

# Sumário

1. Introdução a Aplicações Não-Convencionais
2. Revisão de Modelagem Conceitual
3. BD Orientado a Objetos (BDOO)
4. BD Objeto-Relacional (BDOR)
5. **BD Temporal (BDT)**
6. BD Geográfico (BDG)
7. BD XML
8. BDs nas Nuvens
9. Pesquisa em Gerência de Dados na Web

# Banco de Dados Temporal (BDT)

- Considera a evolução de um dado no tempo
  - manutenção de todos os estados de um dado
    - passado, presente [e previsões futuras...]
- Exemplos de aplicações
  - área médica
    - quadro clínico de pacientes
  - gestão empresarial
    - evolução do faturamento e de custos
  - 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:

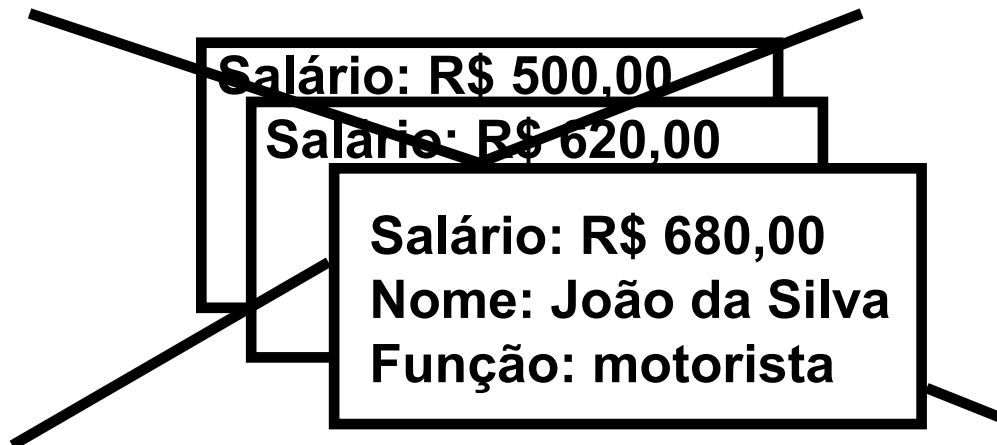
```
select salário
from Empregados
where nome = 'Maria'
and period '[01/07/02,
31/12/02]'
```

