

Sumário

- 1 Aplicações Não-Convencionais
- 2 BD Orientado a Objetos e Objeto-Relacional
- 3 BD Temporal
- 4 BD Geográfico
- 5 XML & BD

Banco de Dados Temporal (BDT)

- Considera a evolução de um dado no tempo
 - manutenção de todos os estados de um dado
 - passado, presente e futuro
- Áreas de pesquisa relacionadas
 - modelagem e armazenamento de dados temporais
 - linguagens de consulta
 - validade temporal, deslocamento no tempo, relacionamentos temporais, ...
 - restrições e eventos temporais
 - . . .

Exemplos de Aplicações

- Área médica
 - quadro clínico de pacientes, diagnósticos, ...
- Área empresarial
 - tomadas de decisão, planejamento de orçamentos, ...
- Sistemas de informação geográfica
 - crescimento demográfico, desmatamento, ...
- ...

BD Convencional X BDT

- BD Convencional
 - representação do estado presente de um dado
 - BDs instantâneos
 - gerenciamento temporal a cargo da aplicação
 - definição explícita de atributos, consultas temporais, ...
- BD Temporal
 - representação de estados passados, presente e futuros de um dado
 - BDs históricos, BDs de transação, BDs bitemporais
 - gerenciamento temporal é controlado pelo BD
 - definição implícita de propriedades temporais, linguagens de consulta estendidas, ...

BD Convencional X BDT

Empregados

RG	nome	função
1	João	motorista
2	Maria	secretária
...

BD Convencional:

```
select salário
from Empregados E, Salários S
where S.RG = E.RG
and E.nome = 'Maria'
and S.início >= '01/07/02'
and S.fim <= '31/12/02'
```

Salários (esta tabela pode ser controlada internamente pelo BDT)

RG	salário	início	fim
1	500.00	01/05/01	18/09/02
2	600.00	13/01/02	02/04/03
1	620.00	19/09/02	-
2	650.00	03/04/03	-
...

BD Temporal:

```
select salário
from Empregados
where nome = 'Maria'
and period '[01/07/02,
31/12/02]'
```

Conceitos Principais

- Tipos de Tempo
- Ordem no Tempo
- Granularidade
- Variação Temporal
- Rótulos Temporais
- Tempo Absoluto e Tempo Relativo
- Restrições Temporais

Tipos de Tempo

- Classificação

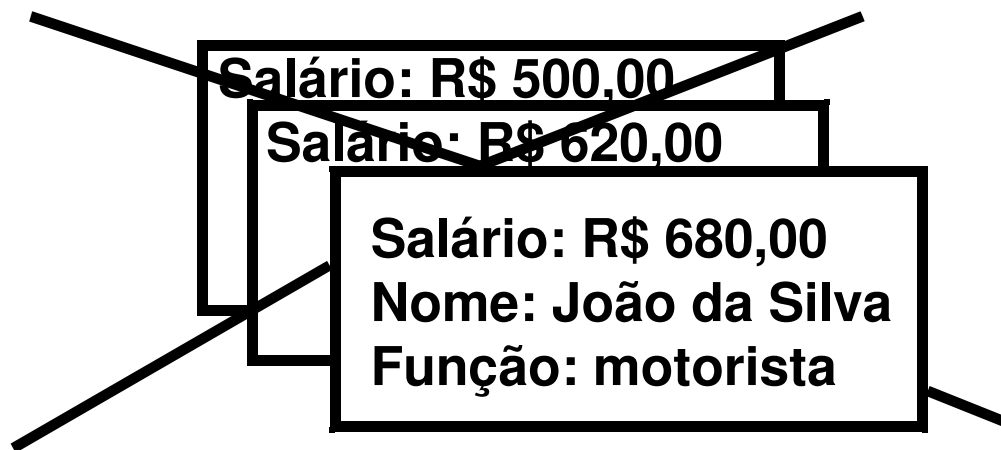
- instantâneo, transação, validade, bitemporal

- Tempo instantâneo

- característico de BD convencional (BDs instantâneo)

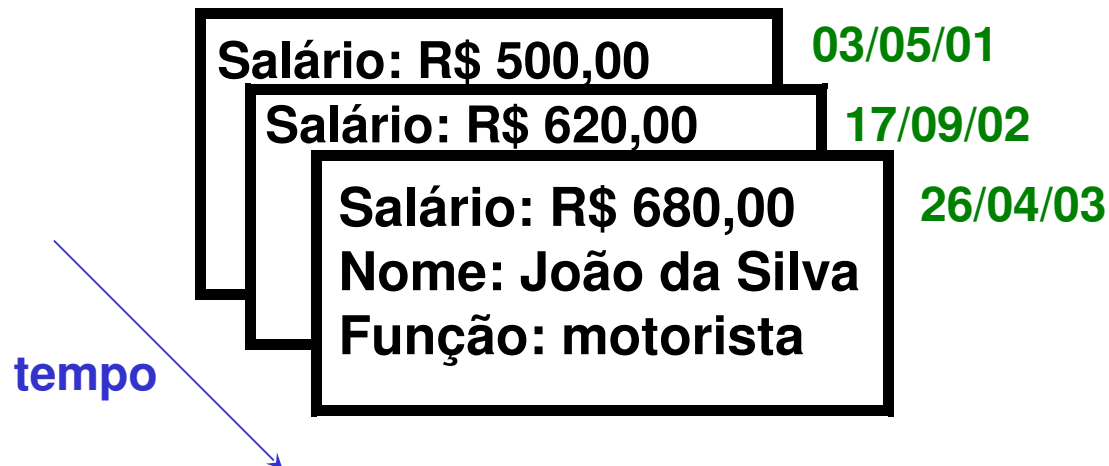
- registra apenas o dado válido no momento atual

