

Centro de Ciências Exatas, Ambientais e de Tecnologias

*Faculdade de Análise de Sistemas
Curso de Engenharia de Software*

Banco de Dados A *Modelagem de Dados*

1º Semestre de 2021

Prof. André Luís dos R.G. de Carvalho

Índice

ÍNDICE	1
MODELAGEM DE DADOS.....	3
A CONSTRUÇÃO DO MODELO DESCRITIVO.....	4
A CONSTRUÇÃO DO MODELO CONCEITUAL	6
<i>O MER</i>	6
<i>A Construção dos Modelos Conceituais Parciais</i>	17
<i>A Construção do Modelo Conceitual Global</i>	18
A CONSTRUÇÃO DO MODELO LÓGICO.....	19
<i>A Construção do Modelo Lógico Preliminar</i>	19
<i>A Construção do Modelo Lógico Otimizado</i>	22
A IMPLEMENTAÇÃO DOS PROGRAMAS APLICATIVOS	22
APÊNDICE A: EXERCÍCIOS DE MODELAGEM DE DADOS	23

Modelagem de Dados

No processo de modelar dados, segue-se uma rotina de vários passos que conduzem do mundo real à criação de um BD.

1. O mundo real do ponto de vista formal é muito nebuloso. Este mundo é povoado por seres, fatos, coisas, etc.

Faz-se necessária uma organização deste mundo, o que, normalmente, se dá através do levantamento de informações a respeito da porção do mundo real que é de interesse no escopo computacional em questão.

Estas informações, organizadas ainda de uma forma informal, são constituídas por relatórios escritos em uma linguagem natural (português, inglês, etc.) e podem conter um simbolismo difícil de ser entendido.

Este é um nível dito descritivo, pois procura-se descrever o mundo real por meio de frases.

Não existem regras formais para desenvolver este modelo, pois tanto o mundo real quanto o modelo descritivo não são formais.

2. Vencidas todas estas dificuldades e de posse de um modelo descritivo do mundo real, poderemos passar à descrição das estruturas e transações envolvidas no modelo descritivo, construindo o modelo conceitual do BD.

O modelo aqui desenvolvido deve ser estritamente formal, o mais próximo possível dos formalismos matemáticos. Este modelo em geral é feito baseado em símbolos para os quais deve haver uma conceituação rigorosa.

Sem dúvida podemos dizer que o modelo descritivo também é um modelo conceitual, mas sempre que nos referirmos ao modelo conceitual da base de dados, estaremos nos referindo a este modelo conceitual formal.

Em geral, a construção do modelo conceitual de um BD se processa em duas fases: a fase dos modelos conceituais parciais e a do modelo conceitual global. Exploraremos com mais riqueza de detalhes esta modelagem a medida que prosseguirmos nosso estudo.

3. Desta fase para frente, a tarefa modelar um BD se torna bastante mais amena, uma vez que não mais lidamos com informações informais, mas sim com um modelo conceitual bem e formalmente definido.

Nosso objetivo nesta fase é a construção do modelo interno do BD, ou seja, definir as representações internas dos dados e dos programas.

Este modelo, em geral, permanece sempre desconhecido para os usuários do BD que ignoram (uma vez que não lhes interessa) como seus dados estão descritos internamente, isto é, como as estruturas de dados fornecidas por eles são gravadas internamente no BD.

Esta fase também é feita em duas etapas: a construção de um modelo interno preliminar e a otimização deste. Voltaremos a abordar este assunto mais para frente neste texto.

4. Por fim, vem a fase da implementação dos programas que manipularão os dados a fim de realizar os objetivos funcionais inicialmente estabelecidos.

No caso de realizarmos a implementação do BD fazendo uso de um SGBD, nós também desconhecemos a maneira pela qual os dados serão internamente armazenados e interagiremos com o SGBD para solicitar o acesso ao BD.

No caso da implementação ser feita com a utilização de uma linguagem tradicional de programação, teremos que nos preocupar mais ou menos com este tipo de coisa, dependendo dos recursos que a linguagem de programação coloque à disposição.

A Construção do Modelo Descritivo

Esta fase se caracteriza por ser extremamente subjetiva e de vital importância para o sucesso do sistema de computação que se tenciona desenvolver. Diversos fatores contribuem grandemente para a dificuldade da execução desta fase, a saber:

- Dificuldades de ordem técnica (estas dificuldades de certa forma são até esperadas, tendo em vista a inexistência de métodos precisos para a realização das tarefas desta fase);
 - Dificuldades de natureza política (quando os grupos de usuários possuem interesses conflitantes e não se conseguem chegar a uma solução consensual);
-

- Problemas de comunicação (sabemos que a linguagem que utilizamos para nos comunicarmos é uma linguagem informal e imprecisa, gerando a possibilidade de múltiplas interpretações; sabemos ainda que outra grande fonte de problemas reside na diferença de contextos e vocabulários que existe entre profissionais de informática e usuários de uma maneira geral);
- Omissões voluntárias ou involuntárias de informação (as omissões voluntárias são, vias de regra, causadas pela insegurança dos usuários. Muitos, por questão de ignorância ou desinformação, temem perder seus lugares com o advento do sistema. Por outro lado, as omissões involuntárias em geral são causadas pelo fato de que para os usuários, muitas das coisas que fazem parte das suas atividades são tão óbvias que eles acham irrelevantes, acabando por omitir informações importantes);
- Ignorância e mistificação a cerca do que seja e do que seja capaz um computador (ainda nos dias de hoje, há quem pense que basta por no computador para ter tudo resolvido, há quem ainda veja o computador como uma caixinha de milagres);
- Tabu (muitos usuários vêem tudo que se relaciona com informática como sendo algo hermético, e inacessível.

Muitos ainda acham tudo relacionado com informática extremamente complicado e nutrem uma espécie de aversão preconceituosa a tudo relacionado à computação.

Neste contexto, não tentam entender nossos "feed backs", acham de devemos saber o que estamos fazendo, para que se intrometer no assunto?);

- Visualização global (muitas vezes, principalmente quando ainda nos falta experiência, podemos encontrar dificuldade em enxergar o problema a enfrentar como um todo, nos sentindo perdidos em meio aos inúmeros detalhes envolvidos na situação).

Já mencionamos anteriormente que a tecnologia de BD vem para aglutinar dados de aplicações tradicionalmente esparsos, redundantes, incoerentes e incompletos.

Desta maneira, todas aplicações deixariam de manter seus próprios tabelas e passariam a armazenar seus dados no BD.

Naturalmente, neste processo de aglutinação, acabaremos angariando para o BD dados que são de interesse de certas aplicações, mas não de outras.

Uma vez que cada aplicação manipula do BD a parte que lhe é devida e desconhece todo o resto dos dados que por ventura lá existam armazenados, podemos dizer que as aplicações não possuem uma visão global do BD; cada aplicação vê o BD como sendo o subconjunto dos dados do BD que utiliza para a realização de suas funções.

Assim, existirão várias visões do BD, uma para cada aplicação.

O produto desta fase deverá ser uma especificação, aplicação por aplicação, dos dados e operações envolvidas na porção do mundo real de interesse da aplicação.

A Construção do Modelo Conceitual

Poderíamos definir esta fase como sendo a construção de uma representação do conhecimento de uma organização orientada para a representação dos dados envolvidos e das relações dos dados entre si.

Tem-se por objetivo captar o mais fielmente possível a realidade da organização a fim de prover base para a implantação física de um BD.

Como dissemos anteriormente, a construção do modelo conceitual é feita normalmente em duas fases: a construção dos modelos conceituais parciais (um para cada aplicação identificada na fase anterior) e a integração deles na formação do modelo conceitual global.

