

realização desta dissertação. Os estudos citados são mostrados detalhadamente a seguir na seção 2.2.

## 2.2 Áreas relacionadas

Esta seção mostra os estudos feitos no modelo relacional, linguagem SQL, tecnologia XML e trabalhos relacionados, os quais fazem parte do escopo da dissertação.

### 2.2.1 Restrições de integridade em bancos de dados relacionais

O termo “integridade” refere-se à *precisão* ou *correção* de dados no banco de dados. Assim, as regras de integridade fornecem a garantia de que mudanças feitas no banco de dados por usuários autorizados não resultem em perda da consistência de dados, protegendo o banco de dados de danos acidentais (DATE, 2000, SILBERCHATZ *et al.*, 1999).

Caso as restrições de integridade dos dados no banco de dados não sejam garantidas, têm-se valores não desejados, valores desconhecidos ou nulos e relacionamentos perdidos ou incorretos. Quando uma nova restrição de integridade é declarada, o banco de dados deve efetuar uma validação e aceitar ou não a restrição de integridade. Uma vez aceita, a restrição de integridade é verificada pelo sistema gerenciador do banco de dados toda vez que uma modificação é feita nos dados aos quais ela se refere.

Existe uma grande variedade de restrições de integridade em bancos de dados relacionais. DATE (2000) classifica-as como: restrições de tipo (domínio), restrições de atributo, restrições de variáveis de relação (tuplas), restrição de banco de dados, restrições de transição de estados, restrições de chaves, restrições de integridade referencial e restrições quanto ao momento de verificação. Já SILBERCHATZ *et al.* (1999) classificam-nas como restrições de domínio, restrições de chaves, restrições de formas de relacionamentos e restrições de integridade referencial. ELMASRI & NAVATHE (2000) classificam as restrições de integridade da seguinte maneira: restrições de domínio, restrições de chave, restrições de entidade e restrições de integridade referencial. HEUSER (2001) classifica as restrições de integridade como:

integridade de domínio, integridade de vazio (se o atributo é obrigatório ou opcional), integridade de chaves e integridade referencial.

Com base nas classificações dos autores citados acima, pode-se concluir que as classificações existentes na literatura são, em alguns casos, conflitantes. Portanto, esta dissertação define uma nova classificação de restrições de integridade, conforme segue: restrições de domínio (DATE, 2000; SILBERCHATZ *et al.*,1999; ELMASRI & NAVATHE, 2000; HEUSER, 2001), restrições de chaves (DATE, 2000; SILBERCHATZ *et al.*,1999; ELMASRI & NAVATHE, 2000; HEUSER, 2001), restrições de integridade referencial (DATE, 2000; SILBERCHATZ *et al.*,1999; ELMASRI & NAVATHE, 2000; HEUSER, 2001) e restrições quanto ao momento de verificação (DATE, 2000). Além dessas, definiu-se uma nova categoria, denominada de restrições baseadas em eventos, que são restrições que podem ser impostas através da chamada de um procedimento por uma aplicação, ou de através da execução de um gatilho por um evento ocorrido no banco de dados. Essa classificação é vista com mais detalhes a seguir.

#### **a) Restrições de domínio**

Restrições de domínio são as mais elementares formas de restrições de integridade, sendo verificadas toda vez que um item é incorporado ou modificado no banco de dados. Essas restrições não somente verificam os valores inseridos ou modificados no banco de dados, mas também testam consultas para garantir que comparações feitas tenham sentido. ELMASRI & NAVATHE (2000) definem restrições de domínio como a especificação de quais valores cada atributo deve ter. Isso pode ser feito através de especificação de tipos de dados associados aos domínios, ou através da definição de valores válidos para o tipo, ou ainda, através de instruções que verificam quais são os valores válidos para este tipo. Portanto, as restrições de domínio podem ser classificadas da seguinte maneira:

- restrições de atributo: é (ou é logicamente equivalente a) apenas uma enumeração de seus valores válidos. Como exemplo, define-se um atributo PESO e impõe-se uma restrição que o atributo PESO deve ser maior que zero. Então, qualquer expressão

de atualização que for avaliada para esse atributo deverá obedecer a essa restrição; caso contrário, irá falhar.