- tempo implícito é a data do sistema



Tempo de Transação

- Tempo de definição de um dado no BD por uma transação
 - tempo fornecido pelo SGBD (*timestamp*)
 - característico de **BD de Tempo de Transação** ou **BD Rollback**
 - exemplo: operação bancária



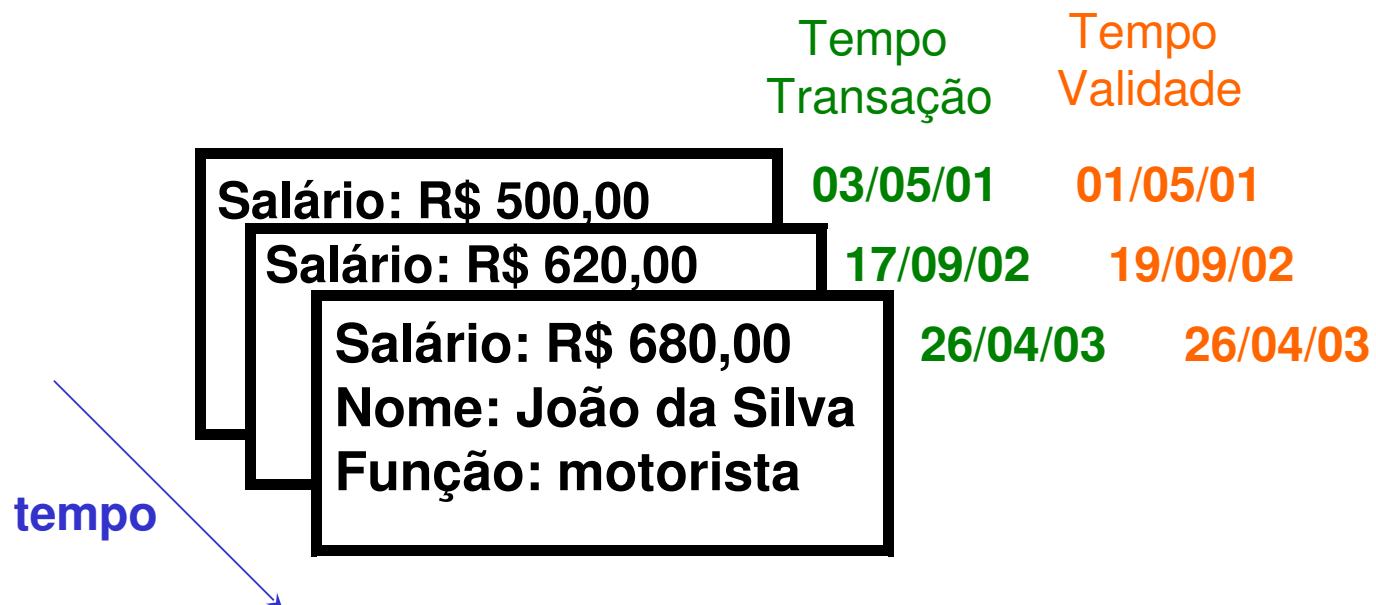
Tempo de Validade

- Tempo em que dado é válido no mundo real
 - tempo fornecido pelo usuário
 - característico de **BD de Tempo de Validade** ou **BD Histórico**
 - exemplo: quadro clínico de um paciente



Tempo Bitemporal

- Manutenção conjunta do tempo de transação e do tempo de validade
 - não necessariamente ambos coincidem
 - característico de **BD Bitemporal**
 - exemplo: reserva aérea



Conceitos Principais

- Tipos de Tempo
- Ordem no Tempo
- Granularidade
- Variação Temporal
- Rótulos Temporais
- Tempo Absoluto e Tempo Relativo
- Restrições Temporais

Ordem no Tempo

- Três tipos de ordem
 - linear, ramificada e circular
- Ordem linear
 - forma mais usual de ordenação temporal
 - um dado com no máximo um sucessor e um predecessor
- Ordem ramificada
 - um dado pode ter vários sucessores e/ou predecessores
- Ordem circular
 - um conjunto de dados se repete periodicamente em uma certa ordem

Ordem no Tempo - Exemplos

- Ordem linear
 - evolução do salário de um empregado
- Ordem ramificada
 - alternativas para o capítulo final de uma novela (futuro ramificado)
 - hipóteses para a evolução do homem até os dias de hoje (passado ramificado)
- Ordem circular
 - períodos de promoção de uma loja: verão, páscoa, dia das mães, outono-inverno, dia dos pais, ...

Conceitos Principais

- Tipos de Tempo
- Ordem no Tempo
- Granularidade
- Variação Temporal
- Rótulos Temporais
- Tempo Absoluto e Tempo Relativo
- Restrições Temporais

Granularidade

- Dois aspectos a considerar em modelagens
 - granularidade temporal
 - granularidade do fato do mundo real
- Granularidade temporal (discretização)
 - duração do período de tempo (*chronon*)
 - ano, mês, dia, hora, ...
 - pode variar de dado para dado
- Granularidade do fato do mundo real
 - para qual porção do fato deve-se registrar evolução temporal
 - fato completo, alguns atributos, alguns dos seus relacionamentos, ...