Para ambas, lançaremos mão de uma técnica de modelagem conhecida pelo nome de MER.

O MER

Dentre as técnicas para a modelagem de dados mais amplamente usadas, podemos destacar o Modelo Entidade Relacionamento que, doravante, chamaremos apenas de MER.

O MER, conforme foi proposto por seu autor, Peter Chen, apresentava algumas restrições e inadequações, que foram sanadas através de extensões feitas ao modelo. Em nosso estudo, abordaremos o modelo estendido, embora ainda façamos referência a ele simplesmente por MER.

Daremos início ao estudo do MER através de algumas definições:

1. Entenderemos por entidade qualquer coisa que exista no mundo real da qual se tenha necessidade de ter informações;
2. Entenderemos por conjunto de entidades um conjunto constituído por entidades de um mesmo tipo;
3. Entenderemos por relacionamento qualquer vínculo entre entidades sobre o qual se tenha necessidade de ter informações;
4. Entenderemos por conjunto de relacionamentos um conjunto constituído por relacionamentos de um mesmo tipo;
5. Entenderemos por atributo qualquer informação necessária a respeito de uma entidade ou de um relacionamento;
6. Por fim, entenderemos por restrição qualquer exigência que se faça a respeito de qualquer dos itens que definimos acima.

O MER é um modelo que expressa, cada um dos conceitos acima, através de um simbolismo gráfico.

Conjuntos de entidades são representadas por um retângulo com uma inscrição interna representando o nome da entidade. Os nomes são no singular por convenção. Considere os exemplos de entidades abaixo.



Conjuntos de relacionamentos são representados por um losango com uma inscrição interna representando o nome do conjunto de relacionamentos. Os nomes são no singular por convenção.

Como vista que todo conjunto de relacionamentos vincula sempre duas entidades, temos que sempre existem dois sentidos associados a ele, e em última instância a um conjunto de relacionamentos.

Acrescentamos, por esta razão, ao losango duas setas com sentidos opostos, representando com elas os dois sentidos dos relacionamentos do conjunto de relacionamentos. Sobre estas setas, inscrevem-se frases especificando cada um dos dois sentidos.

O exemplo abaixo simboliza um conjunto de relacionamentos que contém relacionamentos que vinculam entidades que representam empregados no mundo real com entidades que representam departamentos de uma empresa no mundo real.



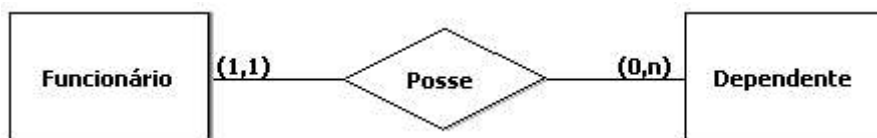
Conjuntos de relacionamentos têm sempre duas cardinalidades (uma para cada sentido dos relacionamentos) que expressam restrições com respeito àquele conjunto de relacionamentos.

Uma cardinalidade é escrita como um par de valores numéricos separados por uma vírgula. N representa um valor desconhecido, podendo ser arbitrariamente grande.

As cardinalidades de um conjunto de relacionamentos costumam ser posicionadas em lados opostos do losango, no sentido das setas.

O exemplo abaixo já contém uma carga semântica um pouco mais pesada que os anteriores. Queremos dizer com ele é que funcionários se vinculam com dependentes pelo conjunto de relacionamentos Posse. As setas nos dizem que funcionários têm dependentes e que dependentes são de funcionários.

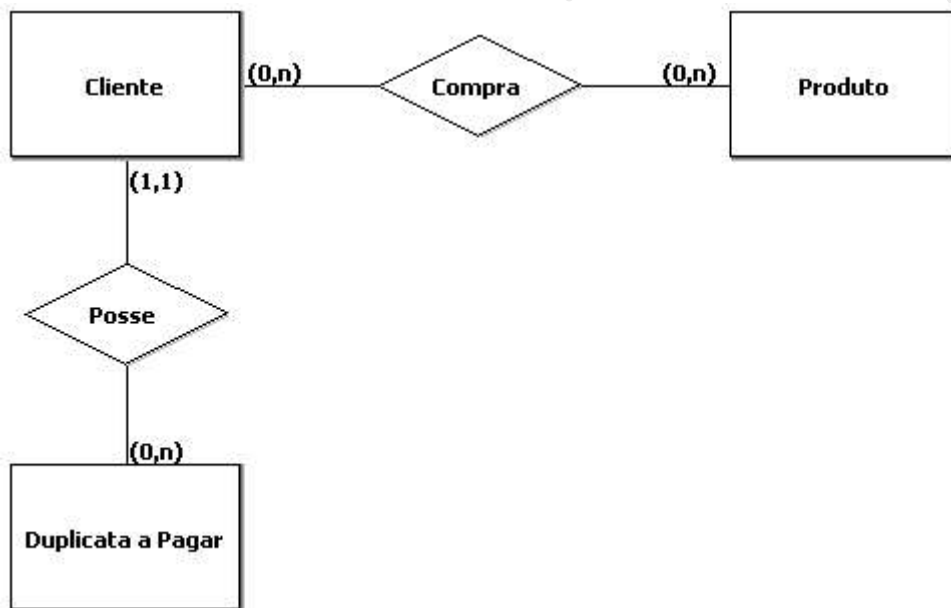
Lemos o modelo abaixo da seguinte maneira: um funcionário tem de 0 até N dependentes, e um dependente é de 1 e sempre um funcionário.



Como no mundo real cada conjunto de entidades pode associar-se a outros conjuntos de entidades, também, no modelo, poderemos expressar este fato.

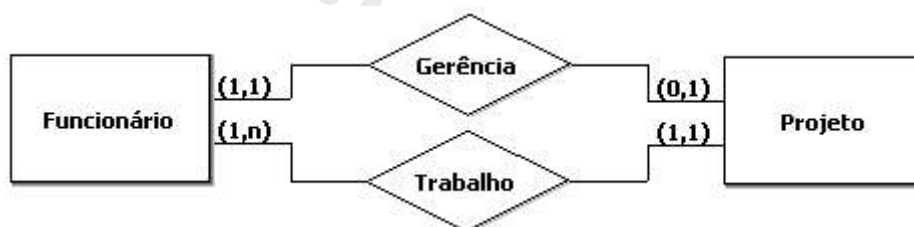
Considere o exemplo abaixo. Nele expressamos que clientes se relacionam pelo conjunto de relacionamentos Compra com Produtos e também com duplicatas a pagar pelo conjunto de relacionamentos Posse.

Cada Cliente compra de 0 até N Produtos e cada Produto é comprado por de 0 até N Clientes. Cada Cliente tem de 0 até N Duplicatas a pagar e cada Duplicata a pagar é de 1 e sempre 1 Cliente.



Também à semelhança do mundo real, dois conjuntos de entidades podem estar associados através de mais de um conjunto de relacionamentos.

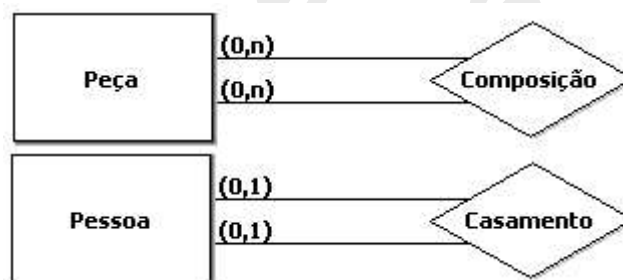
Veja o exemplo abaixo. Nele, Funcionários se relacionam com Projetos através dos conjuntos de relacionamentos Lotação e Gerência. Cada Funcionário está lotado em 1 e sempre 1 Projeto e cada Projeto lota de 1 até N Funcionários. Além disto, cada Funcionário pode gerenciar ou não um Projeto e cada Projeto é gerenciado por 1 e sempre 1 Funcionário.