# 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



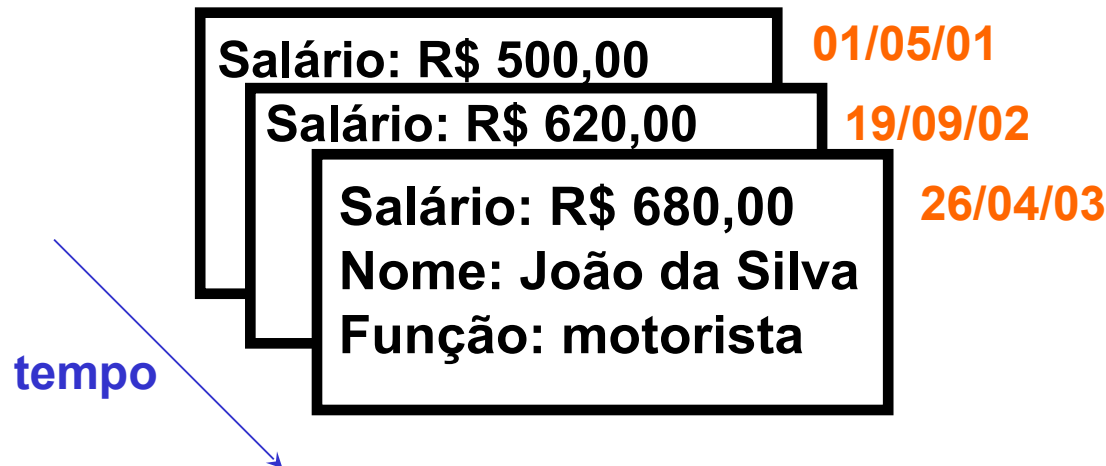
# Tempo de Transação

- 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

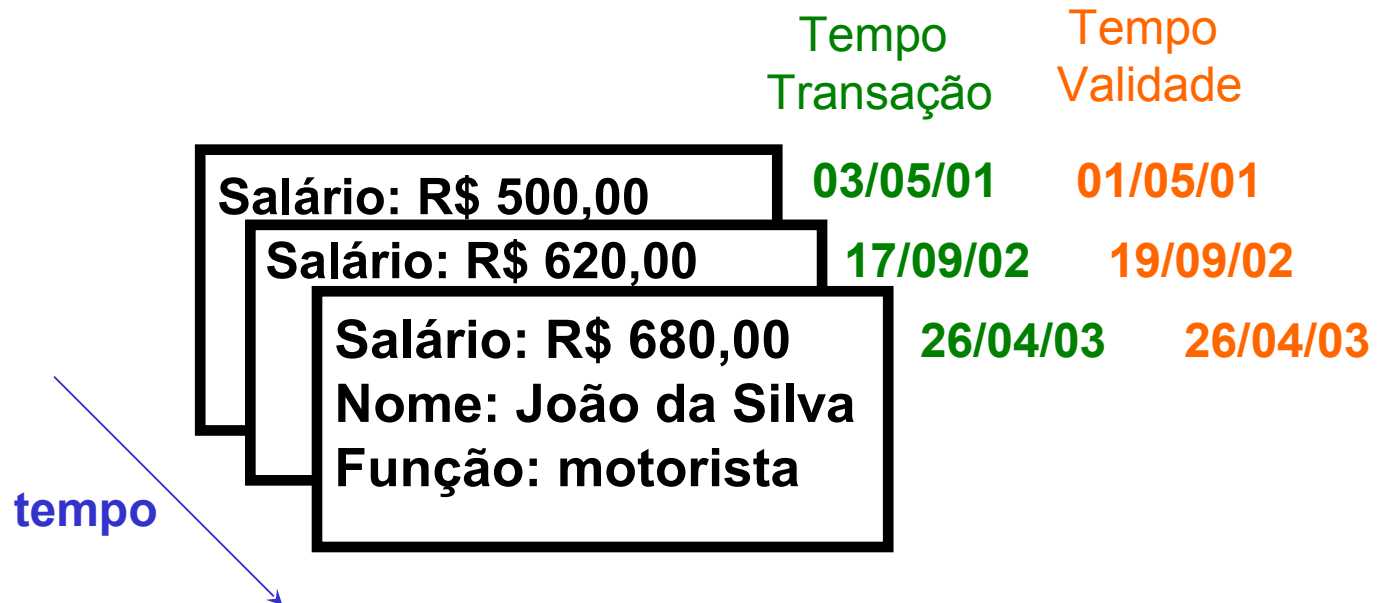
- Tempo em que dado é válido no mundo real
  - tempo fornecido pelo usuário
  - característico de **BD de Tempo de Validade** ou **BD Histórico**
  - exemplo: quadro clínico de um paciente





# 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

## Alocações

CPF	Depto	períodos
1	3	$[10/05/03, 12/08/07] \cup [04/06/09, 06/06/11]$
1	2	$[13/08/07, 03/06/09]$
2	2	$[13/05/03, 16/09/06] \cup [29/05/09, 02/10/12]$
...	...	...

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

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

- 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	$a_1$	$T_{\text{início}}$	$T_{\text{fim}}$
----	-------	---------------------	------------------