Granularidade - Exemplo

QuadroClinicoPacientes

CPF	temperatura	pressão	batimento cardíaco
-----	-------------	---------	--------------------

- manter evolução de todos os atributos (fato como um todo)
- granularidade temporal (*chronon*): *hora*

Empregados

CPF	nome	salário	função	DN
-----	------	---------	--------	----

- manter evolução dos atributos salário e função
- *chronon* para salário: *mês*
- *chronon* para função: *ano*

Conceitos Principais

- Tipos de Tempo
- Ordem no Tempo
- Granularidade
- **Variação Temporal**
- Rótulos Temporais
- Tempo Absoluto e Tempo Relativo
- Restrições Temporais

Variação Temporal

- Duas formas
 - tempo contínuo e tempo discreto
- Tempo contínuo
 - forma natural de ver o tempo
 - um dado pode ter um valor diferente em qualquer instante de tempo
- Tempo discreto
 - um dado tem um valor fixo durante um certo *chronon* predefinido
 - é o tempo considerado geralmente por BDTs

Tempo Discreto

- Validade do dado no tempo
 - pontual
 - períodos de tempo discretos e não-contínuos
 - exemplo: histórico de consultas de um paciente
 - por escada
 - períodos de tempo discretos e contínuos
 - exemplo: histórico de salários de um empregado
 - definida por uma função
 - valor do dado definido por uma função
 - exemplo: duração da noite em uma determinada data

Conceitos Principais

- Tipos de Tempo
- Ordem no Tempo
- Granularidade
- Variação Temporal
- Rótulos Temporais
- Tempo Absoluto e Tempo Relativo
- Restrições Temporais

Rótulos Temporais

- Formas de representação de atributos temporais
 - instante
 - intervalo
 - elemento temporal

Instante Temporal

- Representação de um **ponto** no tempo
 - relacionado à ocorrência de um evento
 - para **ordem linear**
 - existe o instante atual (*now*)
 - indica o ponto presente e separa um único passado de um único futuro

Instante – Exemplos de Modelagem

PublicaçãoArtigos

RG	IdArtigo	conferência	Instante
1	1	SBBD	2000
1	2	VLDB	2002
...

Empregados

RG	nome	salário	Instante
1	João	500.00	Mai/01
1	João	540.00	Dez/01
1	João	680.00	Abr/03
...

Intervalo

- Tempo decorrido **entre dois instantes**
 - composto por um conjunto finito de *chronons*
 - representado por um intervalo $[t1, t2]$
 - elementos consecutivos (não há lacunas)
 - $t1 \leq t2$
 - $t1$ ou $t2$ podem ser *now* (intervalo com tamanho variável)
 - $t1 = \ll$ (início da contagem temporal: $-\infty$ ou um tempo predefinido)
 - $t2 = \gg$ (final da contagem temporal: $+\infty$ ou um tempo predefinido)

Intervalo – Exemplos

Empregados

RG	nome	salário	Início	Fim
1	João	500.00	Mai/01	Ago/02
1	João	620.00	Set/02	Mar/03
1	João	680.00	Abr/03	<i>now</i>
2	Maria	600.00	«	Mar/03
2	Maria	650.00	Abr/03	<i>now</i>
...

EscalaLimpeza

RG	andar	Início	Fim
1	3	10/05/03	12/05/03
1	térreo	22/05/03	27/05/03
2	2	13/05/03	16/05/03
...

Elemento Temporal

- União finita de intervalos
 - representação mais expressiva que intervalo
 - evita a fragmentação de um dado em várias tuplas, uma para cada intervalo
 - útil para modelar um fato que pode apresentar os mesmos valores em períodos distintos de tempo
 - exemplo

EscalaLimpeza

RG	andar	períodos
1	3	$[10/05/03,12/05/03] \cup [04/06/03,06/06/03]$
1	térreo	$[22/05/03,27/05/03]$
2	2	$[13/05/03,16/05/03] \cup [29/05/03,31/05/03] \cup [12/06/03,17/06/03]$
...

Conceitos Principais

- Tipos de Tempo
- Ordem no Tempo
- Granularidade
- Variação Temporal
- Rótulos Temporais
- Tempo Absoluto e Tempo Relativo
- Restrições Temporais

Tempos Absoluto e Relativo

- Tempo absoluto

- dado temporal preciso

- exemplo

- data da publicação de João no SBBD'04: 23/10/04

- Tempo relativo

- dado temporal cuja validade está relacionada à validade de outro dado temporal

- exemplo

- a Páscoa ocorre 40 dias após a quarta-feira de cinzas

- em geral, associada a restrições temporais

Conceitos Principais

- Tipos de Tempo
- Ordem no Tempo
- Granularidade
- Variação Temporal
- Rótulos Temporais
- Tempo Absoluto e Tempo Relativo
- Restrições Temporais

Restrições Temporais (RIT)

- Restrições aplicadas a rótulos temporais
- Exemplos
 - RIT aplicada a **instantes de tempo**
 - formaturas só podem ocorrer em DEZ, JAN ou FEV
 - RIT aplicada a um **intervalo de tempo**
 - o término de uma partida de futebol só pode ocorrer 90 minutos após o seu início
 - RIT que considera **instante e intervalo de tempo**
 - o histórico do salário de um empregado (intervalos de tempo) só começa a ser registrado quando ele passar do status de *estagiário* para *efetivo* (evento instantâneo)