Conjuntos de auto relacionamentos expressam relacionamentos entre entidades de um mesmo conjunto de entidades. No exemplo abaixo temos dois casos de conjunto de auto relacionamentos.

No primeiro, peças se relacionam com peças pelo conjunto de auto relacionamentos Composição. Cada peça compõe de 0 até N peças e, por outro lado, cada peça pode compor de 0 até N peças.

No segundo, pessoas se relacionam com pessoas pelo relacionamento casamento. Cada pessoa pode ser casada ou não com outra pessoa.



Conjuntos de entidades podem ser fracos com relação a outros. Isto significa que não fazem sentido se o conjunto de entidades forte.

Conjuntos de entidades fracos podem ter, como parte de sua chave primária, a chave primária da entidade forte.

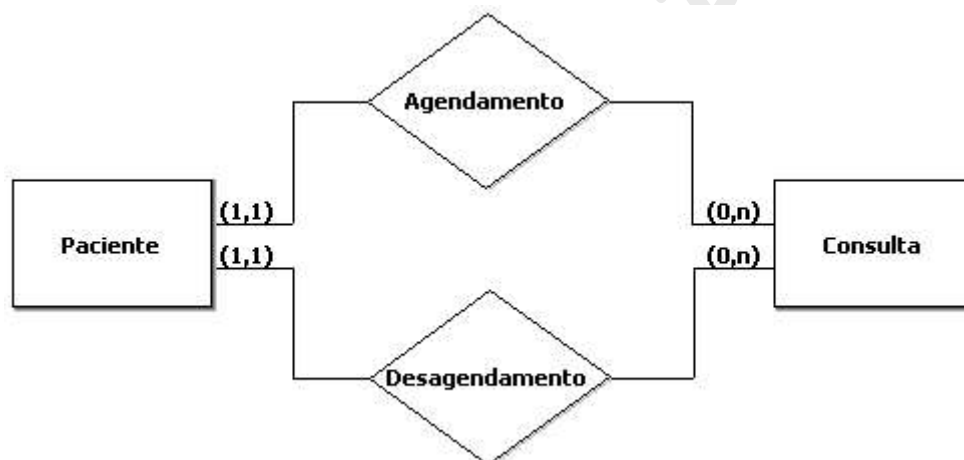
O MER é um modelo para expressar dados e seus vínculos que se tem interesse de manter. Por esta razão, não expressamos em um MER nem operações (uma vez que não são dados nem vínculos entre dados) nem dados sobre os quais não se tenha interesse.

Assim, no exemplo abaixo, mostramos o conjunto de entidades Paciente relacionada com a entidade consulta pelos conjuntos de relacionamentos Agendamento e Desagendamento.

A menos que se tenha uma boa razão para se guardar desagendamentos, desagendamento é uma operação que se faz sobre o conjunto de relacionamentos agendamento.

Quando desejamos agendar uma consulta, geramos um relacionamento no conjunto de relacionamentos Agendamento, quando desejamos desagendar uma consulta, simplesmente

retiramos um relacionamento do conjunto de relacionamentos Agendamento, não precisamos de um conjunto de relacionamentos Desagendamento.



Atributos representam as informações que se deseja manter a respeito de um conjunto de entidades ou relacionamentos.

Segundo suas funções, os atributos se classificam em chave primária e atributo comum (chaves estrangeiras não são permitidas neste modelo). Atributos comuns podem ser simples, compostos, facultativos ou iterativos.

Conforme veremos adiante, existe ainda um outro tipo de atributo, mas deixaremos para comentar a seu respeito mais para frente.

Chave primária é o menor conjunto de atributos que identifica unicamente uma única entidade em um conjunto de entidades ou um único relacionamento em um conjunto de relacionamentos.

Todo conjunto de entidades e todo conjunto de relacionamentos possuem chave primária, embora ela, em geral, não seja sempre explicitada.

Às vezes, esta combinação de chaves não é o suficiente para identificar unicamente um relacionamento em um conjunto de relacionamentos (pela possibilidade da existência de mais de um relacionamento entre os mesmos duas entidades dos mesmos dois conjuntos de entidades em um conjunto de relacionamentos).

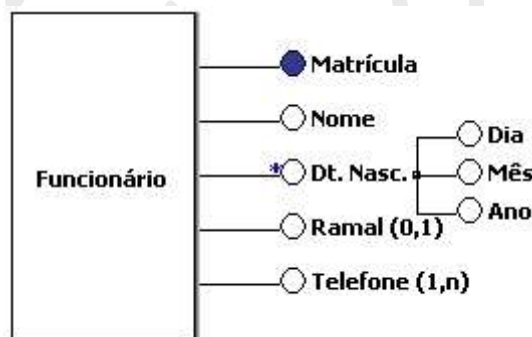
Neste caso, a solução é indicar, explicitamente, uma chave primária para o conjunto de relacionamentos.

Vale a pena ressaltar o fato de que o uso de atributos iterativos NÃO CONSTITUI BOA PRÁTICA DE MODELAGEM, já que atributos dessa natureza são somente implementáveis em arquivos de dados, não sendo possíveis de serem expressos em bancos de dados. São, portanto, somente aceitáveis se for sabido de antemão que a modelagem se destina a uma implementação com arquivos de dados.

Podemos ainda chamar a atenção para o fato de que usar atributos facultativos também NÃO CONSTITUI BOA PRÁTICA DE MODELAGEM, já que sua implementação sempre acarreta desperdício de espaço, já que levam à reserva de um espaço para seu armazenamento no qual seria constariam valores nulos.

Aconselha-se que em paralelo à construção do modelo, vá se construindo também um *dicionário de dados* contendo informações sobre os dados do BD (nome, tipo, tamanho, sistemas em que está envolvido e em que operações, etc.).

Qualquer que seja o tipo do atributo, eles sempre são representados por uma haste com um símbolo em uma das extremidades que indica o tipo do atributo seguido do nome do atributo. Veja abaixo o símbolo de cada um dos atributos acima mencionados.



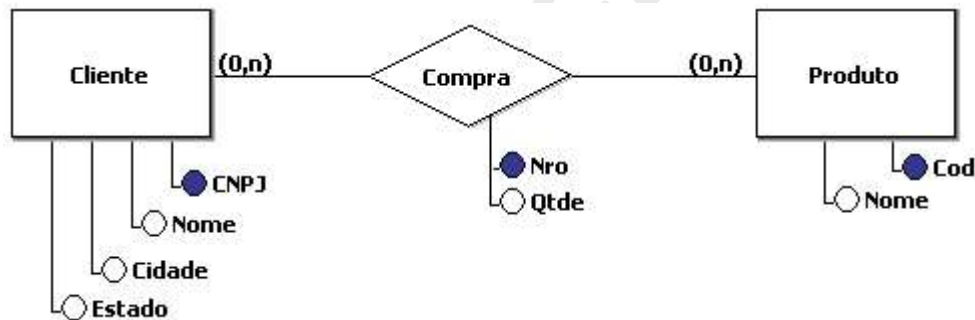
Podemos observar na figura acima 5 atributos, sendo que o 1º é chave primária, o 2º é um atributo simples, o 3º é um atributo composto, o 4º é um atributo facultativo e o 5º é um atributo iterativo.

Veja no exemplo abaixo atributos apropriadamente dispostos em conjuntos de entidades e de relacionamentos.