- Vantagem

- evita redundância

$Ra_n$ -Temp

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

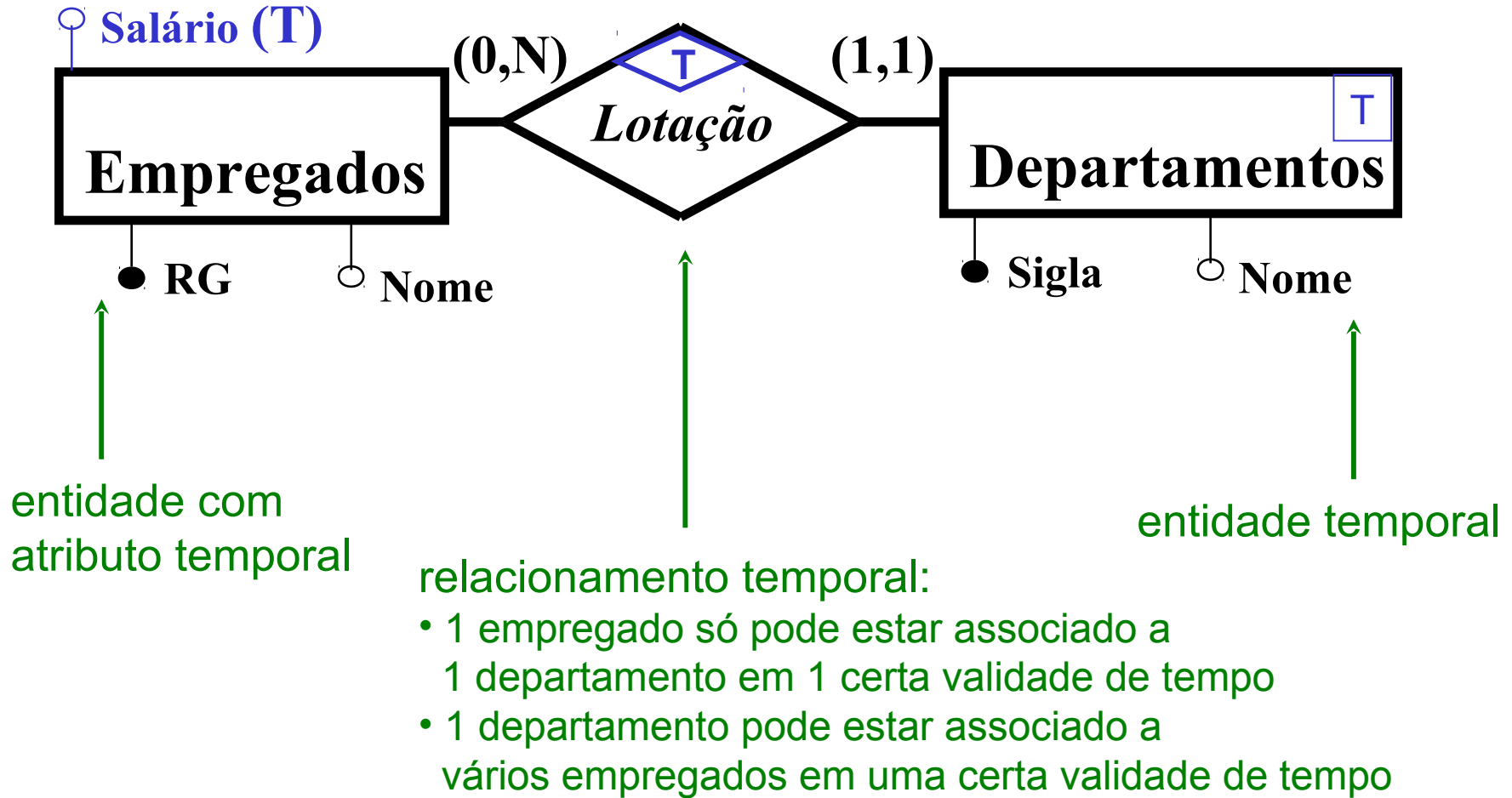
- Desvantagem

