



Universidade do Minho

Mestrado Integrado em Engenharia Informática
Licenciatura em Ciências da Computação

Unidade Curricular de Bases de Dados

Ano Lectivo de 2016/2017

Comboios Sociais

Carlos Campos	A74745
Diogo Gomes	A73825
Paulo Guedes	A74411
Pedro Fonseca	A74166

Novembro 2016

BD

Data de Recepção	
Responsável	
Avaliação	
Observações	

Comboios Sociais

Carlos Campos	A74745
Diogo Gomes	A73825
Paulo Guedes	A74411
Pedro Fonseca	A74166

Novembro 2016

Resumo

Este trabalho foi realizado no âmbito na disciplina de Base de Dados, em que há uma simulação de um caso real. O referido é nada mais, do que a elaboração de um Sistema Gestor de Base de Dados Relacional, que dá suporte a uma aplicação online de reserva de bilhetes de comboio, a pedido da Comboios Sociais, empresa idealizada por este grupo. Para realizar esta tarefa, foi seguida a metodologia do livro *Database Systems* de *Thomas Connolly* e *Carolyn Begg*, que corresponde ao livro solicitado por eleição, na bibliografia desta cadeira. Esta metodologia resume-se em 3 etapas: Modelo Conceptual, Logico e por fim o Físico. Cada etapa está dividida em vários passos, que serão abordados neste relatório. Em apêndice encontra-se o Dicionário da Base de Dados, que dá suporte a este trabalho. Este mesmo encontra-se no seu estado final e pronto para ser apresentado ao professor, que nesta situação, é a representação do utilizador referido enumeras vezes daqui em diante.

Área de Aplicação: Desenho e arquitectura de Sistemas de Bases de Dados Relacional.

Palavras-Chave: Sistema Gestor de Bases de Dados Relacionais (SGBDR), Modelo Conceptual, Modelo Logico, Modelo Físico, Entidade, Relacionamento, Atributo, Chave Primaria, Chave Estrangeira, Domínio, View, Trigger, Transação, SQL, MySQL, Normalização, Integridade, Gestão de Indices, Mecanismos de Segurança, Dicionário da Base de Dado.

Índice

1. Introdução	1
1.1. Contextualização	1
1.2. Apresentação do Caso de Estudo	2
1.3. Motivação e Objectivos	2
1.4. Viabilidade do projeto	3
1.5. Requisitos	3
1.6. Estrutura do Relatório	4
2. Sistema Gestor Base de Dados e Metodologia	5
2.1. Modelo Conceptual	5
2.1.1 Identificação das entidades	5
2.1.2 Identificação dos tipos de relações	6
2.1.3 Identificação de atributos das entidades e dos relacionamentos	6
2.1.4 Determinação do domínio dos atributos e a sua Chave	9
2.1.5 Apresentação do modelo conceptual	12
2.1.6 Redundâncias no modelo	12
2.1.7 Validar o modelo conceptual com as transações	13
2.2. Modelo Lógico	14
2.2.1 Derivar os relacionamentos	14
2.2.2 Normalização	17
2.2.3 Validar o modelo com as transações	18
2.2.4 Restrições de integridade	20
2.2.5 Apresentação do Modelo Lógico	22
2.3. Modelo Físico	23
2.3.1 Definir Relações Base	23
2.3.2 Definir a representação de atributos derivados	26
2.3.3 Definir as restrições gerais	27
2.3.4 Definir a organização e índices	27
2.3.5 Definir as views dos utilizadores	27
2.3.6 Definir os mecanismos de segurança	28
2.3.7 Estimativas do uso de espaço do disco	29
2.3.8 Análise das Transações	29

Índice de Figuras

Figura 1 - Modelo Conceptual	12
Figura 2 - Registrar Cliente	18
Figura 3 - Adicionar Percurso	19
Figura 4 - Adicionar Comboio	20
Figura 5 - Modelo Lógico	22

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Entidades	5
Tabela 2 - Relacionamentos	6
Tabela 3 - Cliente	7
Tabela 4 - Bilhete	8
Tabela 5 - Comboio	8
Tabela 6 - Funcionario	8
Tabela 7 - Percurso	9
Tabela 8 - Chave Cliente	10
Tabela 9 - Chave Bilhete	10
Tabela 10 - Chave Comboio	11
Tabela 11 - Chave Funcionario	11
Tabela 12 - Chave Percurso	11

1. Introdução

1.1. Contextualização

Com o surgimento da Comboios de Portugal, em 1860, o transporte ferroviário inicia-se como uma via de deslocação de luxo, visto que na última metade do século XIX, em Portugal, a diferença de classes a nível económico teve um crescimento exponencial. Com o surgimento de vários negócios em que o seu público-alvo eram as classes mais desfavorecidas, a família Franco Bastos, vendo aqui uma situação de criar um bom negócio, em 1880 decide criar a Comboios Sociais.

Comboios Sociais é a empresa que providencia viagens exclusivas a pessoas reformadas ou pensionistas, beneficiários do subsídio de desemprego e/ou famílias com rendimento bruto mensal por elemento do agregado familiar igual ou inferior a 1.2 do valor do Indexante dos Apoios Sociais. O nome desta empresa, surgiu do facto de o seu nicho de mercado serem pessoas que recebem benefícios por parte da segurança social, quer seja por subsídios, quer seja por pensões, e como tal surgiu a associação entre o meio de transporte utilizado e o conjunto de clientes desta empresa. Em 1999 a Comboios Sociais é nacionalizada, facilitando a ligação da lógica de negócio com a própria Segurança Social, e garantido assim um melhor serviço público. A área de atividade em que a empresa se foca, é o transporte de passageiros a nível nacional, nomeadamente nas travessias intercity. Dentro das cidades, depois de vários estudos elaborados ao longo dos anos, concluiu-se que os clientes preferem usar transportes públicos como o autocarro, deixando-se de fornecer os transportes a nível urbano. Embora exista uma grande vontade de expandir o negócio para o nível Europeu, a Comboios Sociais encontra o obstáculo da não existência nos restantes países, de um sistema de diferenciação, equivalente ao português. Com essa desigualdade de critérios, para evitar fornecer serviços só a portugueses ou a estrangeiros que não fazem parte da classe social que esta empresa quer atingir, ficou estabelecida a espera de uma norma de standardização por parte da União Europeia. Hoje em dia, a Comboios Sociais apresenta-se como uma empresa de renome em Portugal, no ramo dos transportes ferroviários, tendo uma clientela estável, e um crescimento económico moderadamente próspero.

1.2. Apresentação do Caso de Estudo

Por todo o país, ao longo de todas as estações ferroviárias, existe uma bilheteira da Comboios Sociais. Para usufruir das viagens, o cliente tem de se dirigir a essa bilheteira, e mostrar o seu Cartão de Cidadania, para que o funcionário possa verificar, através do Numero de Identificação da Segurança Social (NISS), a que escalão o cliente pertence. Feita essa verificação, o cliente informa que viagem quer fazer, e efetua o respetivo pagamento. Em seguida o funcionário imprime o bilhete, com um preço que varia apenas com a distância a percorrer. Recebendo esse bilhete o cliente dirige-se ao comboio respetivo, sentando-se num lugar não reservado, e mais tarde durante a viagem será feita a verificação pelo revisor.

Com a aplicação pretende-se realizar uma ação de reserva, para tal o cliente regista-se usando as suas credenciais, escolhe a viagem e o lugar onde se quer sentar. O acto de reserva poderá ser feito também nos balcões da Comboios Sociais, necessitando os mesmos requisitos da reserva online.

1.3. Motivação e Objectivos

Com o decorrer do tempo, surgiu um certo descontentamento por parte dos clientes, em relação à inexistência da possibilidade de reserva de bilhetes. Face ao problema que se apresentava, o quadro administrativo da Comboios Sociais, decidiu expandir o seu negócio, desenvolvendo assim uma aplicação web. Com a forte adesão por parte do público, passou a existir um problema, fazer o tratamento de grandes volumes de dados em tempo real, sem um lugar físico para os guardar. Como tal foi necessário a criação de um sistema gestor de base de dados, capaz de responder ao problema que se apresentava.

Com este sistema de base de dados implementado, esperava-se assim providenciar um suporte viável e forte à aplicação web da empresa. Este mesmo sistema deve ser capaz de armazenar toda a informação pertencente aos clientes, viagens, reservas e comboios. Deve ser também clara, eficiente e segura. Evitando por exemplo bugs e perda de informação, como por exemplo marcações de bilhetes, e dando assim possibilidade à aplicação de ter um melhor aproveitamento, oferecendo aos clientes a oportunidade de reservar bilhetes com um grande intervalo de ação, em qualquer ponto do país, sem ter que sair de casa.

1.4. Viabilidade do projeto

O público-alvo desta empresa representa uma grande percentagem da população portuguesa, apesar de a sua maioria ser pessoas com mais de 60 anos, e esta não ser grande adepta das novas tecnologias, abriu-se a possibilidade de fazer as reservas nos balcões. Porém há uma boa representação de clientes com gosto de usar a aplicação, e espera-se com ela ganhar em vários aspetos, nomeadamente na redução das filas de espera nas bilheteiras, presenteando aos clientes com menos perda do seu tempo. É esperado também um crêscimo no número da compra de bilhetes, visto que com a aplicação é possível reservar lugares nos comboios com mais antecedência, dando assim ao cliente, a oportunidade de planificar as suas viagens com certeza.