O que se pretende expressar é que o conjunto de entidades Cliente tem como chave primária o atributo CNPJ e, como atributos comuns, Nome, Cidade e Estado.

O conjunto de entidades Produto tem como chave primária o atributo Cod e, como atributo comum, Nome.

Por fim, o conjunto de relacionamentos Compra tem como chave adicional o atributo Data e, como atributo comum, Qtd.



Às vezes, conjuntos de entidades se classificam em tipos, cada qual tendo atributos próprios e diferenciados. Surge para isto o conceito de hierarquia.

Existem dois tipos de hierarquias conforme se pode observar no exemplo abaixo.

O primeiro desenho representa uma hierarquia sem interseção e o segundo uma com interseção.

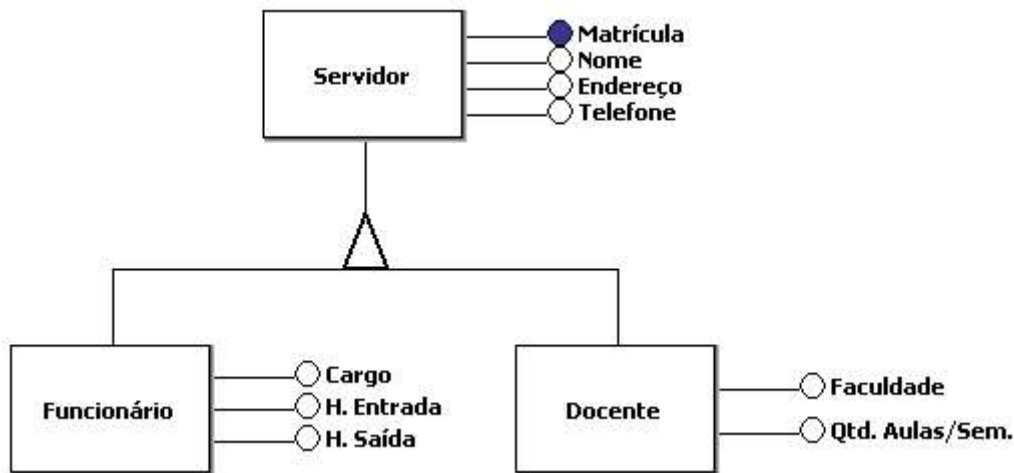
Qualquer que seja o tipo de uma hierarquia, o conjunto de entidades superior detém os atributos comuns a todos os membros da hierarquia e, os inferiores, os atributos próprios a cada uma delas.

É perfeitamente possível se ter árvores de hierarquia mais profundas, isto é, hierarquias sob hierarquias. Também é possível se ter mais de uma hierarquia sob um mesmo conjunto de entidades.

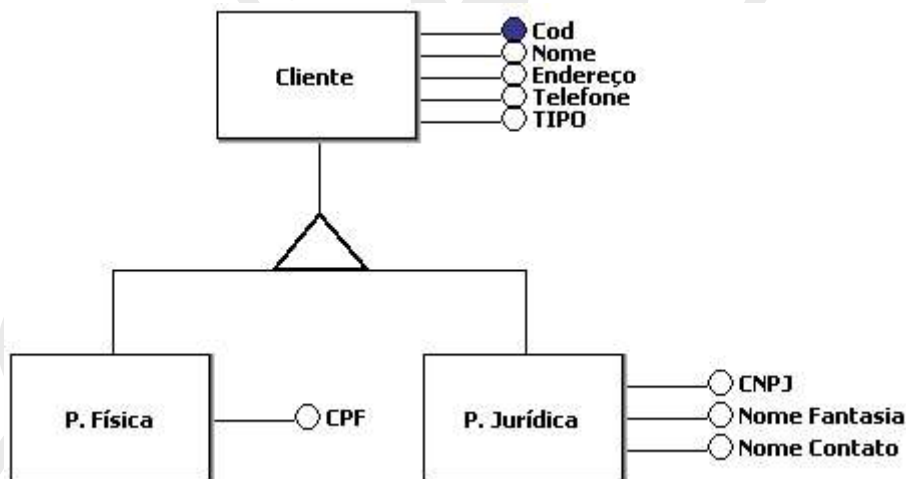
Conjuntos de entidades que participam de uma hierarquia são conjuntos de entidades como outros quaisquer, portanto podem ter seus próprios atributos e podem se associar a outros conjuntos de entidades através de conjuntos de relacionamentos.

Não faz sentido existir uma hierarquia em que não haja atributos nos conjuntos de entidades inferiores.

No modelo abaixo, vemos que servidores podem ser funcionários ou docentes, podendo um servidor ser simultaneamente funcionário e docente.



No modelo abaixo, vemos que clientes podem ser pessoas físicas ou pessoas jurídicas, não podendo um cliente que é pessoa física ser também pessoa jurídica, e nem vice-versa.



Surge com as hierarquias sem interseção aquele último tipo de atributo que havíamos mencionado acima. Trata-se do atributo classificador, que serve para dizer de que tipo (onde se encontra nos conjuntos de entidades inferiores) é cada entidade do conjunto de entidades superior.

Este tipo de atributo tem seu nome grafado letras maiúsculas. Note no exemplo acima, que além da novidade do atributo classificador, podemos observar que não se usa colocar chave primária nos conjuntos de entidades inferiores de uma hierarquia uma vez que, já que estas

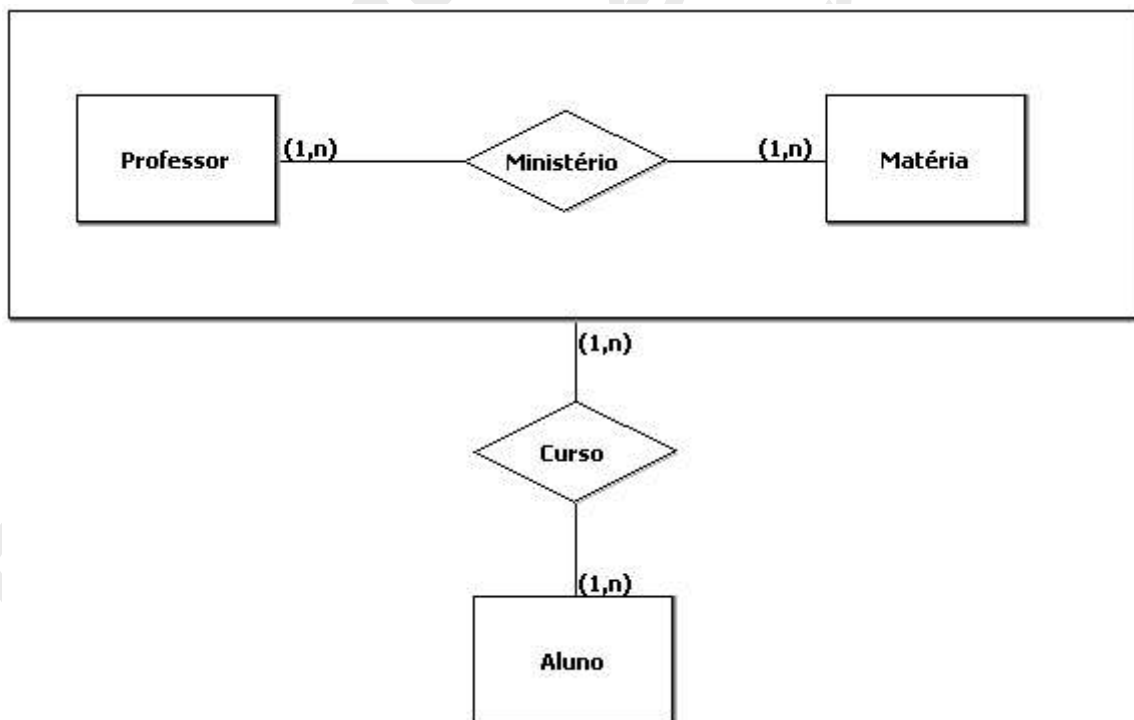
têm como chave primária a chave primária do conjunto de entidades superior, é prática deixá-las subentendidas.