- baixo desempenho para consultas temporais
  - maior número de relações

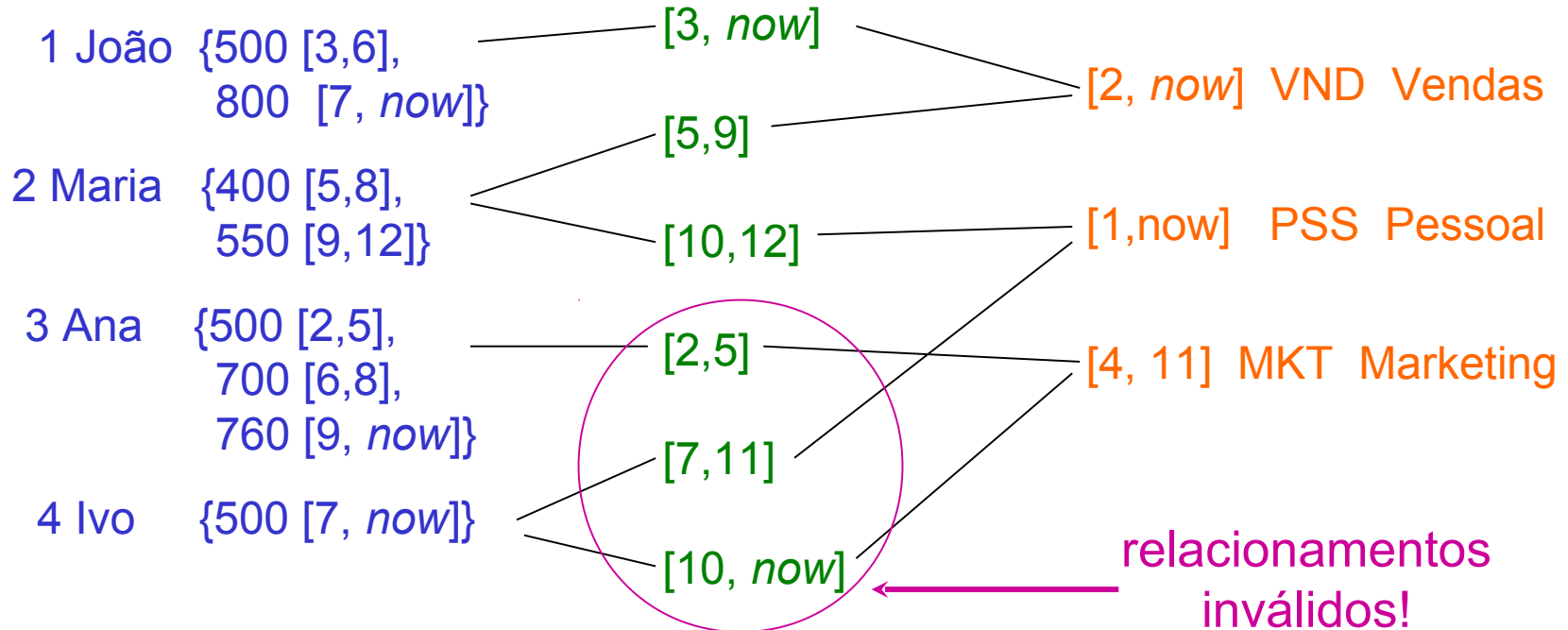
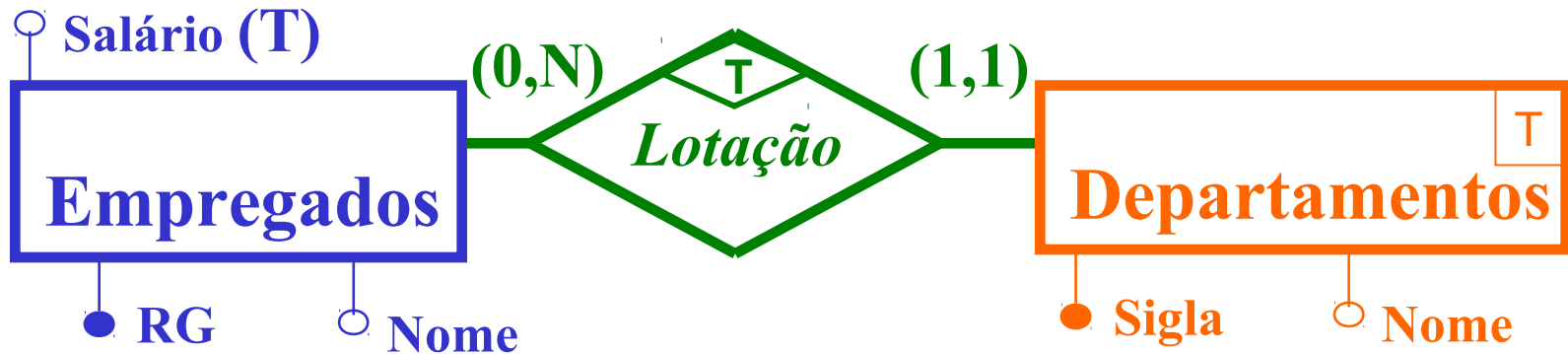
# Modelagem Conceitual de BDT