- restrições de tipo: é apenas uma declaração para o efeito de que um atributo seja de um tipo especificado, ou seja, as restrições de tipo fazem parte da definição do atributo em questão e podem ser identificadas por meio do tipo correspondente. Por exemplo, na definição do atributo VDATA (DATE), o atributo VDATA possui o seu valor limitado ao tipo DATE.
- restrições de tupla: é uma restrição sobre uma tupla individual, podendo incorporar restrições sobre vários atributos da mesma. As restrições de tupla geralmente são executadas logo após qualquer instrução que possa fazer com que elas sejam violadas. Por exemplo, uma pessoa só poderá passar para o estado civil 'casado' se a sua idade for superior a 18 anos.
- restrições de banco de dados: é uma restrição que envolve duas ou mais tuplas distintas. Neste caso, é necessário que todas as restrições de tupla envolvidas sejam atendidas; caso contrário, a operação não será efetivada. Por exemplo, o somatório dos valores de um atributo quantidade de uma tabela itens de pedido não pode ser maior que o valor do atributo quantidade total de uma tabela de pedidos.
- restrições de transição de estado: estão relacionadas com os estados corretos dos valores dos atributos do banco de dados, garantindo que a transição de um estado correto para outro seja válida. Por exemplo, num banco de dados de pessoas, pode haver uma série de restrições de transição relacionadas à mudança de estado civil. A passagem do estado SOLTEIRO para CASADO é válida, porém não é válida a passagem do estado SOLTEIRO para VIÚVO.

#### **b) Restrições de chaves**

Segundo DATE (2000), o modelo relacional sempre enfatizou o conceito de chaves, embora seja na realidade apenas um caso especial de restrições. Chave é o conceito básico para identificar linhas e estabelecer as suas relações em bancos de dados

relacionais (HEUSER, 2001). Podem-se classificar as chaves como candidatas, primárias ou alternativas e estrangeiras:

- chaves candidatas: seja  $X$  um conjunto de atributos de uma tupla  $Y$ .  $X$  é uma chave candidata se obedecer às propriedades de unicidade e irredutibilidade. A propriedade de unicidade é estabelecida quando nenhum valor válido de  $Y$  contém duas tuplas com o mesmo valor de  $X$ . A irredutibilidade é dada quando nenhum subconjunto de  $X$  tem a propriedade da unicidade, ou seja, as chaves candidatas não devem incluir atributos que sejam irrelevantes para fins de identificação única. Pode ser que exista mais de uma chave candidata em uma tupla;
- chaves primárias ou alternativas: no caso de existir mais de uma chave candidata, o modelo relacional exige que, pelo menos, uma dessas chaves seja definida como chave primária. As outras são chamadas, automaticamente, de chaves “alternativas”;
- chaves estrangeiras: é um conjunto de atributos de uma tupla cujos valores devem, obrigatoriamente, corresponder a valores de alguma chave primária de uma outra ou da mesma tupla.

Com base nas restrições de chaves, alguns pontos importantes podem ser observados: (i) uma chave estrangeira deve possuir um valor correspondente ao de uma chave primária. Já o contrário não é verdadeiro; (ii) uma chave estrangeira é simples ou composta se a chave primária é simples ou composta; (iii) cada atributo da chave estrangeira deve possuir o mesmo tipo de dado do atributo correspondente da chave primária associada.

### c) Restrições de integridade referencial

O problema de garantir que o banco de dados não inclua valores inválidos de chave estrangeira é conhecido como o problema de integridade referencial.

A integridade referencial garante que o banco de dados não deve conter quaisquer valores de chaves estrangeiras não associados a uma chave primária, ou seja, se  $B$  faz relação a  $A$ , então  $A$  deve existir.

#### **d) Restrições quanto ao momento da verificação**

Outra classificação de restrições de integridade em bancos de dados é quanto à questão de quando a verificação é feita. Geralmente, definem-se duas categorias de verificação: imediata e postergada.

No caso imediato, a verificação é feita no momento da ocorrência de uma operação, ou seja, imediatamente. Já no caso postergado, as restrições são verificadas no momento que a instrução COMMIT<sup>2</sup> é executada ou em algum momento posterior a execução da operação, sendo esse momento definido pelo usuário. Caso a restrição seja violada, a operação não é executada. Por exemplo, quando se necessita alterar os valores de um determinado atributo código que é chave primária, soma-se a eles um valor em todas as tuplas da relação. Essa operação só poderá ser efetivada no momento que todos os valores do atributo código forem alterados, para não haver problema de violação de unicidade na relação durante o processo. Se não houver violações, executa-se o COMMIT; do contrário, a operação é desfeita.

#### **e) Restrições baseadas em eventos**

Existem restrições de integridade que podem ser programadas pelo usuário, e cuja verificação é independente da execução de operações de atualização no banco de dados. Essas restrições são denominadas restrições de integridade baseadas em eventos. Neste caso, as restrições são verificadas através de uma chamada da aplicação. Um exemplo é um procedimento que efetua o pagamento automático de uma conta, ou seja, se o dia do vencimento da conta é igual a um determinado dia do mês, então a conta é paga e as atualizações de saldo são feitas automaticamente no banco de dados.

No caso de a verificação ser dependente de atualizações no banco de dados, as restrições são impostas pelo SGBD (Sistema de Gerência do Banco de Dados) e o recurso que geralmente é utilizado para implementar esse tipo de operação são os gatilhos. Gatilhos são comentados na próxima seção.

---

<sup>2</sup> COMMIT indica o término de uma operação bem-sucedida. Todas as operações feitas são gravadas.