O último conceito que introduziremos é o conceito de agregação.

Usa-se agregação quando se tem dois conjuntos de entidades associados através de um conjunto de relacionamentos, e se deseja relacionar, através de outro conjunto de relacionamentos, uma terceira entidade não com a primeira entidade, nem com a segunda, mas com o conjunto de relacionamentos que existe entre eles.

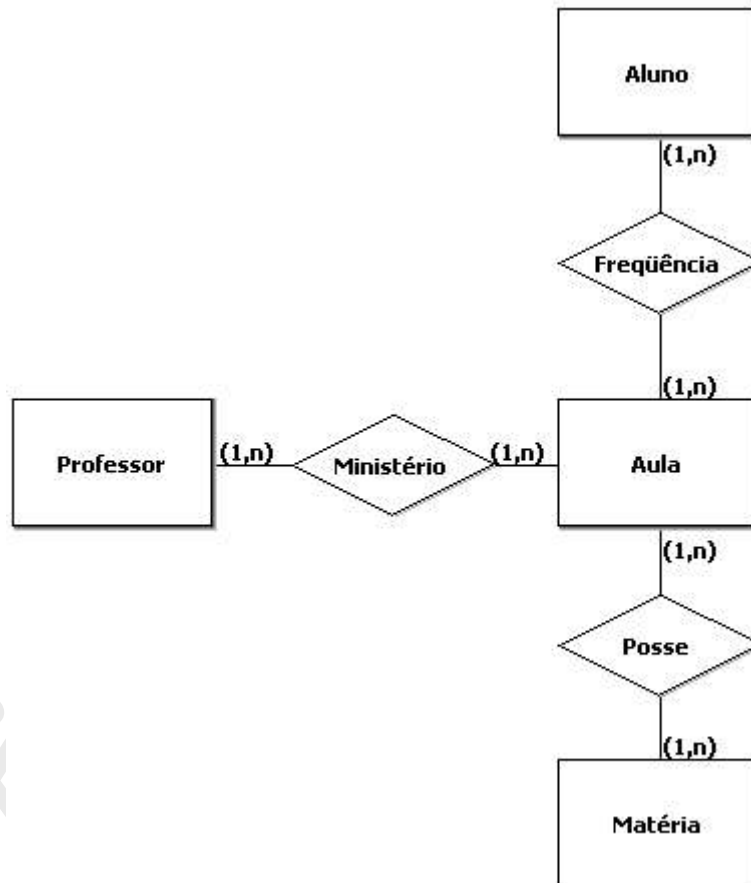
Agregados têm como chave primária a chave do seu conjunto de relacionamentos interno.

No exemplo abaixo, temos o conjunto de entidades Aluno relacionado não com o conjunto de entidades Professor, não com o conjunto de entidades Matéria, mas sim com o conjunto de relacionamentos Ministério.



Um agregado pode ser evitado se introduzirmos, no lugar do conjunto de relacionamentos que define o agregado, um conjunto de entidades (que chamamos de conjunto associativo de entidades) associado, não apenas aos conjuntos de entidades que definiam o agregado, mas também ao conjunto de entidades que se relaciona com o agregado.

No exemplo abaixo, temos o conjunto de entidades Aula relacionado (1) pelo conjunto de relacionamentos Frequência, com o conjunto de entidades Aluno; (2) pelo conjunto de relacionamentos Ministério, com o conjunto de entidades Professor; e (3) pelo conjunto de relacionamentos Posse, com o conjunto de entidades Matéria.



Segue agora um exemplo mais complexo que envolve muitos dos conceitos que estudamos até o momento. Considere a situação descrita abaixo e observe seu MER logo em seguida.

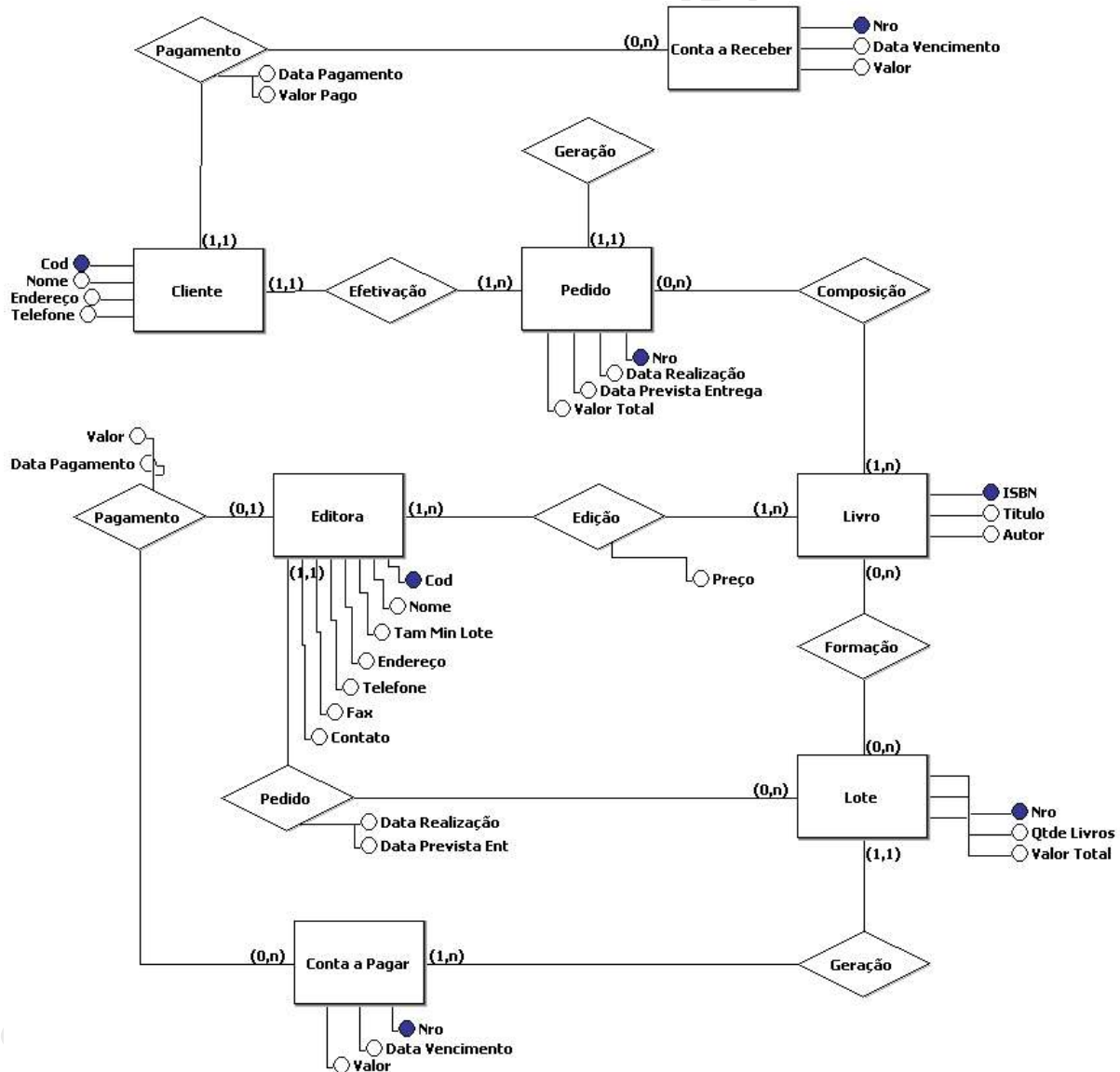
Uma companhia de comércio de livros trabalha recebendo pedidos de livros dos clientes, encomendando-os para editoras e remetendo-os aos clientes assim que disponíveis.

