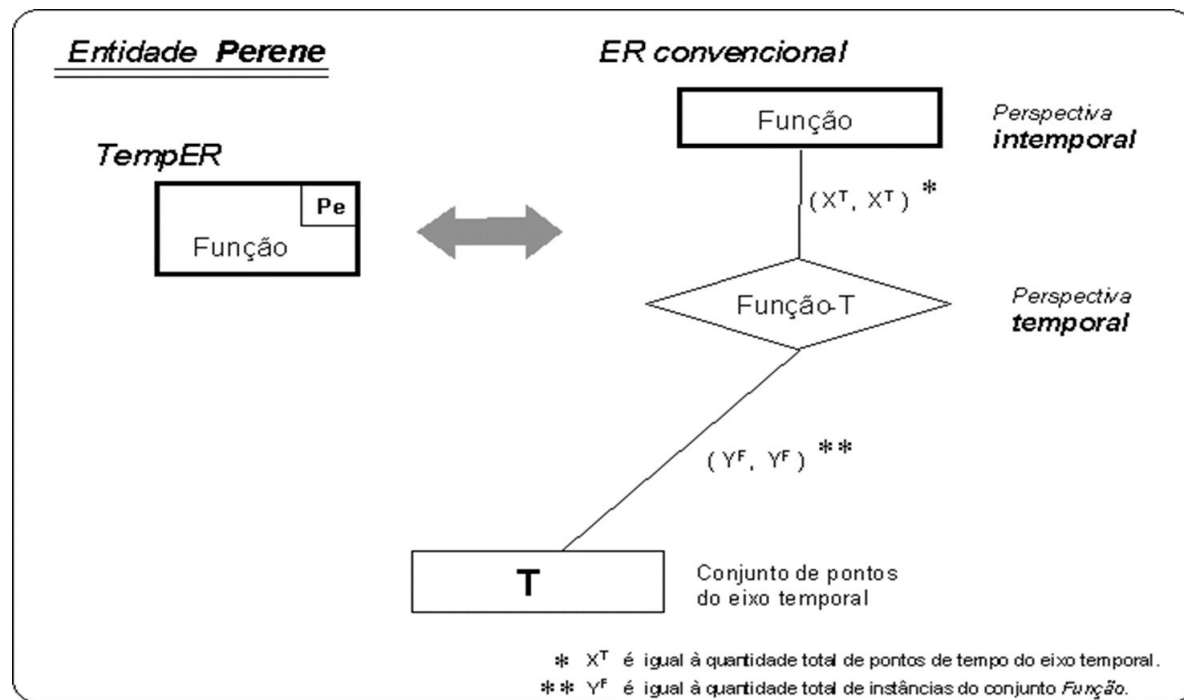
Entidade Transitória



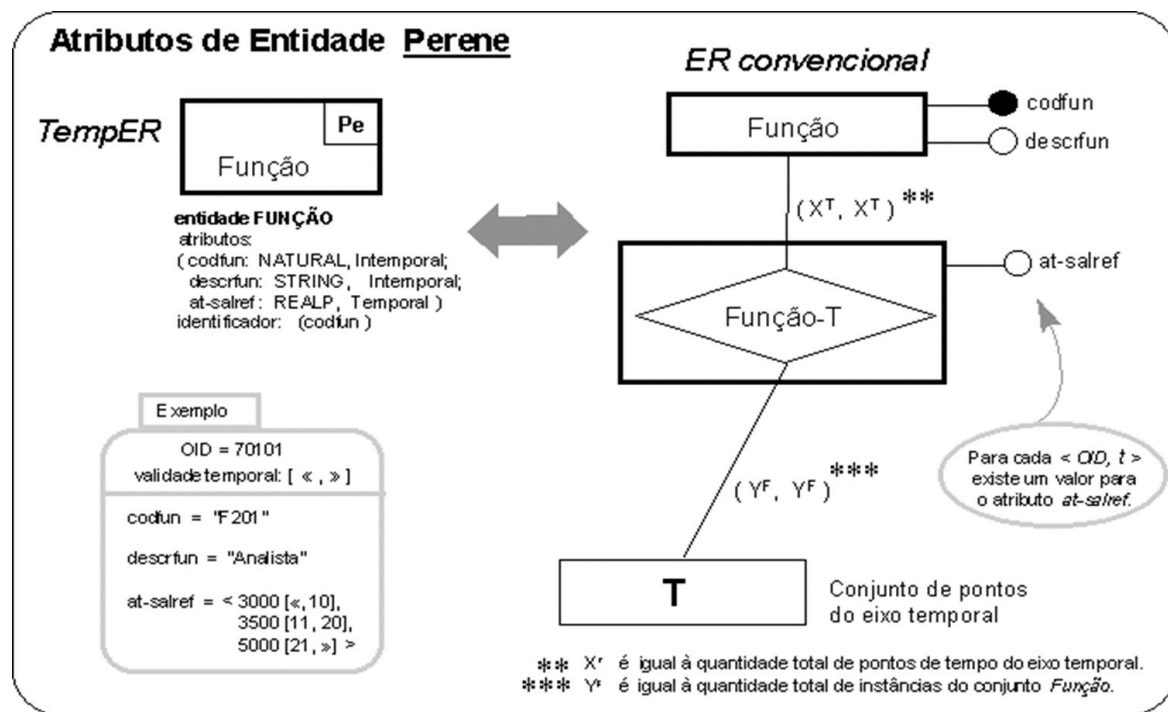
Atributos entidade transitória



Entidade Perenes



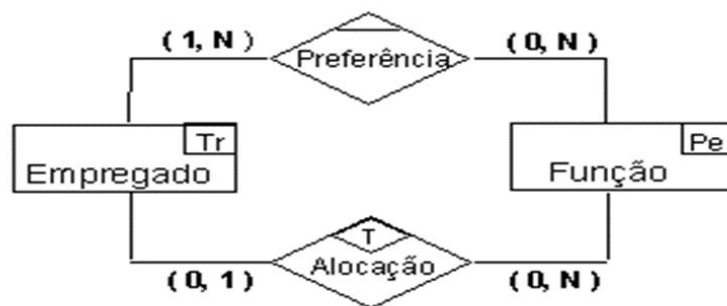
Atributos Entidade Perene



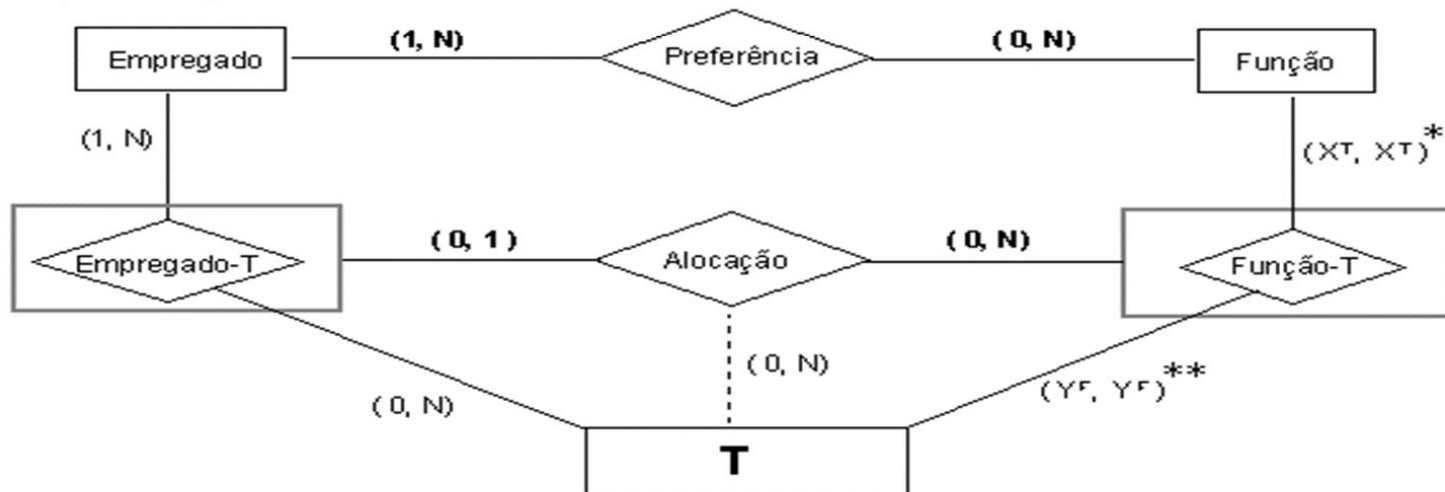


Relacionamento

Modelo TempER



Representação em ER convencional



- * X^T é igual ao número de pontos de tempo de todo o eixotemporal T .
- ** Y^F é igual à quantidade total de instâncias do conjunto *Função*.



Correspondência

Modelo ER convencional



entidade EMPREGADO

atributos:

(cod: NATURAL ;
nome: STRING ;
sal: REALP ;
datAdmissão: DATE ;
datDemissão: DATE)

identificador: (cod)

relacionamento

LOTAÇÃO

atributos:

(datInicLot: DATE ;
datfimLot: DATE)

entidade DEPTO

atributos:

(sigdep: STRING ;
nomdep: STRING ;
datCriação: DATE ;
datFecham: DATE)

identificador: (sigdep)

Modelo ER temporal - TempER



entidade EMPREGADO

atributos:

(cod: NATURAL, Intemporal ;
nome: STRING, Intemporal ;