- 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

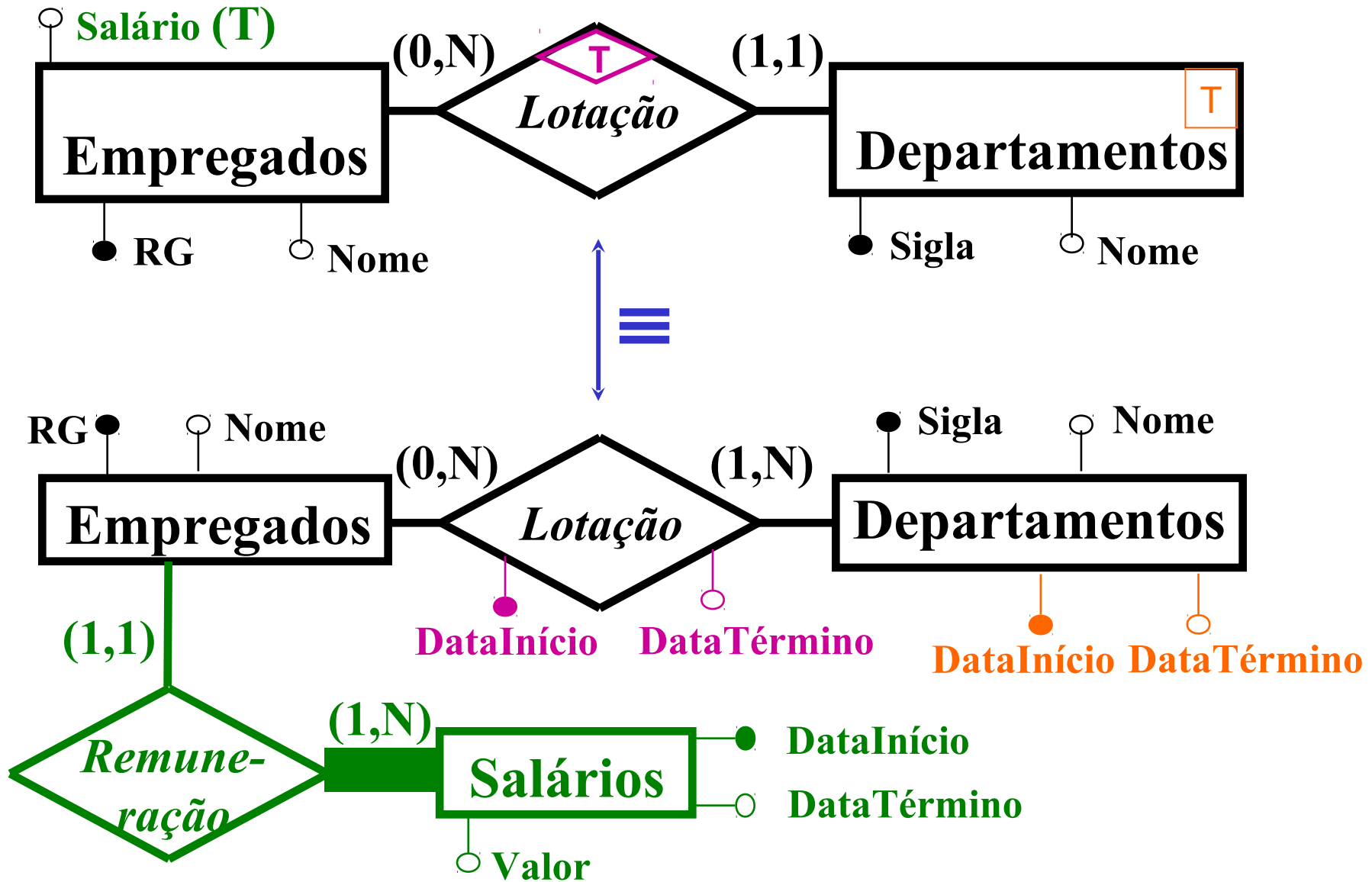
# TempER – Exemplo1



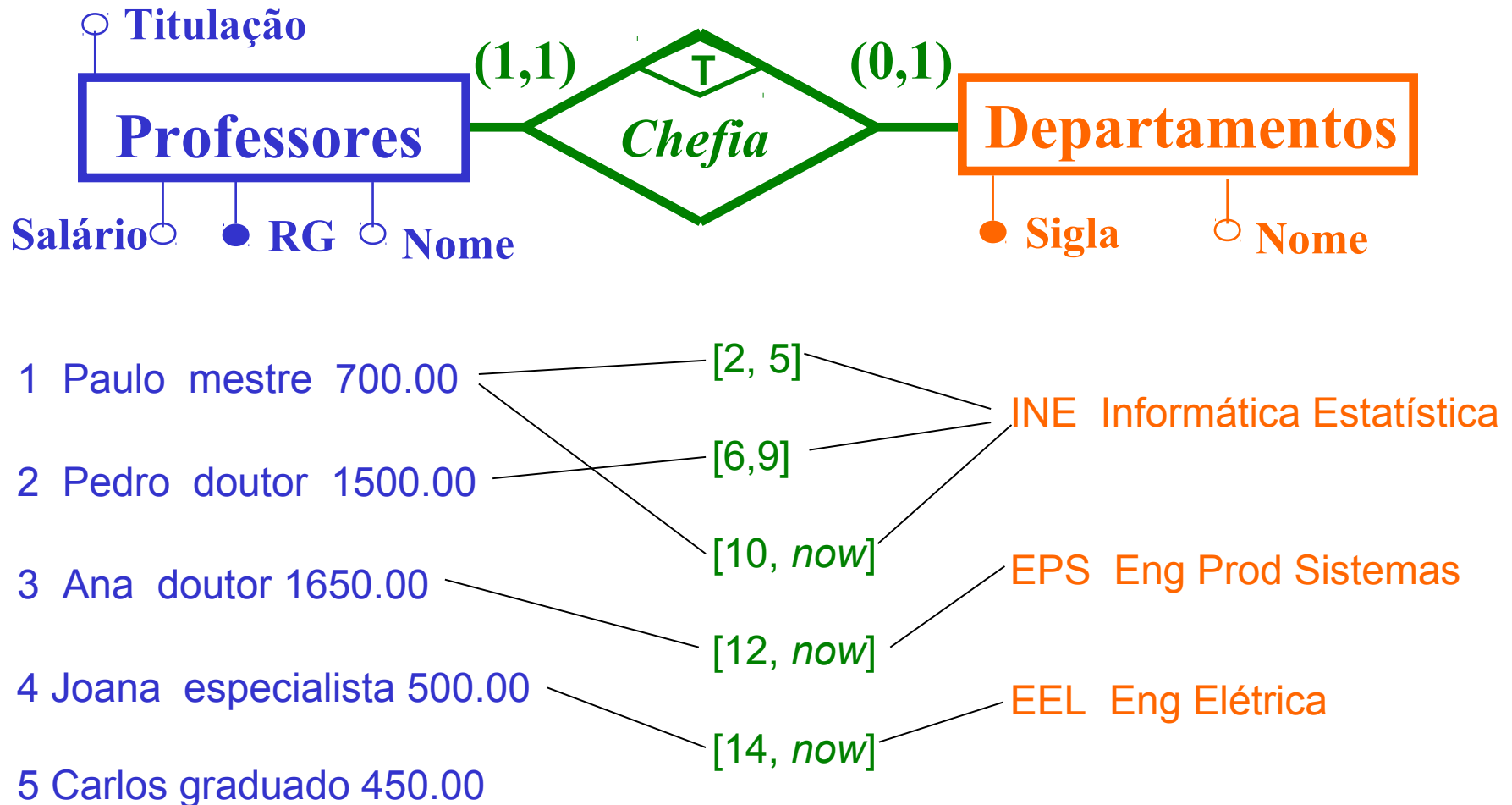