Os pedidos de compra a editoras são feitos em lotes para que a companhia possa desfrutar de descontos por fazer encomendas maiores.

As remessas aos clientes são feitas assim que o pedido estiver completamente atendido.

Quando da entrega, o cliente recebe também um aviso de cobrança para que possa efetuar o pagamento (o cliente paga somente após ter recebido os livros encomendados).

As editoras, por sua vez, de posse dos pedidos, enviam à companhia juntamente com os livros, uma guia de remessa (para possibilitar a companhia conferir os produtos enviados com os realmente recebidos) e uma fatura que deverá ser liquidada pela companhia.



A Construção dos Modelos Conceituais Parciais

Esta parte do modelo conceitual tem duas componentes: uma representação gráfica e uma linguagem descritiva.

Representaremos graficamente os dados e suas relações e utilizaremos a linguagem descritiva a fim de descrever as operações que são realizadas sobre os dados. Desta maneira, teremos expressado no modelo, tanto os aspectos estáticos (dados), como dinâmicos (operações).

Deve-se ainda expressar neste modelo restrições semânticas e de integridade.

Para representar graficamente os dados, suas relações, e algumas restrições semânticas e de integridade, sugere-se que se use o MER.

Para descrever as operações que são realizadas sobre os dados e outras restrições semânticas e de integridade que não puderam ser representadas graficamente através do MER, sugere-se que se use algo como português estruturado.

É imprescindível atentar para o fato de que, durante a construção dos MER, deve-se evitar ao máximo pensar em processos, tabelas e fluxos de informação. Em um modelo de dados, só devem aparecer os dados que são usados na aplicação modelada, e da maneira como são usados.

Assim, é perfeitamente possível haver um conjunto de entidades ou de relacionamentos em um modelo, apresentando um conjunto de atributos diferentes daquele que apresenta em um outro modelo de uma outra aplicação.

A chave primária de um conjunto de entidades ou de relacionamentos deve ser sempre a mesma, em todos os modelos parciais onde aparecerem.

A cardinalidade de um conjunto de relacionamentos também deve ser sempre a mesma, em todas os modelos onde o mesmo aparecer.

É possível que um conjunto de entidades apareça (1) como parte de uma hierarquia; (2) mantendo determinados conjuntos de relacionamentos; ou (3) como parte de um agregado em um modelo e em outro modelo não.

A Construção do Modelo Conceitual Global

O modelo conceitual global é construído a partir dos modelos conceituais parciais de uma maneira incremental.

Basicamente, tudo que deve ser feito é transportar, para um o papel em branco onde será construído o modelo conceitual global, todos os modelos conceituais parciais, sempre tendo o cuidado de fazer com que elementos do modelo parcial (conjuntos de entidades e de relacionamentos, atributos, agregados e hierarquias) que estão sendo transportados se sobreponham, de forma incremental, às suas versões já presentes no modelo global.

A Construção do Modelo Lógico

Como já havíamos comentado anteriormente, esta fase se compõe de duas subfases (a construção do modelo lógico preliminar e a otimização deste) que passaremos a detalhar em seguida.

A Construção do Modelo Lógico Preliminar

Podemos pensar que o objetivo desta fase é trabalhar o modelo conceitual global a fim de eliminar, ou melhor, transformar em conjuntos de entidades, qualquer coisa presente no modelo conceitual global que não seja um conjunto de entidades. O modelo conceitual assim trabalhado será o modelo interno preliminar.

Como perceberemos a seguir, os casos que teremos que analisar são, virtualmente, infinitos e, desta maneira, nosso objetivo nesta parte do estudo não é examinar cada caso, mas sim desenvolver uma linha de raciocínio que possa ser utilizada quando em face de uma situação real nova.

Por simplicidade, inicialmente deixaremos de lado qualquer tipo de MER diferente de dois conjuntos de entidades relacionados por um conjunto de relacionamentos.

Qualquer que seja a cardinalidade do conjunto de relacionamentos, sempre é possível reduzir o MER a três conjuntos de entidades. Em alguns casos é possível a redução a duas e até mesmo a uma.

Seremos sempre ambiciosos, desejando a máxima redução possível. Consideraremos a seguir algumas possibilidades para a cardinalidade do conjunto de relacionamentos.

- **Caso 1,1-1,1**

Nesta situação, cada entidade de A se relaciona com exatamente uma entidade de B (uma entidade de A possui exatamente um relacionamento no conjunto de relacionamentos R) e vice versa.

Desta maneira é possível a redução do MER a um único conjunto de entidades ARB que aglutinaria os atributos de A, de R e de B, naturalmente eliminando os possíveis atributos comuns.

- Casos $1,1-0,1$, $1,1-0,N$ e $1,1-1,N$

Neste caso, cada entidade de A pode estar relacionada com uma quantidade imprecisa de entidades de B. Cada entidade de B, por sua vez, sempre se relaciona com exatamente uma entidade de A.

Como não somos capazes de precisar a quantidade de relacionamentos que uma entidade de A poderá vir a manter com uma entidade de B, não poderemos aglutinar o MER em uma única entidade onde cada entidade representasse uma entidade de A, todos seus relacionamentos com entidades de B, e as próprias entidades de B relacionadas. Neste caso, aglutinaremos R com B em uma entidade RB, deixando A separado.

- Casos $0,1-1,1$, $0,N-1,1$ e $1,N-1,1$

Neste caso, cada entidade de B pode estar relacionada com uma quantidade imprecisa de entidades de A. Cada entidade de A, por sua vez, sempre se relaciona com exatamente uma entidade de B.

Como não somos capazes de precisar a quantidade de relacionamentos que uma entidade de B poderá vir a manter com uma entidade de A, não poderemos aglutinar o MER em uma única entidade onde cada entidade representasse uma entidade de B, todos seus relacionamentos com entidades de A, e as próprias entidades de A relacionadas. Neste caso, aglutinaremos R com A em uma entidade RA, deixando B separado.

- Casos $1,N-1,N$, $0,N-1,N$, $0,N-1,N$ e $0,N-0,N$

Neste caso, cada entidade de B pode estar relacionada com uma quantidade imprecisa de entidades de A e cada entidade de A também pode estar relacionada com uma quantidade imprecisa de entidades de B.

Podemos raciocinar de maneira semelhante à que utilizamos no caso anterior e optaremos por deixar três conjuntos de entidades separados, A, R, e B.

O raciocínio para o caso dos conjuntos de auto-relacionamentos é idêntico ao que tivemos quando tratamos dos conjuntos de relacionamentos comuns.

Ampliemos agora nosso universo, deixando de lado somente os agregados e as hierarquias e passando a trabalhar com MER com diversos conjuntos de entidades e de relacionamentos.

O processo é simples: tomamos sempre um conjunto de relacionamentos (e os conjuntos de entidades por ele relacionados, talvez um só, no caso de conjuntos de auto-relacionamentos) serem analisados conforme raciocínio que tecemos acima.

Se algum dos conjuntos de entidades primitivo mantinha algum conjunto de relacionamentos com outro conjunto de entidades não considerada na operação, este conjunto de relacionamentos será transferido para o conjunto de entidades que aglutinou o conjunto de entidades primitivo (no caso de ter havido aglutinação).