BDT – Controles Necessários

- Definição de esquemas temporais
 - flexibilidade para a modelagem de conceitos temporais
 - tipo de tempo, granularidade, rótulo, ...
- Linguagem de consulta temporal
 - consultas bitemporais em qualquer tempo
- Especificação de RIs temporais
- Geração de dados históricos
 - geração automática
 - modificação de salário
 - inserção manual
 - previsões futuras

Implementação de Suporte Temporal

- Muita teoria, pouca prática! 😞
 - pouca disponibilidade de sistemas
 - várias experiências (protótipos)
 - exemplos
 - TimeDB
 - Tiger
 - protótipo TF-ORM (UFRGS)
 - ...

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

R

ID	a_1	...	a_n	$T_{\text{início}}$	T_{fim}
----	-------	-----	-------	---------------------	------------------

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

Relações Instantânea e Temporal

- Mantém dados instantâneos e temporais em relações separadas

R-Inst

ID	a_1	...	a_n
----	-------	-----	-------

R-Temp

ID	a_1	...	a_n	$T_{\text{início}}$	T_{fim}
----	-------	-----	-------	---------------------	------------------

- **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

R-Inst

ID	a_1	...	a_n
----	-------	-----	-------

Ra_1 -Temp

ID	a_1	$T_{início}$	T_{fim}
----	-------	--------------	-----------

- **Vantagem**
 - evita redundância

Ra_n -Temp

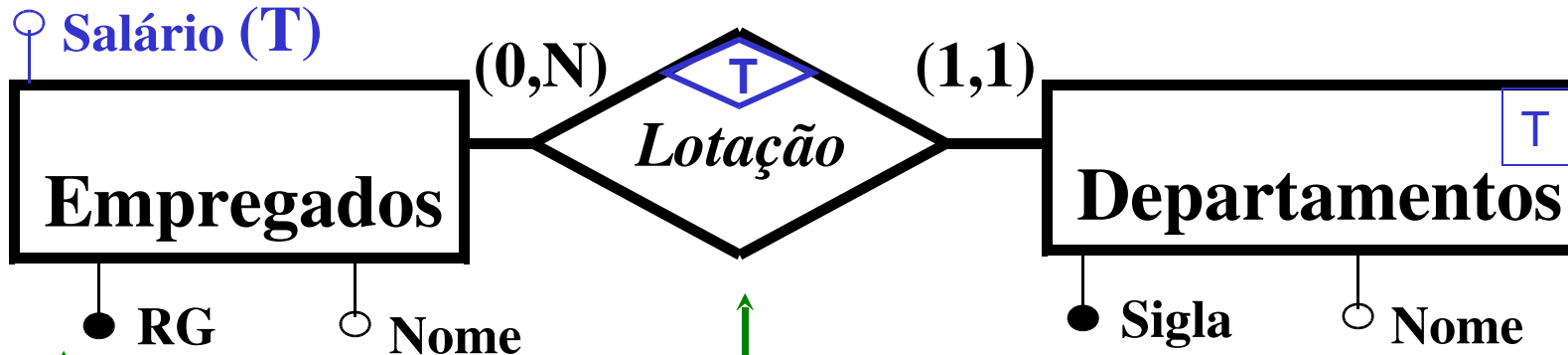
ID	a_n	$T_{início}$	T_{fim}
----	-------	--------------	-----------

- **Desvantagem**
 - baixo desempenho para consultas temporais
 - maior número de relações

Modelagem Conceitual de BDT

- Modelo Exemplo: TempER (97) – adaptação
 - simbologia especial para indicação de conceitos (entidades, relacionamentos e atributos) temporais
 - conceitos temporais e não-temporais são permitidos
 - modela tempo de validade
 - pressupõe restrições de cardinalidade temporais para relacionamentos
 - a validade de um relacionamento temporal deve estar de acordo com a validade das entidades temporais associadas

