

**Universidade do Minho**

Mestrado Integrado em Engenharia Informática

**Unidade Curricular de**

**Bases de Dados NOSQL**

Ano Letivo de 2019/2020

**Migração *Sakila***

**Ana Ribeiro - A82474**

**Jéssica Lemos - A82061**

**Pedro Freitas - A80975**

Janeiro, 2020

|  |  |
| --- | --- |
| Data de Recepção |  |
| Responsável |  |
| Avaliação |  |
| Observações |  |

**Migração *Sakila***

**Ana Ribeiro - A82474**

**Jéssica Lemos - A82061**

**Pedro Freitas - A80975**

Janeiro, 2020

**Resumo**

Este trabalho que foi realizado no âmbito da unidade curricular de Base de Dados NoSQL, consistiu na migração da base de dados *Sakila* para uma outra base de dados relacional, em *Oracle* e duas não relacionais, uma orientada a documentos, *Mongo*, e outra a grafos *Neo4j*.

Inicialmente foi criado um esquema para cada um dos novos sistemas, equivalente ao esquema da base de dados relacional fornecido, sendo posteriormente explicado os processos para fazer a migração dos dados contidos na base de dados fornecida. Foi ainda implementado um conjunto de *queries* com o intuito de demonstrar a operacionalidade dos sistemas.

Por fim realizamos uma análise crítica do trabalho realizado, comparando os modelos e as funcionalidades agora implementadas.

**Palavras-Chave:** Bases de Dados Relacional, Bases de Dados Relacional, MongoDB, Neo4j, Sakila, SQL, noSQL, Oracle, Migração de dados

**Índice**

[**Resumo** i](#_Toc29836097)

[**Índice** ii](#_Toc29836098)

[**Índice de Figuras** iv](#_Toc29836099)

[**Índice de Tabelas** v](#_Toc29836100)

[1 Introdução 1](#_Toc29836101)

[1.1 Contextualização 1](#_Toc29836102)

[1.2 Apresentação do Caso de Estudo 1](#_Toc29836103)

[1.3 Motivação e Objetivos 1](#_Toc29836104)

[1.4 Estrutura do Relatório 2](#_Toc29836105)

[2 Sakila 3](#_Toc29836106)

[3 Queries 6](#_Toc29836107)

[4 Base de Dados Relacional - Oracle 7](#_Toc29836108)

[4.1 Modelo 7](#_Toc29836109)

[4.2 Migração 8](#_Toc29836110)

[4.3 Queries 8](#_Toc29836111)

[4.4 Resultados 10](#_Toc29836112)

[5 Base de Dados Orientada a Grafos - Neo4j 12](#_Toc29836113)

[5.1 Modelo 12](#_Toc29836114)

[5.2 Migração 13](#_Toc29836115)

[5.3 Queries 14](#_Toc29836116)

[5.4 Resultados 16](#_Toc29836117)

[5.5 Comparação com o Modelo Relacional 18](#_Toc29836118)

[6 Base de Dados Documental - MongoDB 19](#_Toc29836119)

[6.1 Modelo 19](#_Toc29836120)

[6.2 Migração de dados 22](#_Toc29836121)

[6.3 Querys 23](#_Toc29836122)

[6.4 Resultados 24](#_Toc29836123)

[6.5 Comparação com o Modelo Relacional 25](#_Toc29836124)

[7 Conclusões e Trabalho Futuro 26](#_Toc29836125)

[10 Anexos 29](#_Toc29836126)

**Anexos**

[I. Anexo 1 – Criação das tabelas MySQL 30](#_Toc29836127)

[II. Anexo 2 – Foreign keys MySQL 39](#_Toc29836128)

[III. Anexo 3 – Povoamento MySQL 42](#_Toc29836129)

[IV. Anexo 4 – Exportação de Dados Neo4j 46](#_Toc29836130)

[V. Anexo 5 – Importação de Dados Neo4j 49](#_Toc29836131)

**Índice de Figuras**

[Figura 1 - Modelo lógico Sakila 5](#_Toc29836132)

[Figura 2 - Resutado da query 1 em *MySQL* 10](#_Toc29836133)

[Figura 3 - Resultado da query 4 em *MySQL* 11](#_Toc29836134)

[Figura 4 - Resultado da query 5 em *MySQL* 11](#_Toc29836135)

[Figura 5 - Esquema Modelo Neo4j 13](#_Toc29836136)

[Figura 6 - Resultado da query 1 em *Neo4j* 16](#_Toc29836137)

[Figura 7 - Resultado da query 4 em *Neo4j* 17](#_Toc29836138)

[Figura 8 – Resultado da query 5 em *Neo4j* 17](#_Toc29836139)

[Figura 9 - Resultado da query 1 em MongoDB 24](#_Toc29836140)

[Figura 10 - Resultado da query 4 em MongoDB 24](#_Toc29836141)

[Figura 11 - Resultado da query 5 em MongoDB 24](#_Toc29836142)

**Índice de Tabelas**

[Tabela 1 - Tabelas Sakila 4](#_Toc29836143)

# Introdução

## Contextualização

Nos dias de hoje existe uma grande evolução tecnológica e com isso surgem novas ferramentas e abordagens aos mais variados problemas. Havendo uma enorme procura de conseguirmos responder a todas as necessidades dos utilizadores da maneira mais eficiente possível, é recorrente existir propostas de atualizações do sistema como um todo, o que pode implicar uma mudança brusca no produto em si e como os dados são armazenados.