Com o sistema de base de dados bem implementado, é esperado dar a segurança aos clientes que tanto requerem, em relação aos seus dados pessoais, como moradas, códigos de multibanco e entre outros. Este mesmo sendo rápido e conciso na sua funcionalidade, dá a possibilidade aos clientes, caso precisem, de comprar bilhetes de ultima hora, sem que haja conflito em relação ao número de capacidade de lugares do comboio. Com a facilidade de leitura do sistema é esperado que no futuro, caso exista a necessidade de altera-lo, essa mesma alteração possa ser feita, sem que haja mal-entendidos de implementação.

1.5. Requisitos

Para utilizar a aplicação, os clientes têm de fazer o registo, e para tal, é preciso fornecer o seu nome, o Número de Identificação da Segurança Social (NISS), uma morada (endereço, rua e código-postal) e contactos (telefone, telemóvel e/ou email). Depois de registado, o cliente pode reservar um lugar para um percurso específico. Esse percurso tem uma origem, um destino e uma linha. Por razões de logística, no momento da reserva é efectuado um pagamento como forma de sinal, 40% do preço proposto. O cliente tem até 24 horas antes da viagem para cancelar a reserva, caso isto aconteça ser-lhe-á devolvido a garantia já realizada. Quando é feita a reserva, é enviado um comprovativo para o email do cliente, e este terá de ser impresso e apresentado no ato de pagamento do bilhete. Esse bilhete tem como componentes: número do bilhete, data, o destino e origem da viagem, preço (que varia apenas com a distancia percorrida), hora de partida, estimativa da hora de chegada, número do lugar e a linha onde se vai realizar a viagem. No inicio de cada viagem, o bilhete terá que ser validado num torniquete de maneira a que este seja desbloqueado. Para ter a certeza que o serviço é especificado para a classe baixa portuguesa, uma pessoa só pode fazer a reserva para si mesmo, ou seja, um cliente só pode reservar um lugar por comboio. Os comboios têm um número identificador, capacidade máxima para 10 lugares, e um maquinista. Os funcionários da Comboios Sociais, têm associados a si nome, número de identificação da

empresa, número de Cartão de Cidadania e função, sendo esta não fixa, podendo ser trocado, caso a administração assim o desejar.

A empresa requer que seja possível, saber a lista de todos os bilhetes de um determinado cliente. Também era desejável obter uma lista de todos os funcionários ordenados alfabeticamente, e ainda saber quais são os lugares livres num certo percurso.

1.6. Estrutura do Relatório

Dando por fim à introdução deste relatório, e estando o leitor a par da situação, agora será apresentado uma breve estruturação deste documento. O próximo capítulo será sobre toda a metodologia seguida para a realização do Sistema Gestor de Base de Dados(SGBD). Este extenso capítulo está dividido em três, que representam as três etapas já referidas no resumo. Cada etapa também se encontra dividida em vários passos, cada um representando um tópico, em que se encontra todas as decisões tomadas por este grupo. Por fim, e fornecido ao leitor, o Dicionário da Base de Dados.

2. Sistema Gestor Base de Dados e Metodologia

2.1. Modelo Conceptual

2.1.1 Identificação das entidades

Para a conceção de uma boa base de dados, um primeiro passo essencial é definir os objetos para o utilizador. Estes objetos são também denominados de tipos de entidades. Para tal, é necessário fazer um levantamento de requisitos de forma a identificar essas tais entidades, e no nosso caso são elas: Cliente, Bilhete de viagem, Comboio, Funcionário, Percurso.

De seguida é apresentada uma tabela com a descrição de cada uma das entidades, juntamente com os seus sinónimos e a suas ocorrências.

Tabela 1 - Entidades

Entidade	Descrição	Sinónimos	Ocorrências
Cliente	Termo que identifica todas as pessoas que consomem os serviços da Comboios Socias.	Utilizador	Cliente só pode reservar um lugar por viagem, mas pode comprar vários bilhetes que referem a várias viagens diferentes.
Bilhete de viagem	Documento que confirma o direito do cliente a frequentar determinado comboio para efetuar determinada viagem.	Bilhete	Bilhete só é valido para uma única viagem.
Comboio	Veiculo usado para transportar os passageiros da origem para o destino.		Comboio realiza varias viagens ao longo do dia.

Funcionário	Responsável por alguma função de modo a atribuir o bom funcionamento do serviço.	Trabalhador	Funcionário executa apenas uma função na empresa.
Percurso	Viagem com um início e um fim, sem paragens intermedias.	Viagem	Um comboio faz varias viagens por dia.

2.1.2 Identificação dos tipos de relações

Depois de definidas as entidades do nosso SGBD, o próximo passo é identificar os relacionamentos existentes entre as mesmas. Para tal, recorreremos novamente à especificação dos requisitos.

Na tabela a seguir apresentada, observamos as várias relações entre as diferentes entidades, assim como, a sua cardinalidade.

Tabela 2 - Relacionamentos

Entidade	Cardinalidade	Relação	Cardinalidade	Entidade
Cliente	1	Compra	N	Bilhete
Funcionário	1	Imprime	N	Bilhete
Bilhete	N	Refere-se	1	Percurso
Comboio	N	Faz	M	Percurso
Funcionário	1	Trabalha	0..1	Comboio

2.1.3 Identificação de atributos das entidades e dos relacionamentos

Após ter-se identificado as entidades e as suas respetivas relações, o passo seguinte é identificar os atributos necessários para o nosso SGBD. Iremos então apresentar, nas tabelas seguintes, os atributos em questão, uma breve descrição do que eles representam, e se esses atributos são compostos, multi-valorados ou derivados. No nosso SGBD não existem atributos nas relações.

Cliente:

Entidade	Atributos	Atributos Compostos	Descrição	Multi-valor	Derivado
Cliente	Nome		Nome completo do cliente	Não	Não
	NISS		Número de Identificação da Segurança Social do Cliente	Não	Não
	Morada	Rua	Rua da moradia do cliente	Não	Não
		CodPost	Código de postal da moradia do cliente	Não	Não
		Ender	Endereço da moradia do cliente	Não	Não
	Contacto		Formas de contacto do cliente	Sim	Não

Tabela 3 - Cliente

Bilhete de Viagem:

Entidade	Atributos	Atributos Compostos	Descrição	Multi-valor	Derivado
Bilhete de viagem	NumB		Número identificador do bilhete	Não	Não
	NumL		Número identificador do lugar no comboio	Não	Não
	Data		Data da compra do bilhete	Não	Não
	Preço		Preço total do bilhete	Não	Não

	HPart		Hora de partida do comboio	Não	Não
	HCheg		Hora estimada da chegada do comboio ao destino	Não	Não
	Comprv	Preço	Preço do sinal dado na reserva	Não	Sim
		Reserva	Variável que verifica se é uma reserva	Não	Não

Tabela 4 - Bilhete

Comboio:

Entidade	Atributos	Atributos Compostos	Descrição	Multi-valor	Derivado
Comboio	NComb		Número identificador do comboio	Não	Não
	Lugares		Lista dos lugares do comboio	Sim	Não

Tabela 5 - Comboio

Funcionário:

Entidade	Atributos	Atributos Compostos	Descrição	Multi-valor	Derivado
Funcionário	Nome		Nome completo do Funcionário	Não	Não
	NFunc		Número identificador do Funcionário	Não	Não
	NCC		Número do cartão de cidadania do Funcionário	Não	Não
	Função		Função do Funcionário	Não	Não

Tabela 6 - Funcionario

Percurso:

Entidade	Atributos	Atributos Compostos	Descrição	Multi-valor	Derivado
Percurso	Origem		Estação inicial do percurso	Não	Não
	Destino		Estação final do percurso	Não	Não
	Linha		Linha correspondente ao percurso	Não	Não

Tabela 7 - Percurso

2.1.4 Determinação do domínio dos atributos e a sua Chave

Para concluir o modelo conceptual falta apenas indicar o domínio dos atributos e as chaves respetivas. Para tal, na seguinte tabela, indicaremos o respetivo tipo e tamanho do atributo, em conjunto com a chave que eles representam.

Cliente:

Entidade	Atributos	Atributos Compostos	Tipo e tamanho	Nulo	Chave
Cliente	Nome		50 caracteres variáveis	Não	Não
	NISS		Inteiro com máximo de 13 dígitos	Não	Primaria
	Morada	Rua	50 caracteres variáveis	Sim	Não
		CodPost	Inteiro com máximo de 7 dígitos	Sim	Não
		Ender	15 caracteres variáveis	Sim	Não

	Contacto			Não	Não
--	----------	--	--	-----	-----

Tabela 8 - Chave Cliente

Bilhete de Viagem:

Entidade	Atributos	Atributos Compostos	Tipo e tamanho	Nulo	Chave
Bilhete de viagem	NumB		Inteiro com máximo de 7 dígitos	Não	Primária
	NumL		Inteiro com máximo de 2 dígitos	Não	Não
	Data		Data	Não	Não
	Preço		Número decimal com 4 dígitos, dos quais 2 são casas decimais	Não	Não
	HPart		Tempo	Não	Não
	Hcheg		Tempo	Não	Não
	Comprv	Preço	Número decimal com 4 dígitos, dos quais 2 são decimais	Não	Não
		Reserva	Inteiro que ode tomar valor 0 ou 1	Não	Não

Tabela 9 - Chave Bilhete

Comboio:

Entidade	Atributos	Atributos Compostos	Tipo e tamanho	Nulo	Chave
----------	-----------	---------------------	----------------	------	-------