TempER – Exemplo 1



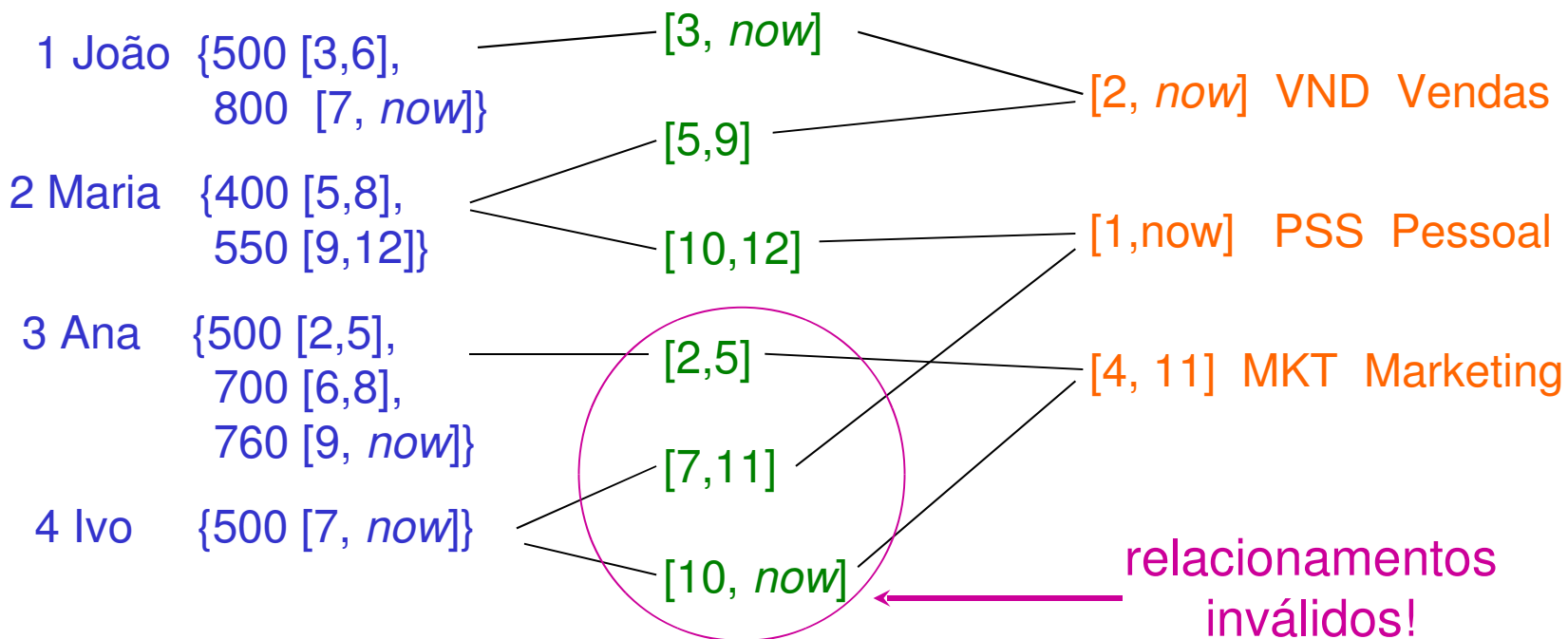
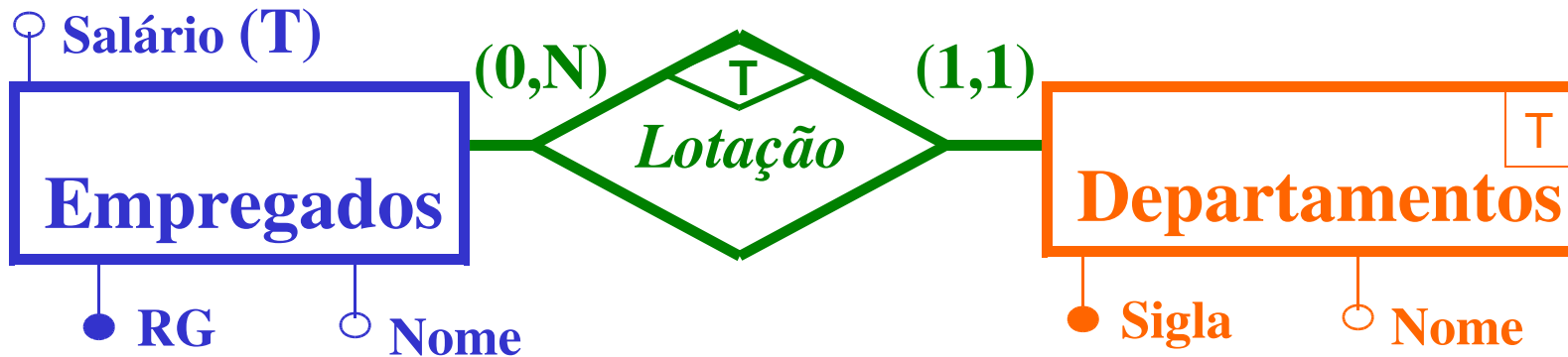
entidade com
atributo temporal

relacionamento temporal:

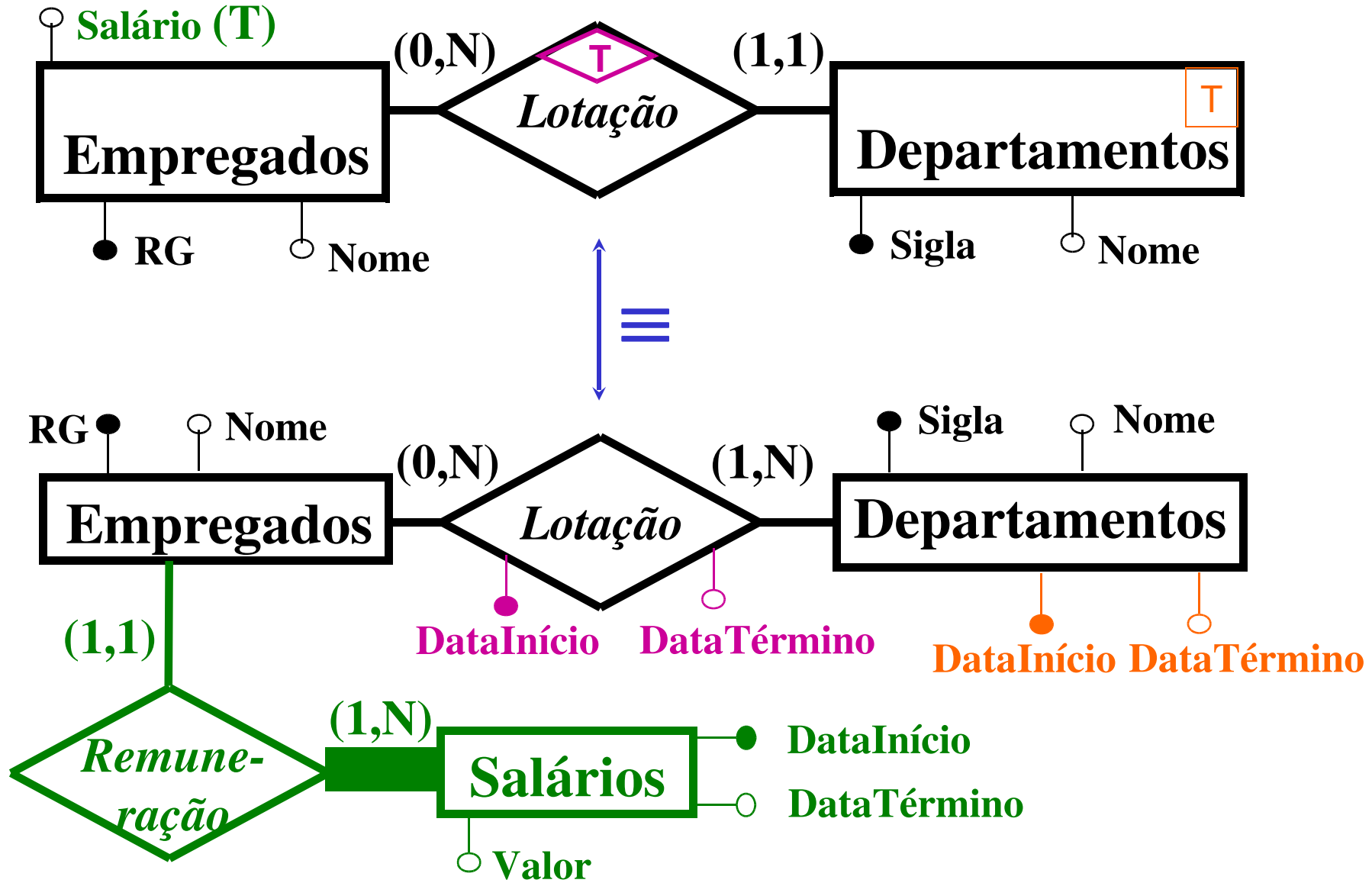
- 1 empregado só pode estar associado a 1 departamento em 1 certa validade de tempo
- 1 departamento pode estar associado a vários empregados em uma certa validade de tempo