Repete-se este processo, até que não se existirem mais conjuntos de relacionamentos no MER. Sempre serão considerados primeiro neste processo os conjuntos de relacionamentos com cardinalidade mais baixa.

O caso das hierarquias é o mais simples de todos, em geral o processo se resume em eliminar a hierarquia, deixando apenas os conjuntos de entidades que faziam parte da hierarquia, todos identificados pela chave primária da entidade genérica da hierarquia.

Existem, no entanto, algumas outras possibilidades que passaremos a considerar.

No caso das hierarquias sem interseção cujo conjunto genérico de entidades não mantenha conjuntos de relacionamentos, poderemos fazer uma espécie de implosão, trazendo as entidades apropriadas da entidade genérica para cada entidade especializada.

No caso das hierarquias com interseção cujo conjunto genérico de entidades não mantenha conjuntos de relacionamento, poderemos fazer a mesma implosão acima considerada, mas, neste caso, haverá redundância e, por isso, teremos que considerar probabilisticamente a viabilidade de mantê-la.

No caso dos agregados, procedemos com segue: (1) tratamos o conjunto de relacionamentos e a(s) entidade(s) interna(s) que definem o agregado; (2) eliminamos o agregado, deixando somente os conjuntos de entidades possivelmente aglutinados que estavam em seu interior; e (3) transferimos todos os conjuntos de relacionamentos que se relacionavam com o agregado

para o conjunto de entidades no qual foi aglutinado o conjunto de relacionamentos que definia o antigo agregado.

Antes de qualquer coisa, sempre se trata primeiro os agregados e hierarquias, para então, e só então, tratar o restante do MER.

Tendo transformado em conjuntos de entidades tudo quanto não era um conjunto de entidades no modelo conceitual global, poderemos considerar todas as entidades a que chegamos como tabelas preliminares.

A Construção do Modelo Lógico Otimizado

Quando falamos em otimização do modelo lógico, falamos em partições horizontais ou verticais de tabelas.

Entendemos por partição horizontal de uma tabela, a separação de grupos de linhas desta tabela em tabelas separadas. Entendemos por partição vertical de uma tabela, a separação de colunas desta tabela em tabelas separadas.

É importante notar, que se pode ter interseções, isto é, em uma partição horizontal podemos levar certos grupos de linhas para mais de uma tabela e, em uma partição vertical, podemos levar certos grupos de colunas para mais de uma tabela.

Vale a pena ressaltar, que uma tabela pode ser partida, tanto horizontal, quanto verticalmente, em qualquer ordem. As tabelas resultantes de uma partição também podem ser partidas em mais tabelas.

Partições têm por objetivo isolar em tabelas separadas e menores, informações que possuem uma grande taxa de acesso, aumentando assim a eficiência do acesso ao BD.

A Implementação dos Programas Aplicativos

Agora que temos as tabelas otimizadas resultantes da modelagem, poderemos retornar aos modelos conceituais parciais para a implementação dos algoritmos em português estruturado associados a cada operação de cada aplicação.

Para tanto, escolheremos uma linguagem de programação adequada e desenvolveremos as aplicações identificadas na modelagem. Isto poderá ser feito sob um SGBD ou não.

Apêndice A: Exercícios de Modelagem de Dados

1. Considere a seguinte descrição de um sistema de apoio ao atendimento dos clientes de uma confeitaria.

O sistema deverá manter e disponibilizar informações que apóiem os funcionários da confeitaria nas tarefas de cadastrar seus produtos, bem como os ingredientes que o constituem, assim como controlar as encomendas feitas pelos clientes.

Para tanto, o sistema deverá possuir os seguintes programas:

Deverá ser possível realizar todas as operações necessárias à manutenção de um cadastro de produtos da loja, tais como inclusão, alteração, exclusão, consulta e listagem, bem como dos ingredientes que os compõem e em que quantidade.

Tal cadastro será útil na hora de estabelecer o preço unitário de cada produto, posto que, com base no preço de cada ingrediente e na margem de lucro desejada para cada produto, torna-se trivial o cálculo desta informação.

Deverá ser possível realizar todas as operações necessárias ao controle de encomendas, tais como fazer encomenda, cancelar encomenda, parcelar pagamento e realizar pagamento de encomenda.

Pede-se produzir o modelo conceitual (MER) e o correspondente modelo lógico (DER).

2. A indústria de autopeças AUTOPARTS fornece seus produtos a três classes básicas de clientes: Indústrias Automobilísticas, Revendedores Autorizados e Público em Geral. A cada reajuste de preços a AUTOPARTS emite listas de preços, que contém, para cada produto, o preço que será cobrado pela AUTOPARTS de seus clientes, a partir da data de vigência da lista. Note que os preços são diferentes para cada classe de cliente. Uma lista de preços é válida desde sua data de vigência, até que outra lista com outra data de vigência seja emitida.

As listas de preços são base para o Sistema de Faturamento, que, a partir da identidade do cliente e do produto, aplica o preço correspondente e o desconto instituído para obter o preço de venda.

O desconto na AUTOPARTS é algo bastante flexível: ele pode ser dado para um produto, para uma categoria de produtos, para um cliente, para uma classe de clientes ou para qualquer combinação destas coisas. No entanto, o faturamento só considerará o desconto se ele tiver sido cadastrado previamente.

O Departamento de Administração de Vendas possui um órgão coordenador centralizado na SEDE e órgãos operacionais distribuídos pelas FILIAIS.

É atribuição da coordenação centralizada na SEDE operar a política de reajustes de preços que podem ser motivados por:

- Reajuste nos formadores de preços dos produtos (matéria prima, salários, custos operacionais, etc);
- Índices de reajustes autorizados pelo governo;
- Preços praticados pela concorrência.

Assim, a política de preços da AUTOPARTS varia entre "estabelecer o melhor preço para a AUTOPARTS" e "praticar aquilo que o governo e a concorrência permitem", dependendo do momento.

Para operar essa "política de preços", a coordenação precisa de apoio informatizado para:

Estabelecer índices de reajustes variados, de acordo com as várias situações (por produtos, por classes de produto, por cliente, por classes de cliente, etc);

Simular as listas de preços resultantes e seu impacto no faturamento futuro;

Optar por uma determinada situação de simulação e efetivá-la;

Estabelecer índices de desconto de acordo com as várias possibilidades;

Simular o impacto desses descontos no faturamento, de acordo com uma determinada lista de preços e uma determinada projeção de vendas;

Optar por uma determinada simulação de descontos e efetivá-la;

Manter histórico de listas de preços praticadas e de índices de desconto praticados.

Os órgãos operacionais distribuídos pelas FILIAIS têm por objetivo controlar a aplicação da política de preços da AUTOPARTS.

O sistema de faturamento tem a opção de atribuir o preço e o desconto automaticamente ou, por comando do operador do faturamento, permitir a entrada manual de preço ou de um desconto quando a combinação preço/desconto não satisfizer a condição de venda. É necessário acompanhar o preço efetivamente praticado para, com isso, subsidiar a geração das novas tabelas de preços e de descontos, de forma a minimizar o preço dado manualmente no futuro.

Pede-se produzir o modelo conceitual (MER) e o correspondente modelo lógico (DER).

3. Considere a seguinte descrição de um sistema de apoio ao atendimento de clientes de um hotel. O sistema deverá manter e disponibilizar informações que para apoiar a realização das seguintes atividades: (1) Cadastro de Dependências; (2) Cadastro de Serviços; (3) Cadastro de Empresas Conveniadas; (4) Reserva de Apartamento; (5) Recepção de Hóspede; (6) Prestação de Serviço a Hóspede; (7) Reserva de Dependência; (8) Aluguel de Dependência; e (9) Fechamento de Conta.