Assim iremos neste projeto executar diferentes migrações de dados de forma a tornar o nosso sistema mais funcional, apelativo e com melhor *performance* para o cliente, abordando sistemas relacionais e não relacionais.

## Apresentação do Caso de Estudo

Para podermos realizar a migração de dados para os diferentes novos sistemas para ter como caso de estudo a base de dados *Sakila*, implementada num sistema relacional com *MySQL*.

Esta base de dados servirá de exemplo para as novas estratégias e implementações sendo expectável obtermos as mesmas respostas que obtemos na implementação atual.

Visto que a *Sakila* já vem como exemplo para quem começa a trabalhar com ferramentas de *MySQL* esta é bastante conhecida a toda a comunidade que trabalha com bases de dados desse tipo e dada a sua complexidade e grandeza consideráveis é um exemplo perfeito para aplicarmos os ensinamentos adquiridos.

## Motivação e Objetivos

Este projeto tem como objetivo mostrar-nos e percebermos as principais diferenças entre três modelos de sistema de base de dados bastante conhecidos e usados em situações reais.

Com isto poderemos consolidar os conhecimentos obtidos nas aulas e ao mesmo tempo termos contacto com um possível cenário real de construção e implementação de um novo sistema de base de dados a partir de um sistema já existente.

## Estrutura do Relatório

Ao longo deste relatório vamos falar de cada um dos modelos assim como a base de dados base para executar todo o processo.

Começaremos por falar da base de dados *Sakila* e como está implementada em *MySQL*. Depois iremos abordar para cada novo sistema de base de dados o novo modelo de dados, assim como os processos de migração e exportação dos dados, como executar os pedidos ao sistema e os resultados obtidos a esses mesmo pedidos.

# Sakila

De forma a facilitar o processo de migração da base de dados *Sakila* para os modelos pretendidos, começamos por realizar uma análise detalhada. Assim sendo, de seguida é possível observar todas as tabelas existentes no modelo fornecido, bem como uma breve descrição para perceber a sua função:

|  |  |
| --- | --- |
| Tabela | Descrição |
| Ator | Lista a informação de todos os atores. Encontra-se ligada à tabela *film* através da tabela *film\_actor* |
| Address | Contém informações de endereços para clientes, funcionários e lojas. |
| Category | Lista as categorias que podem ser atribuídas a um filme. Está ligada a tabela *film* através da tabela *film\_actor* |
| City | Contém uma lista de cidades |
| Country | Possui uma lista de países |
| Customer | Dispõe uma lista de todos os clientes |
| Film | A tabela dos filmes tem uma lista de todos os filmes que podem existir em stock nas lojas. As que existem de facto estão na tabela inventário. |
| Film\_actor | Esta tabela é utilizada para suportar o relacionamento de muitos para muitos existente entre as tabelas *film* e *actor*. Para cada ator em um determinado filme haverá uma linha neste tabela |
| Film\_category | É usada para apoiar um relacionamento de muitos para muitos entre as tabelas *film* e *category*. Assim, para cada categoria associada a um *film* existirá uma linha nesta tabela |
| Film\_text | Utilizada para guardar a descrição associada ao *film*. Esta é mantida em coerência com a tabela *film* através de triggers |
| Inventory | Contém um registo para cada *film* existente numa determinada loja |
| Language | Lista os possíveis idiomas que os filmes podem ter |
| Payment | Regista cada pagamento feito por um cliente, com informações como o valor e o aluguer em questão. |
| Rental | Contém uma linha para cada aluguer de um item do inventário. Esta tem informações sobre quem alugou quando o fez e a quando devolveu |
| Staff | Lista as informações relativas a todos os trabalhadores |
| Store | Lista todas as lojas do sistema. Todo o stock é atribuído a lojas específicas. |

Tabela 1 - Tabelas Sakila

Uma vez estudadas as tabelas, foi necessário verificar as relações estabelecidas de modo a perceber como toda a informação se encontra associada bem como identificar todas as chaves primárias e estrangeiras contida nas mesmas. Este é uma etapa fundamental já que para conseguirmos elaborar o esquema de dados para os novos sistemas é essencial entender como tudo se procede no *MySQL*. Deste modo, de seguida ilustramos o modelo lógico apenas como as chaves primárias e secundárias de cada tabela para que seja mais intuitivo e percetível.