entidade temporal

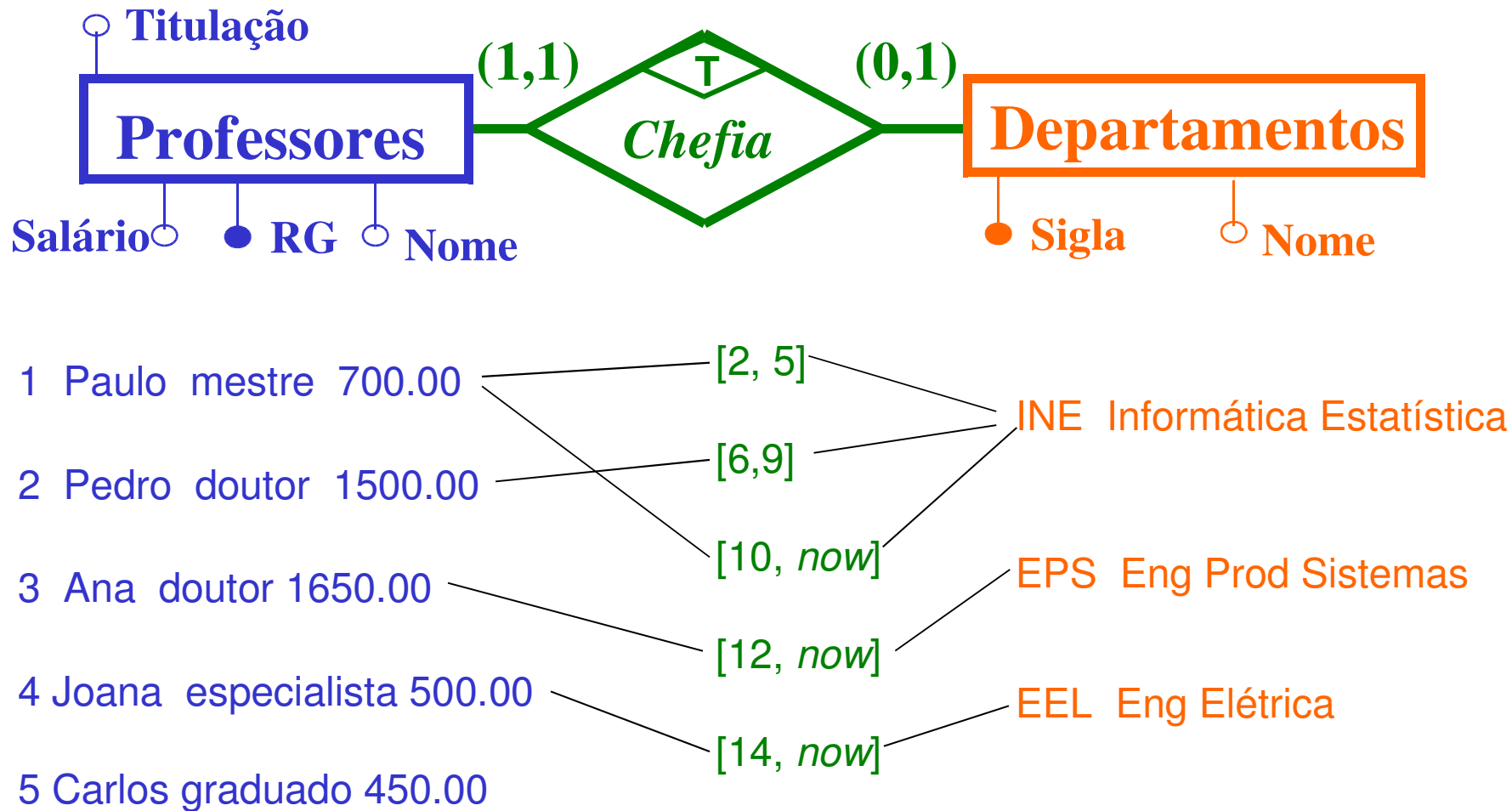
Exemplos de Ocorrências



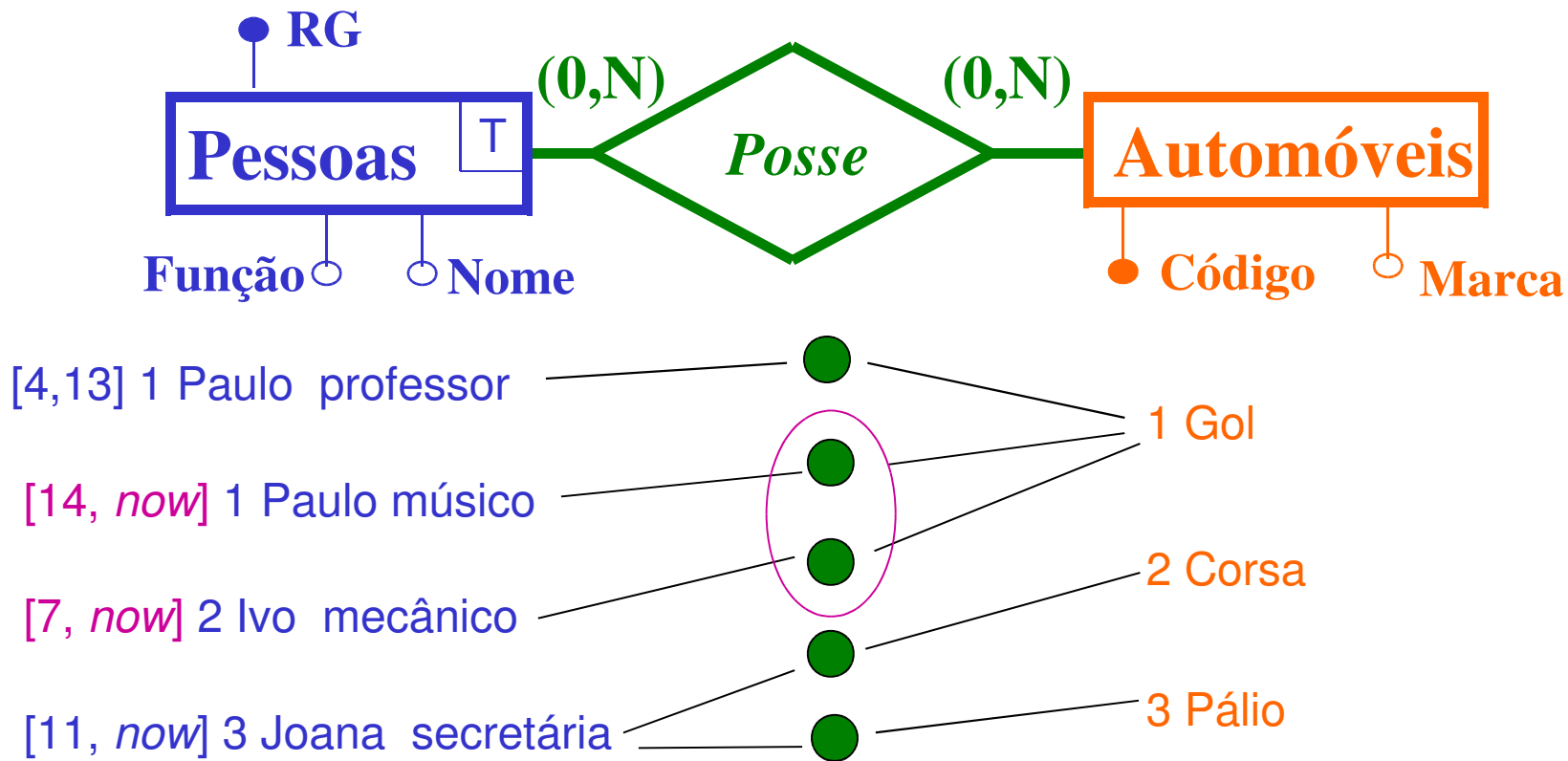
ER Temporal \Leftrightarrow ER Convencional