- Cadastro de Dependências

Nesta visão deverá ser possível incluir, excluir, alterar, consultar e listar os apartamentos e demais dependências do hotel.

- Cadastro de Serviços

Nesta visão deverá ser possível incluir, excluir, alterar, consultar e listar os serviços prestados pelo hotel, bem como atualizar seus preços.

- Cadastro de Empresas Conveniadas

Empresas conveniadas são aquelas cujos funcionários se hospedam frequentemente por conta da empresa no hotel, e que, por isso, ao saírem do hotel, não necessitam acertar a conta diretamente com o hotel; o hotel se encarrega de informar e receber de sua empresa.

Nesta visão deverá ser possível incluir, excluir, alterar, consultar e listar as empresas que mantêm convênio com o hotel.

- Reserva de Apartamento

Nesta visão deverá ser possível consultar a ocupação atual e futura dos apartamentos.

Deverá ainda ser possível registrar e cancelar reservas de apartamentos.

- Recepção de Hóspede

Aqui deverá ser destinado um apartamento ao hóspede. No caso do apartamento ter sido previamente reservado, a reserva correspondente deverá ser cancelada na entrada do hóspede.

Caso contrário, deverá ser possível consultar a ocupação atual dos apartamentos a fim de localizar aposentos para o hóspede recém chegado.

- Prestação de Serviço a Hóspede

O hotel presta diversos serviços a seus hóspedes, e.g., lavanderia, refeição, estacionamento, telefonia e frigobar. Todos os serviços são cobrados a parte e incorporados à conta do hóspede para serem pagos por ocasião de sua saída.

Nesta visão deverá ser possível registrar e cancelar despesas relativas a prestações de serviço.

- Reserva de Dependência

Nesta visão deverá ser possível consultar a ocupação atual e futura de dependências outras que não apartamentos (salões de festa, salas de projeção, anfiteatros, etc). Deverá ainda ser possível registrar e cancelar reservas de dependências.

É importante notar que dependências podem ser reservadas por hóspedes e por não hóspedes. No caso da reserva se destinar a um hóspede, esta deverá se vincular a seu apartamento.

- Cadastro de Dependências

No caso da dependência ter sido previamente reservado, a reserva correspondente deverá ser cancelada na efetivação do aluguel.

Caso contrário, deverá ser possível consultar a ocupação atual e futura das dependências do hotel de verificar a possibilidade de atender o interessado no aluguel.

No caso do aluguel estar sendo feito por um hóspede, este poderá escolher entre o pagamento adiantado do aluguel (como é de praxe para não hóspedes) ou a incorporação do referido aluguel à sua conta.

- Fechamento de Conta

Nesta visão serão juntadas todas as despesas de um hóspede (relativas a hospedagem e a prestações de serviço). Deverá ser possível a impressão de um relatório parcial somente para a informação do hóspede que solicitar, bem como a impressão de uma nota fiscal de prestação de serviço para o hóspede que se retira do hotel.

No caso do hóspede ser proveniente de uma empresa conveniada, em vez do fechamento normal, será feita a emissão de uma nota fiscal de prestação de serviços em nome da empresa conveniada, bem como de um relatório detalhado da estadia de seu funcionário.

Pede-se fazer:

- A modelagem conceitual parcial (uma para cada visão; modelo de dados e lista de operações);
 - A modelagem conceitual global (modelo de dados global);
 - A modelagem lógica preliminar;
-

4. Os dirigentes de uma biblioteca da cidade, conscientes das facilidades que a informática vem espalhando em praticamente todos os setores de nossa sociedade, resolvem promover a informatização da mesma. Para tanto, procuram-no, e expõem aquilo que imaginam para a biblioteca.

Gostariam de que todo título, seja de livro ou de periódico, fosse identificado por um número que o identificasse dentro da biblioteca, bem como suas características, tais como, nome, autor, quantidade de exemplares que a biblioteca possui, quantidade de exemplares que se encontram presentes no momento na biblioteca, quantidade de exemplares que se encontram emprestados no momento, etc.

Além disto, seria desejável que cada exemplar de um título fosse identificado por um código único, que seria fixado no mesmo sob a forma de código de barras, de modo que, quando do empréstimo ou da devolução deste, o material possa ser identificado pela leitura de seu código via um leitor de código de barras, livrando o atendente de ter que digitá-lo, e minimizando também os erros de operação.

Desejariam ainda, que todo usuário possuísse um número único dentro da biblioteca, número este que seria impresso sob a forma de código de barras em sua carteirinha de leitor, facilitando assim o processo de empréstimo de materiais.

Os usuários da biblioteca podem fazer as operações de praxe: retirar e devolver materiais; consultar o acervo; e fazer reservas.

Quando de um empréstimo, o usuário comparece ao balcão da biblioteca munido dos materiais que deseja retirar, bem como de sua carteirinha de leitor, e o atendente da biblioteca passa sua carteirinha e cada um dos materiais que deseja retirar pelo leitor de código de barras, identificando-os, e fica registrado o empréstimo.

Usuários, de acordo com sua classe, podem emprestar um número máximo de materiais da biblioteca, podendo ficar com os mesmos, também em função de sua classe, um tempo máximo. Independentemente do tempo máximo que um leitor pode ficar com um material em seu poder, cada um dos títulos da biblioteca possui um tempo máximo que pode ficar retirado da biblioteca, podendo inclusive ser de zero dias, no caso dos livros que não podem ser emprestados, e cujo acesso se restringe apenas à consulta local. Para efeito de empréstimo, prevalece o menor dos dois tempos.

Quando de uma devolução, o usuário comparece ao balcão da biblioteca munido somente dos materiais a serem devolvidos (não há necessidade do cartão do leitor, posto que cada material é unicamente identificável dentro da biblioteca), e o atendente da biblioteca passa cada um dos materiais devolvidos pelo leitor de código de barras, identificando-os, e fica registrada a devolução.

Usuários que atrasarem a devolução de materiais à biblioteca sofrem penalidades. Um atraso, suspensão de uma semana; dois atrasos sucessivos, suspensão de uma semana no primeiro atraso, e de duas no segundo atraso; e assim por diante, até quatro atrasos sucessivos. No caso de cinco atrasos sucessivos o usuário passa definitivamente para o estado de inativo, não mais podendo retirar materiais da biblioteca.

As consultas ao acervo podem ser feitas em qualquer um dos diversos terminais espalhados pela biblioteca, e podem ser efetuadas por título, autor e assunto.

Reservas são processadas a partir dos títulos desejados, não dos exemplares. No entanto, o que efetivamente registrar-se-á, é a reserva de um exemplar, daquele que primeiro for se tornar disponível. Reservas são automaticamente canceladas quando: (1) o usuário comparecer à biblioteca na data apazada e fizer a retirada do material; (2) no final do expediente, todas as reservas para o dia expiram, mesmo que os materiais reservados não tenham sido retirados; e (3) por solicitação do usuário. Há um caso especial: a expiração automática de reservas não ocorre quando o livro reservado não tiver sido devolvido à biblioteca, caso em que a reserva fica transferida para o próximo dia útil.

Considerando o exposto pelos dirigentes da biblioteca:

- Produza um modelo conceitual parcial para a (1) Visão de Empréstimo; (2) Visão de Devolução; (3) Visão de Consulta ao Acervo; e (4) Visão de Reserva (peço fazer o modelo de dados e listar as operações);
- Produza o modelo conceitual global;
- Produza o modelo lógico (relacional) e sugira possíveis otimizações para este.