# Exemplos de Ocorrências



# ER Temporal $\Leftrightarrow$ ER Convencional

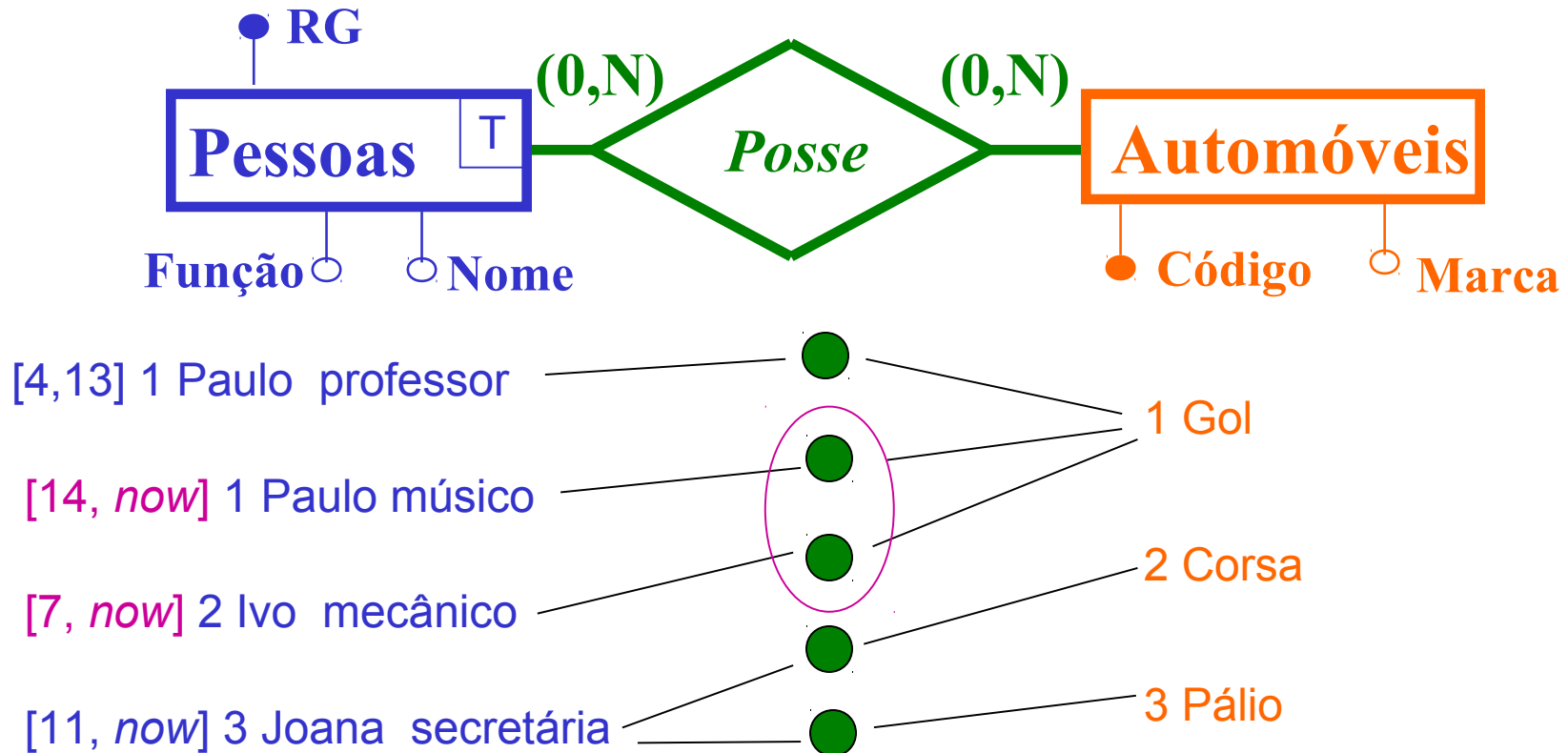