at-sal: REALP, Temporal)

identificador: (cod)

relacionamento

LOTAÇÃO

atributos: (-)

entidade DEPTO

atributos:

(sigdep: STRING, Intemporal ;
nomdep: STRING, Intemporal)

identificador: (sigdep)



Linguagem de Consulta Temporal

Deve permitir:

- expressões utilizando a cláusula WHEN:
 - operações são definidas sobre intervalos e
 - São usados operadores do tipo: BEFORE, AFTER, FOLLOWS, DURING, etc.
- recuperação de Timestamps
- recuperação de informações ordenadas Temporalmente



Linguagem TSQL2

- Extensão de SQL
- Períodos de tempo
- Múltiplas granularidades
 - Ex.: nanosegundos, anos, minutos, ...
- Múltiplas representações
 - Ex.: terceira semana de 2007



Linguagem TSQL2

- Múltiplos Calendários

- Ex.:lunar, acadêmico, fiscal...

- Funções Variadas de TSQL



Algumas Funções

- Múltiplos Calendários

- Ex.:lunar, acadêmico, fiscal...

- Funções Variadas de TSQLINCLUDES

- contém

- OVERLAPS

- sobreposição (intersecção)



Algumas Funções

- PRECEDS / BEFORE
 - precede no tempo
- FOLLOWS / AFTER
 - sucede no tempo



Linguagem de Consultas

Não é possível encontrar um SGBD totalmente temporal, algumas funcionalidades são encontradas mas não em sua totalidade

Existem software que simulam o BDT, permitindo as consultas SGBDs que suportam TSQL2

Implementações para:

SQLServer

Oracle

PostgreSQL

MySQL



Bibliografia

- Christopher John Date. An introduction to database systems. Pearson Education India, 1981 (ver página 27).
- Ramez Elmasri e Sham Navathe. Fundamentals of Database Systems. 7ª edição. Pearson, 2016 (ver páginas 7, 8, 10, 16, 17, 19, 20).
- Nenad Jukic, Susan Vrbsky e Svetlozar Nestorov. Database systems: Introduction to databases and data warehouses. Pearson, 2014 (ver página 23).
- Michael McLaughlin. MySQL Workbench: Data Modeling Development. McGraw Hill Professional, 2013 (ver página 23).
- SQL Tutorial. w3schools, 2022. Disponível em: <https://www.w3schools.com/sql/default.asp>. Acesso em: 20, abril de 2022