Comboio	NComb		Inteiro com máximo de 2 dígitos	Não	Primária
	Lugares		Inteiro com máximo de 2 dígitos	Não	Não

Tabela 10 - Chave Comboio

Funcionário:

Entidade	Atributos	Atributos Compostos	Tipo e tamanho	Nulo	Chave
Funcionário	Nome		50 caracteres variáveis	Não	Não
	NFunc		Inteiro com máximo de 5 dígitos	Não	Primária
	NCC		Inteiro com máximo de 8 dígitos	Não	Alternativa
	Função		20 caracteres variáveis	Não	Não

Tabela 11 - Chave Funcionario

Percurso:

Entidade	Atributos	Atributos Compostos	Tipo e tamanho	Nulo	Chave
Percurso	Origem		30 caracteres variáveis	Não	Primária-Composta
	Destino		30 caracteres variáveis	Não	Primária-Composta
	Linha		Inteiro com máximo de 2 dígitos	Não	Não

Tabela 12 - Chave Percurso

2.1.5 Apresentação do modelo conceptual

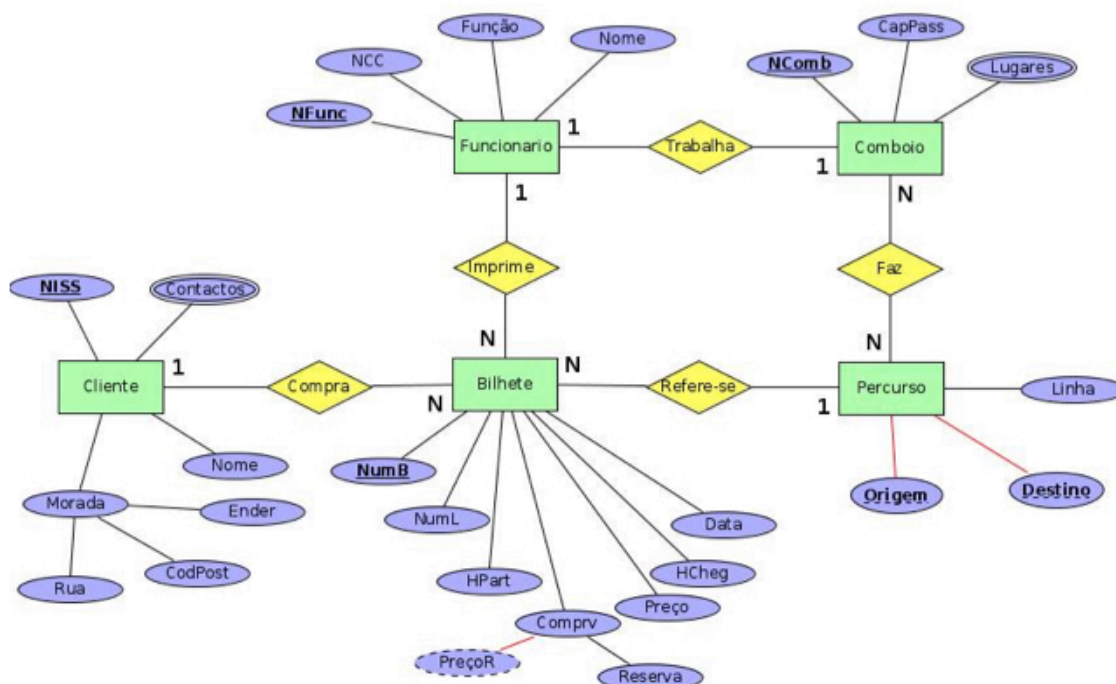


Figura 1 - Modelo Conceptual

2.1.6 Redundâncias no modelo

Este passo tem como objetivo observar todas as possibilidades de haver redundância e elimina-las, caso seja necessário. Para tal, existem três passos que temos de seguir para se cumprir, como examinar as relações de 1:1, remover as relações redundantes, e considerar a dimensão do tempo.

No modelo conceptual, podemos verificar que existe uma relação de 1:1, contudo esta não é redundante, pois nem todos os funcionários são maquinistas, sendo os maquinistas os únicos que trabalham no comboio, tal como podemos ver os bilhetes são impressos pelos funcionários também.

No passo seguinte é necessário verificar que não existem relações redundantes, numa primeira observação seria provável tais relações, pois existe mais do que um caminho entre duas entidades. No entanto estas não contêm a mesma informação, e contêm informação adicional.

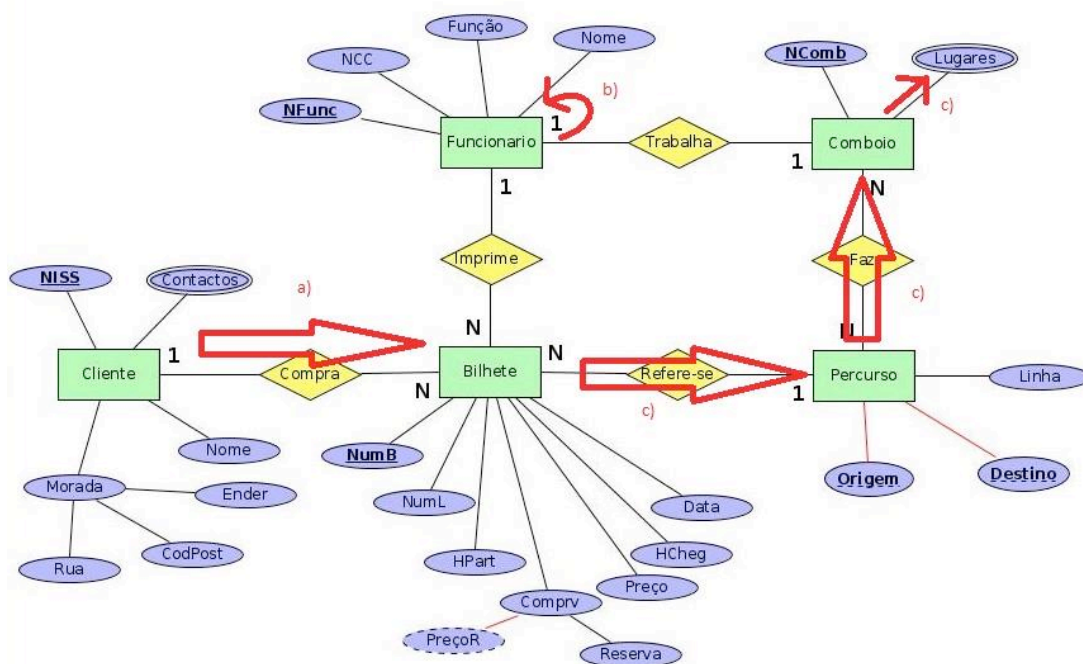
Para concluir a procura de redundâncias, temos de considerar a dimensão do tempo. Neste modelo conceptual temos dois caminhos entre a entidade Bilhete e Percurso, a maneira direta e a indireta. Contudo podemos verificar logo um erro, sendo este o erro de que um Comboio pode não fazer aquele percurso.

Deste modo constatamos que este modelo conceptual não é redundante.

É também de referir que não foi abordado um passo apresentado no livro. Que é a utilização de conceitos de modelagem aprimorados, como especialização, generalização, agregação e composição, porque depois de uma análise mais profunda, foi concluído que, não existe 2 entidades que representam partes de uma mesma, ou seja não há uma entidade que seja referentes a uma subparte de outra.

2.1.7 Validar o modelo conceptual com as transações

Este modelo apresenta três transações:



- a) Lista de todos os bilhetes de um cliente;
- b) Lista de todos os funcionários ordenados alfabeticamente;
- c) Lista de lugares não reservados.

2.2. Modelo Lógico

2.2.1 Derivar os relacionamentos

(1) Entidades fortes

As entidades fortes do nosso modelo conceptual são as seguintes: Cliente, Funcionário, Percurso, Comboio, Bilhete. Após criadas as relações com os respetivos atributos, seguimos a metodologia recomendada para a representação e obtivemos o seguinte:

Cliente (NISS, Nome, Rua, CodPost, Endr, Contacto)
Primary Key NISS

Funcionario (NFunc, Nome, NCC, Funcao)
Primary Key NFunc
Alternative Key NCC

Percurso (Origem, Destino, Linha)
Primary Key Origem, Destino

Comboio (NComb, Lugares, CapPass, Funcionario)
Primary Key NComb

Bilhete (NumB, NumL, Data, Preco, HPart, HCheg, PrecoR, Reserva, Cliente, Funcionario, PerOrigem, PerDestino)
Primary Key NumB
Derived PrecoR ($\text{Preco} \times 0.4 \times \text{Reserva}$)

(2) Relações de um para muitos (1:*)

As relações de 1:* que existiam no modelo conceptual são Cliente-Bilhete, Funcionário-Bilhete e Percurso-Bilhete, seguindo o método do livro, existe uma identificação de uma relação pai para filho, sendo que o Pai é a entidade que está do lado 1, a entidade Filho encontra-se no lado dos muitos. Sendo a primeira entidade apresentada na relação a “entidade-pai”, e a segunda a “entidade-filho”, este esquema foi obtido:

“Pai”:

Cliente (NISS, Nome, Rua, CodPost, Endr, Contacto)
Primary Key NISS

“Filho”:

Bilhete (NumB, NumL, Data, Preco, HPart, HCheg, PrecoR, Reserva, Cliente, Funcionario, PerOrigem, PerDestino)
Primary Key NumB
Foreign Key Cliente **references** Cliente(NISS)



“Pai”:

Funcionario (NFunc, Nome, NCC, Funcao)