# Exemplo2 – Relacionamento Transitório e Entidades Perenes





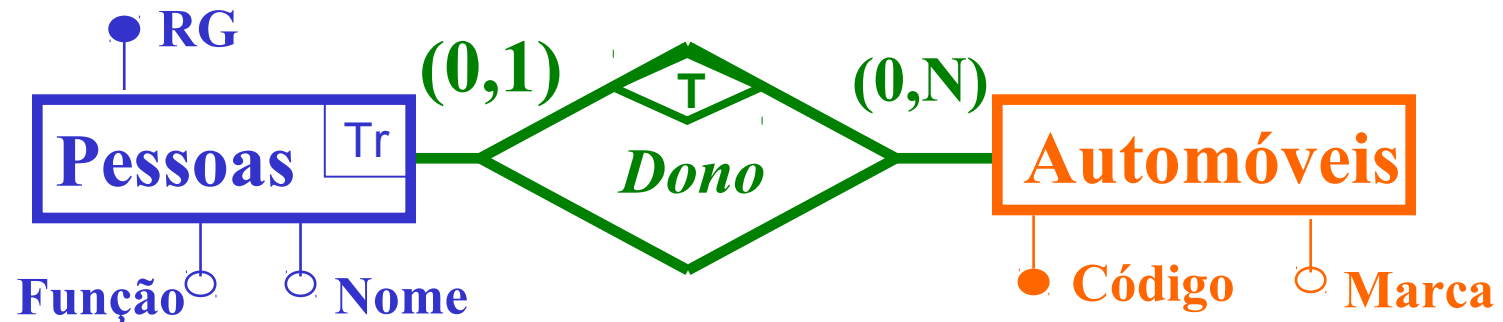
# Exemplo3 – Cuidados com Modelagem Temporal