Exemplo2 – Relacionamento Transitório e Entidades Perenes



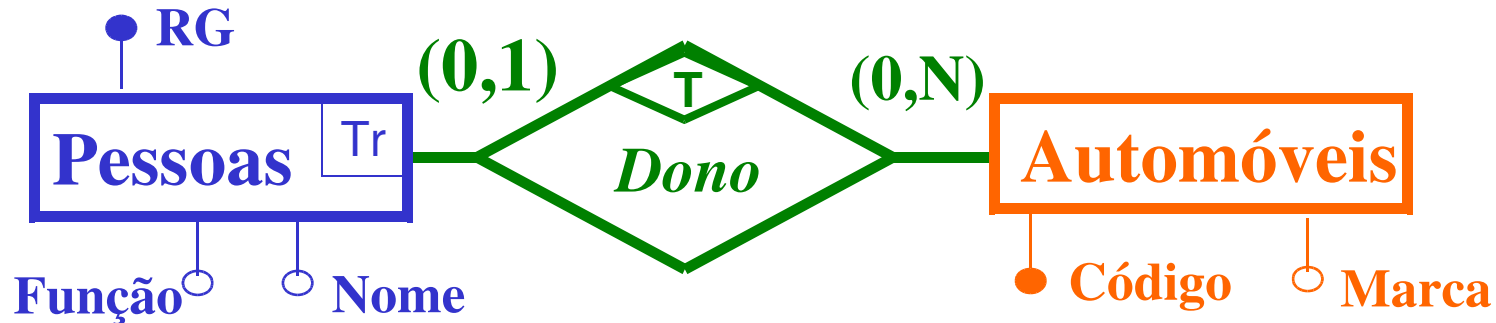
Exemplo3 – Cuidados com Modelagem Temporal



→ *inconveniente*: não é possível garantir que 1 carro pertenceu a apenas 1 pessoa em uma certa validade de tempo

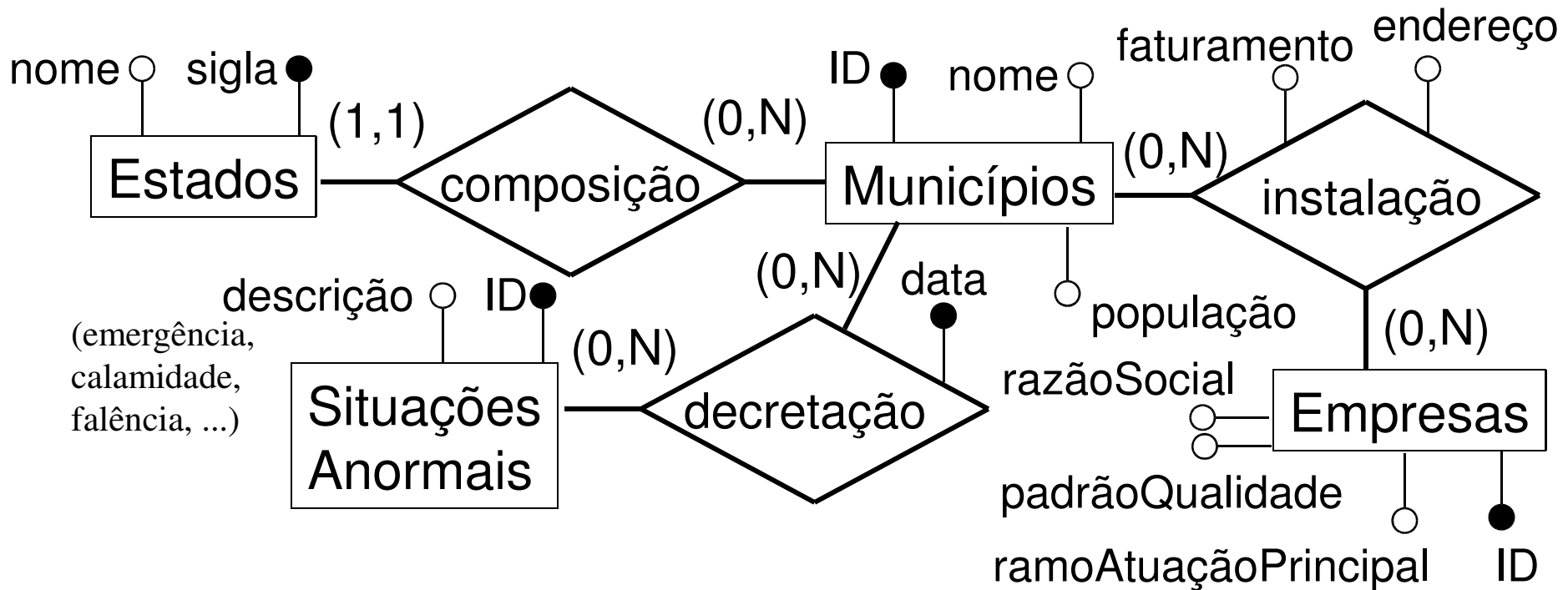
→ é melhor modelar o relacionamento como *temporal*!

Exemplo3 – Modelagem Temporal Correta



Exercício

- Dada a modelagem ER convencional abaixo



a) transforme-a em uma modelagem *TempER*, considerando aspectos temporais relevantes. Modele pelo menos 1 entidade temporal, 1 relacionamento temporal e 1 atributo temporal

b) apresente uma modelagem relacional para a sua modelagem *TempER*. Para cada tabela temporal, defina o rótulo temporal e o *chronon*