Primary Key NFunc

“Filho”:

Bilhete (NumB, NumL, Data, Preco, HPart, HCheg, PrecoR, Reserva, Cliente, Funcionario, PerOrigem, PerDestino)

Primary Key NumB

Foreign Key Funcionario **references** Funcionario (NFunc)

“Pai”:

Percurso (Origem, Destino, Linha)

Primary Key Origem, Destino

“Filho”:

Bilhete (NumB, NumL, Data, Preco, HPart, HCheg, PrecoR, Reserva, Cliente, Funcionario, PerOrigem, PerDestino)

Primary Key NumB

Foreign Key PerOrigem, PerDestino **references** Percurso (Origem, Destino)

(3) Relação 1:1

No modelo conceptual existe apenas uma relação de 1:1, Funcionario-Comboio. E neste nota-se que há uma obrigação existencial apenas de um dos lados, isto é, um comboio tem sempre se ter um funcionário, ou seja, um maquinista. Mas um funcionário pode não ser um maquinista, podendo ser antes um vendedor de bilhetes. Tal como no tópico anterior, também nesta relação existe uma entidade Pai e uma entidade Filho, sendo neste caso, o Pai no lado da entidade não “obrigada”, e o Filho na entidade do outro lado, sendo assim:

“Pai”:

Funcionario (NFunc, Nome, NCC, Funcao)

Primary Key NFunc

“Filho”:

Comboio (NComb, Lugares, CapPass, Funcionario)

Primary Key NComb

Foreign Key Funcionario **references** Funcionario (NFunc)

(4) Relação muitos para muitos (*.*)

No modelo conceptual existe apenas uma relação de *.* , Comboio-Percurso, sendo assim acrescentamos a entidade PercursoComboio, de modo a representar a relação *Faz* do modelo conceptual.

Comboio (NComb, Lugares, CapPass, Funcionario)

Primary Key NComb

Foreign Key Funcionario **references** Funcionario (NFunc)

PercursoComboio (Comboio, Origem, Destino)

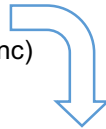
Primary Key Comboio, Origem, Destino

Foreign Key Comboio **references** Comboio (NComb)

Foreign Key Origem, Destino **references** Percurso (Origem, Destino)

Percurso (Origem, Destino, Linha)

Primary Key Origem, Destino



(5) Atributos Multi-valor

O nosso modelo contém dois atributos multi-valorados, Lugares e Contactos, sendo assim, foram criadas duas relações, de modo a representar esses atributos.

Cliente (NISS, Nome, Rua, CodPost, Endr, Contacto)

Primary Key NISS



Contacto (Contacto, Cliente)

Primary Key Contacto, Cliente

Foreign Key Cliente **references** Cliente (NISS)

Comboio (NComb, Lugares, CapPass, Funcionario)

Primary Key NComb



Lugar (Numero, Comboio)

Primary Key Numero, Comboio

Foreign Key Comboio **references** Comboio (NComb)

2.2.2 Normalização

Todas as tabelas encontram-se na primeira regra de normalização, porque todos os atributos compostos estão representados pelos seus constituintes e os atributos multi-valor tem uma tabela só para eles. Deste modo garantimos a atomicidade dos tuplos em todas as tabelas. A segunda forma da normalização, verifica-se porque todas as tabelas têm chave primaria simples, exceto o Percurso e o Percursocomboio. Nessas 2 não existe dependência parcial, porque por exemplo, para saber a linha do percurso precisamos de saber as 2 chaves primárias. A terceira forma normal também se confirma, porque não existe dependência transitiva, isto é, não existe nenhum atributo não chave, que seja dependente de outro atributo, também ele não chave.

2.2.3 Validar o modelo com as transações

Neste tópico iremos retratar algumas transações, que averigam se o modelo é válido.

Registar cliente:

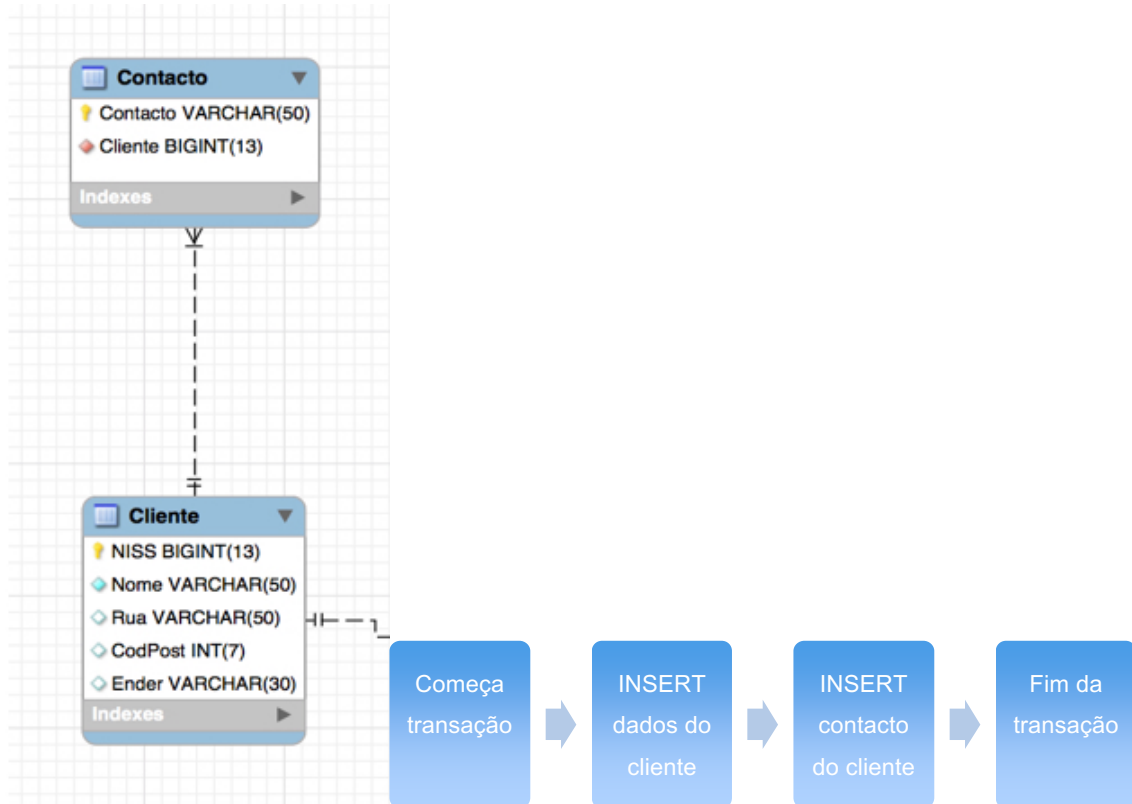
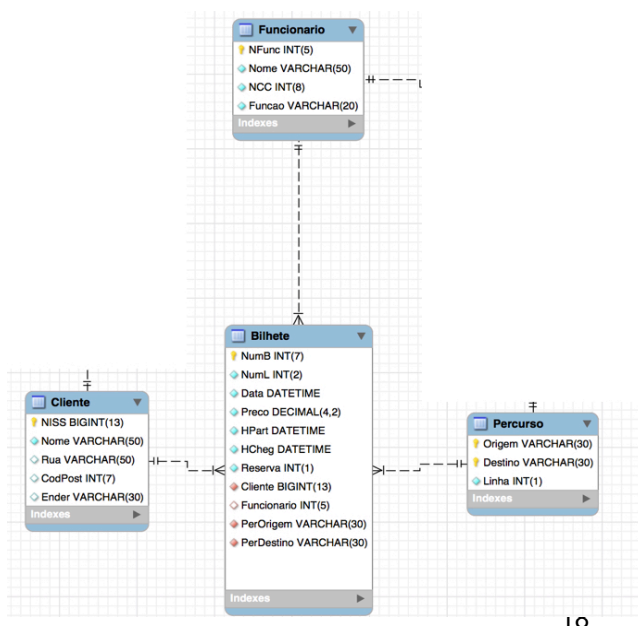
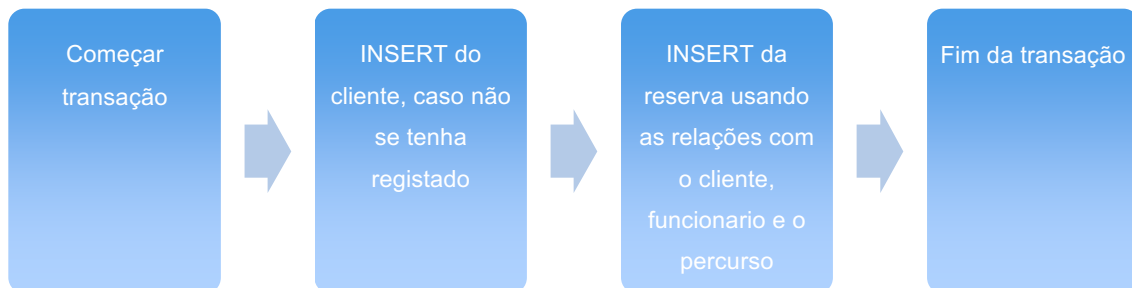


Figura 2 - Registar Cliente

Registar reserva:





Adicionar percurso:

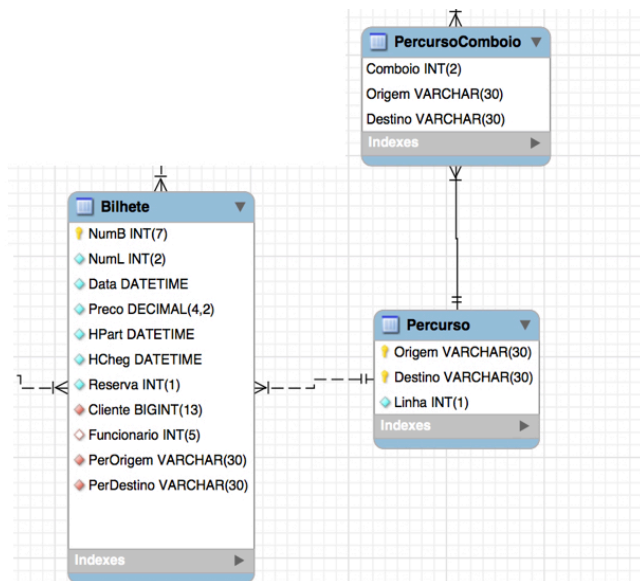
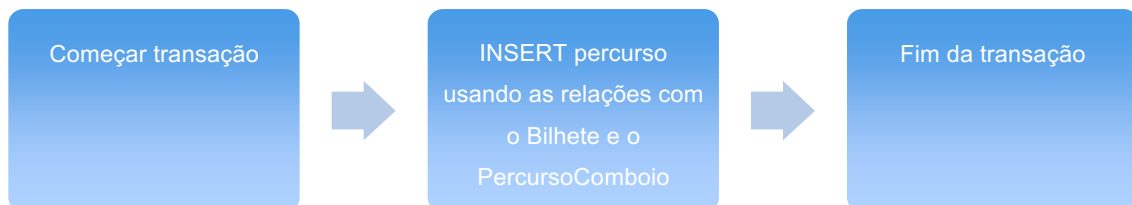


Figura 3 - Adicionar Percurso



Adicionar Comboio:

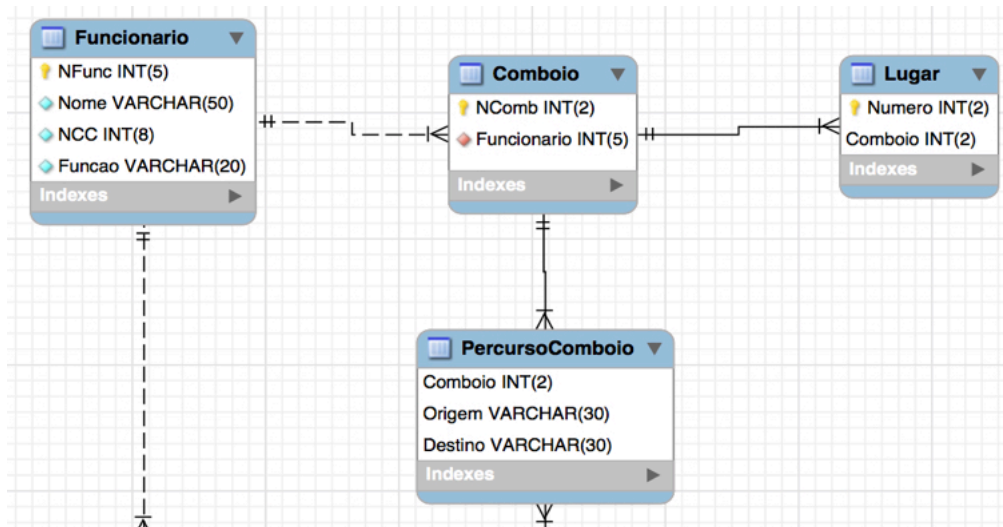
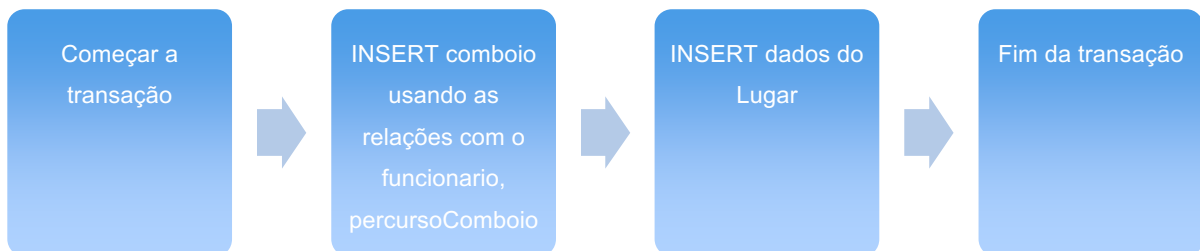


Figura 4 - Adicionar Comboio



2.2.4 Restrições de integridade

(1) Informação necessária

Como podemos observar o único atributo que poderá ser NULL é a morada, deste modo observamos que todos os atributos importantes tomaram, sempre, um valor.

(2) Domínio dos atributos

No modelo conceptual, ponto 2.1.4, foram definidos os domínios para cada atributo.

(3) Multiplicidade

No modelo conceptual, ponto 2.1.2, foram definidas as multiplicidades para cada entidade.

(4) Integridade das Entidades

Como já verificamos o único atributo que poderá ser NULL são os atributos associadas à morada, e sendo que a morada não representa nenhuma chave primaria, garantimos a integridade das entidades.

(5) Integridade das referencias

Para se obter integridade das referencias é preciso que as foreign key sejam NOT NULL, e tal verificado, e que essas tenham o valor da primary key das “entidades-pai”, e tal é verificado no SBD. No nosso SBD utilizamos várias estratégias para que não se perca a integridade, quando uma “relação pai” é apagada. As estratégias que foram utilizadas são as seguintes NO ACTION, CASCADE e SET NULL. A estratégia NO ACTION foi utilizada na foreign key das entidades Comboio, PercursoComboio e Bilhete, que impede que seja apagada uma “relação pai” caso este esteja ligado a um filho. A estratégia CASCADE foi utilizada na foreign key das entidades Contacto, Comboio, PercursoComboio, Bilhete e Lugar, sendo que esta estratégia faz com que quando um pai é eliminado, os seus filhos também o serão, criando um efeito de cascata.

A estratégia SET NULL foi utilizada na foreign key das entidades PercursoComboio e Bilhete, sendo que esta estratégia faz com que quando um pai é eliminado, os seus filhos irão ficar com a foreign key a NULL. Para além disso também podemos verificar algumas restrições gerais no nosso sistema, tais como a hora de reserva ser menos um dia que a hora da viagem, o preço pago quando for tirar o bilhete ser de 60% do valor normal, caso haja uma reserva e a hora de chegada é superior à hora de partida.

2.2.5 Apresentação do Modelo Lógico

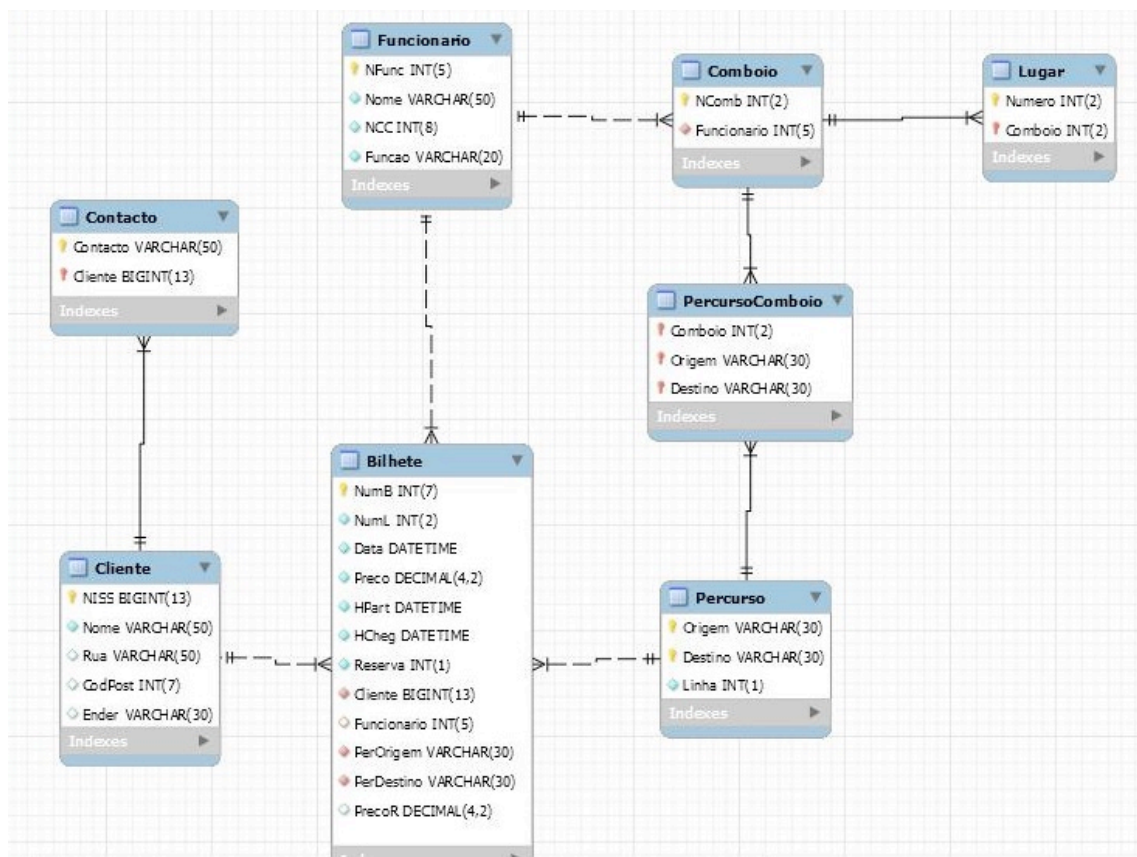


Figura 5 - Modelo Lógico

2.3. Modelo Físico

2.3.1 Definir Relações Base

Para começar o processo de definir o modelo físico, primeiro temos de produzir o dicionário do modelo físico. Para tal, necessitamos de assimilar a informação acerca das relações produzidas no modelo lógico. Para cada relação produzida no modelo lógico, identificamos no nome da relação, juntamente com os atributos dessa mesma, chaves primárias e possíveis chaves estrangeiras e alternativas e possíveis restrições para cada chave estrangeira. Para o dicionário do modelo físico, vamos definir para cada atributo o seu domínio (o seu tamanho, o seu tipo e possíveis restrições no seu domínio), um valor opcional de base, quais atributos que possam tomar valor nulo e se o atributo é derivado, se for o caso, como deveria ser programado.