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

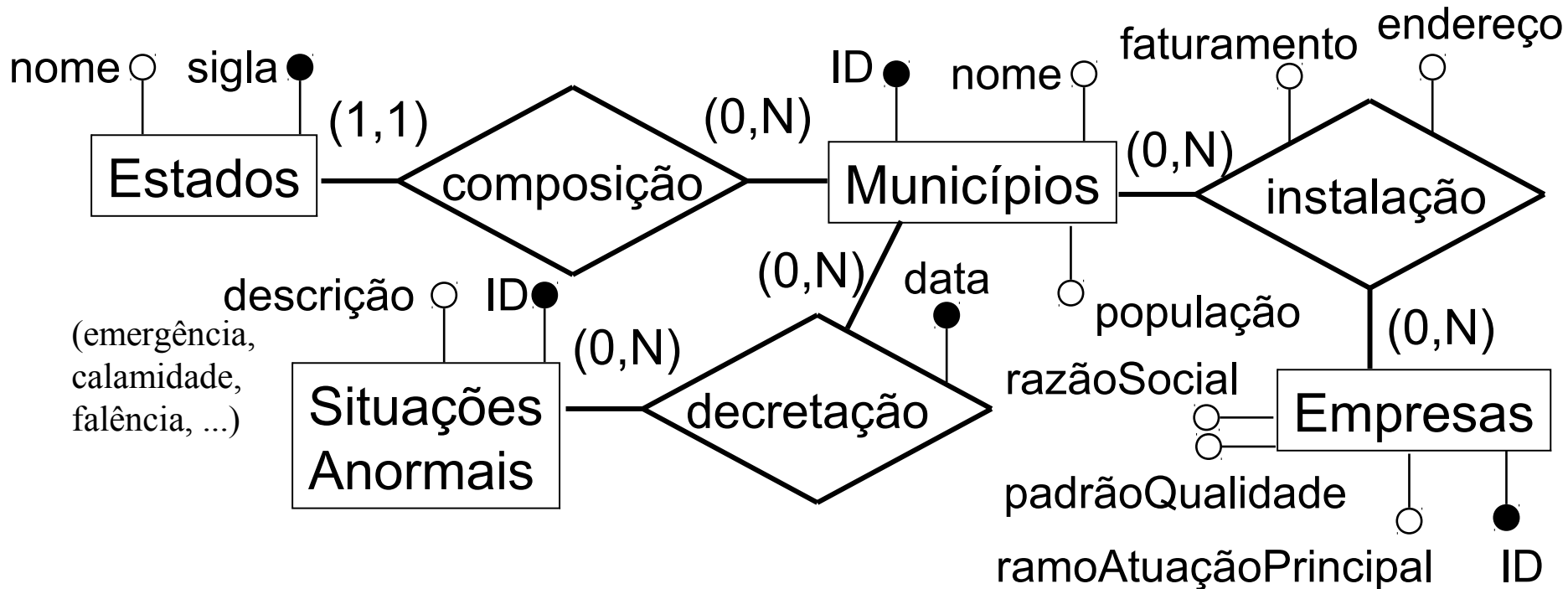
→ é melhor modelar o relacionamento como **temporal**!

# Exemplo3 – Modelagem Temporal Correta



# Exercício

- Dada a modelagem ER convencional abaixo



- transforme-a em uma modelagem *TempER*, considerando aspectos temporais relevantes. Modele pelo menos 1 entidade temporal, 1 relacionamento temporal e 1 atributo temporal
- apresente uma modelagem relacional para a sua modelagem *TempER*. Para cada tabela temporal, defina o rótulo temporal e o *chronon*