Cliente:

Domínio Nome:	tamanho variável de caracteres char com comprimento 50
Domínio NISS:	tamanho fixo de caracteres integer com comprimento 13
Domínio Rua:	tamanho variável de caracteres char com comprimento 50
Domínio Código Postal:	tamanho fixo caractere integer com comprimento 7, com formato XXXX-XXX
Domínio Enderereço:	tamanho variável de caractere char com comprimento 15

Cliente (Nome	Nome	Não Nulo,
NISS	NISS	Não Nulo,
Rua	Rua,	
CodPost	Código Postal,	
Ender	Endereço,	
CHAVE PRIMÁRIA (NISS));		

Contacto:

Domínio Contacto:	tamanho variável de caractere char de comprimento 50
Domínio Cliente:	tamanho fixo de caractere integer de comprimento 13

Contacto (
Contacto	Contacto	Não Nulo,
Cliente	Cliente	Não Nulo,

CHAVE PRIMARIA (Contacto,Cliente),

CHAVE ESTRANGEIRA Cliente **REFERENTE** A Cliente (NISS)

AO ATUALIZAR CASCATA AO REMOVER CASCATA);

Funcionario:

Domínio NrFuncionário: tamanho variável de caractere integer com comprimento 5
Domínio Nome: tamanho variável de caractere char com comprimento 50
Domínio NrCartaoCidadania: tamanho fixo de caractere integer com comprimento 8
Domínio Função: tamanho variável de caractere char com comprimento 20

Funcionário (

NFunc	NrFuncionário	Não Nulo,
Nome	Nome	Não Nulo,
NrCartaoCidadania	NCC	Não Nulo,
Funcao	Função	Não Nulo,

CHAVE PRIMÀRIA (NFunc),

CHAVE ALTERNATIVA (NCC));

Comboio:

Domínio NrComboio: número inteiro com valores entre 0-99
Domínio CapPassageiros: número inteiro com valores entre 0-99
Domínio Funcionário: tamanho variável de caractere integer com comprimento 5

Comboio (

NComb	NrComboio	Não Nulo,
CapPass	CapPassageiros	Não Nulo,
Funcionario	Funcionario	Não Nulo,

CHAVE PRIMARIA (NComb),

CHAVE ESTRANGEIRA Funcionario **REFERENTE A** Funcionario (NFunc)

AO ATUALIZAR CASCATA AO REMOVER SEM AÇÃO);

PercursoComboio:

Domínio Comboio: número inteiro com valores entre 0-99
Domínio Origem: tamanho variável de caractere char com comprimento 30
Domínio Destino: tamanho variável de caractere char com comprimento 30

PercursoComboio (

Comboio	Comboio	Não Nulo,
CapPass	CapPassageiros	Não Nulo,
Funcionario	Funcionário	Não Nulo,

CHAVE PRIMARIA (Comboio, Origem, Destino),

CHAVE ESTRANGEIRA Comboio **REFERENTE A** Comboio (NComb)

AO ATUALIZAR CASCATA AO REMOVER SEM AÇÃO,

CHAVE ESTRANGEIRA Origem, Destino **REFERENTE A** Percurso (Origem, Destino)

AO ATUALIZAR CASCATA AO REMOVER SEM AÇÃO);

Bilhete:

Domínio NumeroBilhete:	tamanho variável de caractere integer com comprimento 7
Domínio NumeroLugar:	número inteiro com valores entre 0-CapPass referente ao Comboio
Domínio Data:	data e hora da compra ou reserva do bilhete com formato "AAAA-MM-DD HH:MM:SS.MMM"
Domínio Preço:	valor monetário com valores entre 0.00-99.99
Domínio HoradePartida:	data e hora de partida do comboio com formato "AAAA-MM-DD HH:MM:SS.MMM"
Domínio HoradeChegada:	data e hora de partida do comboio com formato "AAAA-MM-DD HH:MM:SS.MMM"
Domínio Reserva:	número binário com um bit, 1 se for realizado reserva, 0 caso contrário
Domínio PreçoReserva:	valor monetário com valores entre 0.00-40.00
Domínio Cliente:	tamanho fixo de caractere integer com comprimento 13
Domínio Funcionário:	tamanho variável de caractere integer com comprimento 5
Domínio PercursoOrigem:	tamanho variável de caractere char com comprimento 30
Domínio PercursoDestino:	tamanho variável de caractere char com comprimento 30

Bilhete (

NumB	NumeroBilhete	Não Nulo,
NumL	NumeroLugar	Não Nulo,
Data	Data	Não Nulo,
Preco	Preço	Não Nulo,
HPart	HoradePartida	Não Nulo,
HCheg	HoradeChegada	Não Nulo,
Reserva	Reserva	Não Nulo,
PrecoR	PreçoReserva	Não Nulo,
Cliente	Cliente	Não Nulo,
Funcionario	Funcionario	Não Nulo,
PerOrigem	PercursoOrigem	Não Nulo,
PerDestino	PercursoDestino	Não Nulo,

CHAVE PRIMARIA (NumB)

CHAVE ESTRANGEIRA Cliente REFERENTE A Cliente(NISS)

AO ATUALIZAR CASCATA AO REMOVER SEM AÇÃO,

CHAVE ESTRANGEIRA Funcionario REFERENTE A Funcionario (NFunc)

AO ATUALIZAR CASCATA AO REMOVER SET NULL,

CHAVE ESTRANGEIRA PerOrigem, PerDestino **REFERENTE A** Percurso (Origem, Destino) AO ATUALIZAR CASCATA AO REMOVER SEM AÇÃO,

ATRIBUTO DERIVADO PrecoR (Preco*0.4*Reserva));

Percurso:

Domínio Origem: tamanho variável de caractere char com comprimento 30
Domínio Destino: tamanho variável de caractere char com comprimento 30
Domínio Linha: número inteiro com valores entre 0-9

Percurso (

Origem	Origem	Não Nulo,
Destino	Destino	Não Nulo,
Linha	Linha	Não Nulo,

CHAVE PRIMARIA (Origem, Destino));

Lugar:

Domínio Numero: número inteiro com valores entre 0-99
Domínio Comboio: número inteiro com valores entre 0-99

Lugar (

Numero	Numero	Não Nulo,
Comboio	Comboio	Não Nulo,

CHAVE PRIMARIA (Numero),

CHAVE ESTRANGEIRA Comboio **REFERENTE A** Comboio (NComb) AO ATUALIZAR CASCATA AO REMOVER CASCATA);

2.3.2 Definir a representação de atributos derivados

No nosso trabalho, temos um atributo que é calculado a partir de outros atributos (atributo derivado), o preço da reserva, precoR. Este atributo consiste em 40% do valor do bilhete total, caso o bilhete seja reservado, logo, o valor que o preço da reserva toma será 0.4 vezes o preço total do bilhete caso seja reservado e 0 caso não seja reservado. O preço total do bilhete está guardado no atributo preco e caso seja reserva, é atribuído ao atributo reserva o valor 1, caso não seja, é atribuído o valor 0, o que faz com que o valor do precoR tome o valor $0.4 * \text{preco} * \text{reserva}$.

Decidimos armazenar os valores do precoR na base de dados visto que o espaço ocupado é muito pouco significativo, uma questão de poucos bits, logo será mais eficiente armazenar o valor após o primeiro cálculo em comparação a ter que calcular cada vez que é necessário saber o seu valor.

2.3.3 Definir as restrições gerais

De maneira a garantirmos a integridade dos valores da base de dados, algumas restrições têm que ser implementadas, tanto á interceção de novos dados, como á modificação dos dados já existentes na base de dados. Para tal procedemos á criação de triggers para certificar que os dados da base de dados se mantêm dentro do domínio estabelecido tais como:

- Certificar que o valor do comprovativo do bilhete é realmente o estabelecido nos requisitos;
- Certificar que a hora de partida do comboio não é menor que a hora de chegada.
- Certificar que não se pode inserir um novo funcionário com uma função diferente de vendedor ou maquinista, nem alterar a sua função atual para outra que não sejam as enunciadas.
- Não se pode criar lugares acima de 10, visto que os comboios da empresa “Comboios Sociais” só têm capacidade para 10 lugares, ou para valores iguais a 0 ou negativo.

2.3.4 Definir a organização e índices

No nosso trabalho, definimos a organização dos dados através das chaves primárias das entidades, sendo eles ordenados de maneira ascendente consoante o valor da chave primária, para que a que a eficiência das transações seja muito superior. Para as entidades com mais atributos, como o bilhete, adicionamos um índice secundário, organizando os bilhetes não só pelo número do bilhete, mas também, se necessário, pelo NISS do cliente que comprou o bilhete, de maneira a aumentar a eficiência. Optamos por não colocar mais índices secundários para não ter um “header” muito pesado.

2.3.5 Definir as views dos utilizadores

No desenvolvimento da base de dados, verificamos que existem vários grupos de utilizadores que podem aceder à base de dados, nomeadamente o administrador, cliente, maquinista e vendedor.

Administrador:

Este utilizador é o administrador da base de dados da empresa “Comboios Sociais”.

Cliente:

Consiste nos clientes da empresa “Comboios Sociais”.

Vendedor:

Este utilizador é o funcionário que se encontra na bilheteira da estação de comboios.

Maquinista:

Este utilizador representa o maquinista dos comboios da empresa “Comboios Sociais”.

2.3.6 Definir os mecanismos de segurança

Na base de dados da empresa “Comboios Sociais” existem vários utilizadores dessa mesma base de dados, e uma das maiores preocupações é a questão da segurança da mesma. Para tal, associamos uma password para cada utilizador, e as permissões associadas a esses mesmos, visto que nem todos os utilizadores têm a mesma permissão para mexer na base de dados.

Administrador:

Possui autorização para realizar qualquer ação em toda a base de dados da Comboios Socias.

Cliente:

Possui autorização apenas, para observar: o número identificador de bilhete, data em que foi comprado/reservado, o preço total, o preço da reserva, a hora de partida e a hora de chegada comboio, o número desse comboio e o numero do lugar. Poderá também observar os percursos disponíveis para reservar.

Vendedor:

Pode realizar qualquer ação relativo ao bilhete, excepto a alteração do preço das reservas. Este pode também observar quaisquer dados sobre o cliente incluindo os seus contactos e pode também observar quaisquer dados dos funcionários.

Maquinista:

Tem autorização para observar quaisquer dados referentes aos comboios, incluindo os lugares deste mesmo, e pode observar os dados referentes aos funcionários e ao percurso realizado pelo comboio.

2.3.7 Estimativas do uso de espaço do disco

Cliente				Bilhete				Contacto			
Mês	Nº Registos	Tamanho (B)		Mês	Nº Registos	Tamanho		Mês	Nº Registos	Tamanho	
0	9	2196		0	7	1344		0	9	972	
Tamanho Linh	244			Tamanho Linh	192			Tamanho Linh	108		
Percurso				Comboio				PercursoComboio			
Mês	Nº Registos	Tamanho		Mês	Nº Registos	Tamanho		Mês	Nº Registos	Tamanho	
0	4	496		0	2	16		0	4	972	
Tamanho Linh	124			Tamanho Linh	8			Tamanho Linh	124		
Funcionário				Lugar							
Mês	Nº Registos	Tamanho		Mês	Nº Registos	Tamanho					
0	4	592		0	20	160					
Tamanho Linh	148			Tamanho Linh	8			Tamanho Tota	6748		

2.3.8 Analise das Transações

Transação/ Relação	(A)				(B)				(C)			
	I	L	At	Ap	I	L	At	Ap	I	L	At	Ap
Contacto												
Cliente			X								X	
Bilhete			X								X	
Percurso											X	
Funcionario					X							
PercursoComboio												
Comboio											X	
Lugar											X	

I=Inserir; L = Ler; At = Atualizar; Ap = Apagar

3. Conclusões e Trabalho Futuro

Após a conclusão da implementação do SGBD relacional da empresa Comboios Sociais, como grupo tiramos várias ilações.

Primeiramente, no que toca à apreciação crítica do trabalho realizado, achamos que apesar de o nosso SGBD ser relativamente simplista, seria capaz de ser adaptada a uma escala maior, caso necessário.

Durante a realização do trabalho, deparamo-nos com variados problemas, um dos mais significativos foi a utilização de relações 1:1 e N:M, pois não eram casos tão intuitivos, mas no final serviu também para enriquecer o nosso conhecimento sobre esse tipo de relações. Tivemos também alguns percalços no modelo físico, especificamente falando, o caso dos checks, em que foi verificado uma ineficiência por parte do motor de base de dados, MySQL. No entanto, conseguimos resolver essa situação com a ajuda dos gatilhos, e assim foi nos permitido concluir o trabalho com um sentimento de satisfação e um sentimento de dever cumprido. Durante a realização do trabalho, existiu uma discussão entre os elementos do grupo sobre o facto de darmos preferência a performance da BD, ou se dávamos à não ocupação de espaço em disco. Em século XXI, é mais do que sabido que, a memória não é relativamente dispendiosa a nível de ocupação, é sim custoso efetuar esforços em trabalhar dados que não estão guardados, e assim caso seja necessário valores que não tem uma presença física, é preciso efetuar o seu cálculo, as vezes que forem requeridos. Dito isto, ouve um cuidado para usarmos mais memória em prol de obter melhores resultados a nível de velocidade de processamento.

Em suma, acreditamos que criámos um bom SGBD, com pontos fortes e com pontos fracos, mas que é mais do que capaz de satisfazer o problema apresentado.

Referências

- Connolly, T., Begg, C., Database Systems, A Practical Approach to Design, Implementation, and Management , Addison---Wesley, 4a Edição, 2004.
- Luís Damas, SQL, FCA, 13ª Edição.

Lista de Siglas e Acrónimos

BD	Base de Dados
SGBD	Sistema de Base de Dados
SGB	Sistema de Base de Dados

Anexos

I. Dicionário da Base de Dados

Conceptual

Entidade	Descrição	Sinónimos	Ocorrências
Cliente	Termo que identifica todas as pessoas que consomem os serviços da Comboios Socias.	Utilizador	Cliente só pode reservar um lugar por viagem, mas pode comprar vários bilhetes que referem a várias viagens diferentes.
Bilhete de viagem	Documento que confirma o direito do cliente a frequentar determinado comboio para efetuar determinada viagem.	Bilhete	Bilhete só é valido para uma única viagem.
Comboio	Veiculo usado para transportar os passageiros da origem para o destino.		Comboio realiza varias viagens ao longo do dia.
Funcionário	Responsável por alguma função de modo a atribuir o bom funcionamento do serviço.	Trabalhador	Funcionário executa apenas uma função na empresa.
Percurso	Viagem com um início e um fim, sem paragens intermedias.	Viagem	Um comboio faz varias viagens por dia.

Entidade	Cardinalidade	Relação	Cardinalidade	Entidade
Cliente	1	Compra	N	Bilhete
Funcionário	1	Imprime	N	Bilhete
Bilhete	N	Refere-se	1	Percurso
Comboio	N	Faz	M	Percurso
Funcionário	1	Trabalha	0..1	Comboio

Entidade	Atributos	Atributos Compostos	Descrição	Multi-valor	Derivado
Cliente	Nome		Nome completo do cliente	Não	Não
	NISS		Número de Identificação da Segurança Social do Cliente	Não	Não
	Morada	Rua	Rua da moradia do cliente	Não	Não
		CodPost	Código de postal da moradia to cliente	Não	Não
		Ender	Endereço da moradia do cliente	Não	Não
	Contacto		Formas de contacto do cliente	Sim	Não

Entidade	Atributos	Atributos Compostos	Descrição	Multi-valor	Derivado
Bilhete de viagem	NumB		Número identificador do bilhete	Não	Não
	NumL		Número identificador do lugar no comboio	Não	Não
	Data		Data da compra do bilhete	Não	Não
	Preço		Preço total do bilhete	Não	Não
	HPart		Hora de partida do comboio	Não	Não

	HCheg		Hora estimada da chegada do comboio ao destino	Não	Não
	Comprv	Preço	Preço do sinal dado na reserva	Não	Sim
		Reserva	Variável que verifica se é uma reserva	Não	Não

Entidade	Atributos	Atributos Compostos	Descrição	Multi-valor	Derivado
Comboio	NComb		Número identificador do comboio	Não	Não
	Lugares		Lista dos lugares do comboio	Sim	Não

Entidade	Atributos	Atributos Compostos	Descrição	Multi-valor	Derivado
Funcionário	Nome		Nome completo do Funcionário	Não	Não
	NFunc		Número identificador do Funcionário	Não	Não
	NCC		Número do cartão de cidadania do Funcionário	Não	Não
	Função		Função do Funcionário	Não	Não

Entidade	Atributos	Atributos Compostos	Descrição	Multi-valor	Derivado
----------	-----------	---------------------	-----------	-------------	----------

Percurso	Origem		Estação inicial do percurso	Não	Não
	Destino		Estação final do percurso	Não	Não
	Linha		Linha correspondente ao percurso	Não	Não

Entidade	Atributos	Atributos Compostos	Tipo e tamanho	Nulo	Chave
Cliente	Nome		50 caracteres variáveis	Não	Não
	NISS		Inteiro com máximo de 13 dígitos	Não	Primaria
	Morada	Rua	50 caracteres variáveis	Sim	Não
		CodPost	Inteiro com máximo de 7 dígitos	Sim	Não
		Ender	15 caracteres variáveis	Sim	Não
	Contacto			Não	Não

Entidade	Atributos	Atributos Compostos	Tipo e tamanho	Nulo	Chave
Bilhete de viagem	NumB		Inteiro com máximo de 7 dígitos	Não	Primária
	NumL		Inteiro com máximo de 2 dígitos	Não	Não
	Data		Data	Não	Não

	Preço		Número decimal com 4 dígitos, dos quais 2 são casas decimais	Não	Não
	HPart		Tempo	Não	Não
	Hcheg		Tempo	Não	Não
	Comprv	Preço	Número decimal com 4 dígitos, dos quais 2 são decimais	Não	Não
		Reserva	Inteiro que ode tomar valor 0 ou 1	Não	Não

Entidade	Atributos	Atributos Compostos	Tipo e tamanho	Nulo	Chave
Comboio	NComb		Inteiro com máximo de 2 dígitos	Não	Primária
	Lugares		Inteiro com máximo de 2 dígitos	Não	Não

Entidade	Atributos	Atributos Compostos	Tipo e tamanho	Nulo	Chave
Funcionário	Nome		50 caracteres variáveis	Não	Não
	NFunc		Inteiro com máximo de 5 dígitos	Não	Primária
	NCC		Inteiro com máximo de 8 dígitos	Não	Alternativa
	Função		20 caracteres variáveis	Não	Não

Entidade	Atributos	Atributos Compostos	Tipo e tamanho	Nulo	Chave
Percurso	Origem		30 caracteres variáveis	Não	Primária-Composta
	Destino		30 caracteres variáveis	Não	Primária-Composta
	Linha		Inteiro com máximo de 2 dígitos	Não	Não

Logico

Cliente (NISS, Nome, Rua, CodPost, Endr, Contacto)
Primary Key NISS

Funcionario (NFunc, Nome, NCC, Funcao)
Primary Key NFunc
Alternative Key NCC

Percurso (Origem, Destino, Linha)
Primary Key Origem, Destino

Comboio (NComb, Lugares, CapPass, Funcionario)
Primary Key NComb
Foreign Key Funcionario **references** Funcionario (NFunc) AO ATUALIZAR CASCATA AO REMOVER SEM AÇÃO

Bilhete (NumB, NumL, Data, Preco, HPart, HCheg, PrecoR, Reserva, Cliente, Funcionario, PerOrigem, PerDestino)
Primary Key NumB
Foreign Key Cliente **references** Cliente(NISS) AO ATUALIZAR CASCATA AO REMOVER SEM AÇÃO
Foreign Key Funcionario **references** Funcionario (NFunc) AO ATUALIZAR CASCATA AO REMOVER SET NULL
Foreign Key PerOrigem, PerDestino **references** Percurso (Origem, Destino) AO ATUALIZAR CASCATA AO REMOVER SEM AÇÃO
Derived PrecoR (Preco*0.4*Reserva)

PercursoComboio (Comboio, Origem, Destino)
Primary Key Comboio, Origem, Destino
Foreign Key Comboio **references** Comboio (NComb) AO ATUALIZAR CASCATA AO REMOVER SEM AÇÃO
Foreign Key Origem, Destino **references** Percurso (Origem, Destino) AO ATUALIZAR CASCATA AO REMOVER SEM AÇÃO

Contacto (Contacto, Cliente)

Primary Key Contacto, Cliente

Foreign Key Cliente **references** Cliente (NISS), AO ATUALIZAR CASCATA AO REMOVER CASCATA

Lugar (Numero, Comboio)

Primary Key Numero, Comboio

Foreign Key Comboio **references** Comboio (NComb)

Físico

Cliente:

Domínio Nome: tamanho variável de caracteres char com comprimento 50

Domínio NISS: tamanho fixo de caracteres integer com comprimento 13

Domínio Rua: tamanho variável de caracteres char com comprimento 50

Domínio Código Postal: tamanho fixo caractere integer com comprimento 7, com formato XXXX-XXX

Domínio Enderereço: tamanho variável de caractere char com comprimento 15

Cliente (Nome Nome Não Nulo,

NISS NISS Não Nulo,

Rua Rua,

CodPost Código Postal,

Ender Endereço,

CHAVE PRIMÁRIA (NISS));

Contacto:

Domínio Contacto: tamanho variável de caractere char de comprimento 50

Domínio Cliente: tamanho fixo de caractere integer de comprimento 13

Contacto (

Contacto Contacto Não Nulo,

Cliente Cliente Não Nulo,

CHAVE PRIMARIA (Contacto,Cliente),

CHAVE ESTRANGEIRA Cliente **REFERENTE** A Cliente (NISS)

AO ATUALIZAR CASCATA AO REMOVER CASCATA);

Funcionario:

Domínio NrFuncionário: tamanho variável de caractere integer com comprimento 5
Domínio Nome: tamanho variável de caractere char com comprimento 50
Domínio NrCartaoCidadania: tamanho fixo de caractere integer com comprimento 8
Domínio Função: tamanho variável de caractere char com comprimento 20

Funcionário (

NFunc	NrFuncionário	Não Nulo,
Nome	Nome	Não Nulo,
NrCartaoCidadania	NCC	Não Nulo,
Funcao	Função	Não Nulo,

CHAVE PRIMÀRIA (NFunc),

CHAVE ALTERNATIVA (NCC));

Comboio:

Domínio NrComboio: número inteiro com valores entre 0-99
Domínio CapPassageiros: número inteiro com valores entre 0-99
Domínio Funcionário: tamanho variável de caractere integer com comprimento 5

Comboio (

NComb	NrComboio	Não Nulo,
CapPass	CapPassageiros	Não Nulo,
Funcionario	Funcionario	Não Nulo,

CHAVE PRIMARIA (NComb),

CHAVE ESTRANGEIRA Funcionario **REFERENTE A** Funcionario (NFunc)

AO ATUALIZAR CASCATA AO REMOVER SEM AÇÃO);

PercursoComboio:

Domínio Comboio: número inteiro com valores entre 0-99
Domínio Origem: tamanho variável de caractere char com comprimento 30
Domínio Destino: tamanho variável de caractere char com comprimento 30

PercursoComboio (

Comboio	Comboio	Não Nulo,
CapPass	CapPassageiros	Não Nulo,
Funcionario	Funcionário	Não Nulo,

CHAVE PRIMARIA (Comboio, Origem, Destino),

CHAVE ESTRANGEIRA Comboio **REFERENTE A** Comboio (NComb)

AO ATUALIZAR CASCATA AO REMOVER SEM AÇÃO,

CHAVE ESTRANGEIRA Origem, Destino **REFERENTE A** Percurso (Origem, Destino)

AO ATUALIZAR CASCATA AO REMOVER SEM AÇÃO);

Bilhete:

Domínio NumeroBilhete:	tamanho variável de caractere integer com comprimento 7
Domínio NumeroLugar:	número inteiro com valores entre 0-CapPass referente ao Comboio
Domínio Data:	data e hora da compra ou reserva do bilhete com formato "AAAA-MM-DD HH:MM:SS.MMM"
Domínio Preço:	valor monetário com valores entre 0.00-99.99
Domínio HoradePartida:	data e hora de partida do comboio com formato "AAAA-MM-DD HH:MM:SS.MMM"
Domínio HoradeChegada:	data e hora de partida do comboio com formato "AAAA-MM-DD HH:MM:SS.MMM"
Domínio Reserva:	número binário com um bit, 1 se for realizado reserva, 0 caso contrário
Domínio PreçoReserva:	valor monetário com valores entre 0.00-40.00
Domínio Cliente:	tamanho fixo de caractere integer com comprimento 13
Domínio Funcionário:	tamanho variável de caractere integer com comprimento 5
Domínio PercursoOrigem:	tamanho variável de caractere char com comprimento 30
Domínio PercursoDestino:	tamanho variável de caractere char com comprimento 30

Bilhete (

NumB	NumeroBilhete	Não Nulo,
NumL	NumeroLugar	Não Nulo,
Data	Data	Não Nulo,
Preco	Preço	Não Nulo,
HPart	HoradePartida	Não Nulo,
HCheg	HoradeChegada	Não Nulo,
Reserva	Reserva	Não Nulo,
PrecoR	PreçoReserva	Não Nulo,
Cliente	Cliente	Não Nulo,
Funcionario	Funcionario	Não Nulo,
PerOrigem	PercursoOrigem	Não Nulo,
PerDestino	PercursoDestino	Não Nulo,

CHAVE PRIMARIA (NumB)

CHAVE ESTRANGEIRA Cliente **REFERENTE A** Cliente(NISS)

AO ATUALIZAR CASCATA AO REMOVER SEM AÇÃO,

CHAVE ESTRANGEIRA Funcionario **REFERENTE A** Funcionario (NFunc)

AO ATUALIZAR CASCATA AO REMOVER SET NULL,

CHAVE ESTRANGEIRA PerOrigem, PerDestino **REFERENTE A** Percurso (Origem, Destino) AO ATUALIZAR CASCATA AO REMOVER SEM AÇÃO,

ATRIBUTO DERIVADO PrecoR (Preco*0.4*Reserva));

Percurso:

Domínio Origem: tamanho variável de caractere char com comprimento 30
Domínio Destino: tamanho variável de caractere char com comprimento 30
Domínio Linha: número inteiro com valores entre 0-9

Percurso (

Origem	Origem	Não Nulo,
Destino	Destino	Não Nulo,
Linha	Linha	Não Nulo,

CHAVE PRIMARIA (Origem, Destino));

Lugar:

Domínio Numero: número inteiro com valores entre 0-99
Domínio Comboio: número inteiro com valores entre 0-99

Lugar (

Numero	Numero	Não Nulo,
Comboio	Comboio	Não Nulo,

CHAVE PRIMARIA (Numero),

CHAVE ESTRANGEIRA Comboio **REFERENTE A** Comboio (NComb) AO ATUALIZAR
CASCATA AO REMOVER CASCATA);