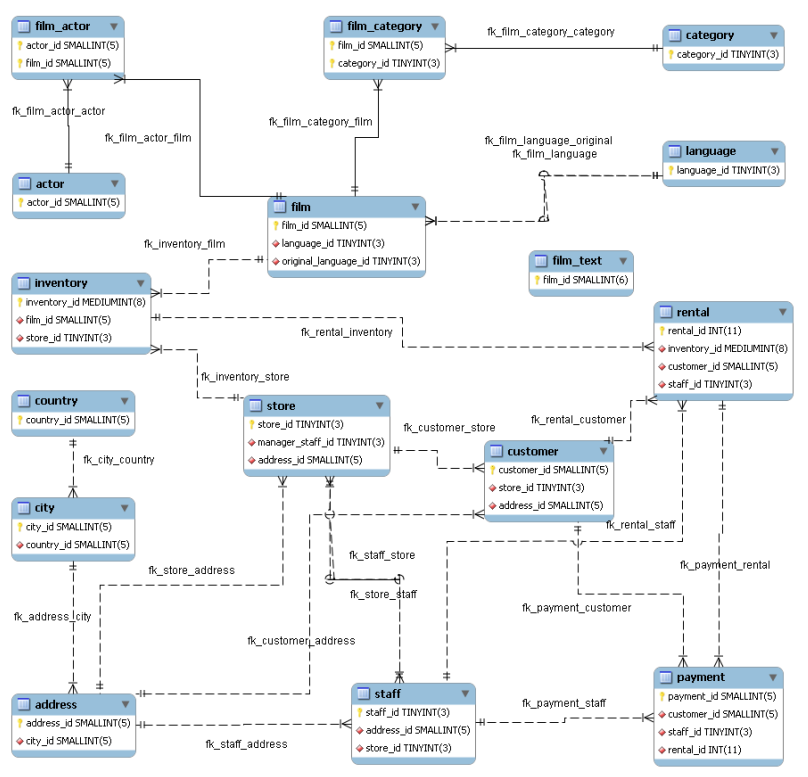


Figura 1 - Modelo lógico Sakila

# Queries

De modo a comparar os resultados obtidos nas implementações da Base de Dados *Sakila* em *Oracle*, *Mongo* e *Neo4j* bem como testar as mesmas, e desta forma demonstrar a operacionalidade dos sistemas implementado, decidimos definir 7 queries que são apresentadas de seguida. Após o processo de definição do modelo e migração da base de dados é expectável que os resultados obtidos das queries no modelo relacional e nos dois não relacionais sejam iguais aos obtidos em *MySQL*.

1. Top 5 dos filmes mais alugados
2. Top 3 das lojas que mais faturam
3. Top 3 dos alugueres de filmes mais longos
4. Top 3 dos filmes que tiveram alugados por mais tempo
5. Top 5 das categorias mais alugadas
6. Top 3 dos atores que participou em mais filmes
7. Top 5 dos distritos com mais clientes
8. Top 5 dos funcionários que alugaram mais filmes

# Base de Dados Relacional - Oracle

Tal como o *MySQL* a *Oracle* também é um Sistema de Gestão de Base de Dados relacional, pelo que o esquema de dados utilizado foi o mesmo. Contudo, verificamos que os tipos de dados existentes variam e como tal foi necessário modificar os que não eram reconhecidos pela *Oracle*. Para além disso, ainda foi preciso ter em atenção o processo de migração dos dados, já que alguns tipos foram alterados e como tal não vão corresponder. Assim sendo, de seguida iremos explicar todo o processo bem como a execução das queries propostas anteriormente.

## Modelo

Como optamos por manter o esquema geral da base de dados e apenas alterar as funcionalidades que não se encontram disponíveis na Oracle, na conversão das tabelas o mais complicado foi perceber quais não existiam e para que tipo deveriam migrar. Após uma análise verificamos que essencialmente existiam quatro problemas diferentes. Primeiro deparamo-nos com a incompatibilidade de dados, por exemplo o *BOOLEAN* não é um tipo definido em *Oracle* pelo que foi necessário substituí-lo por *NUMBER(1,0)*. De forma a realizar esta conversão do modo mais correto possível recorremos a um guia de conversão. Em *MySQL* no ficheiro de criação das tabelas era introduzida uma regra que basicamente atualizava o *timestamp* da tabela sempre que nesta fosse alterado algum dos seus campos. No entanto, verificamos que em *Oracle* não era permitido efetuar da mesma forma. A solução encontrada passou pela criação de um *trigger* para cada tabela que sempre que a mesma é atualizada altera o seu *timestamp* para a data atual como pretendido. Outra das diferenças encontradas foi o modo como é realizada a autoincrementação de uma variável. No *MySQL* utiliza-se o *AUTO\_INCREMENT* enquanto que no *Oracle* se cria uma sequência indicando-lhe em que valor deve começar e quanto deve aumentar de cada vez. Finalmente constatamos que a sintaxe de criação de *primary keys* em *Oracle* não é igual, pelo que mais uma vez tivemos de adaptar.

Assim sendo, de seguida apresentamos a título de exemplo a criação da tabela *Country* em ambos os SGBD, onde é possível verificar as principais alterações enumeradas anteriormente inclusive o *trigger* para atualizar o *timestamp*.

* **Criação da tabela *Country MySQL***

**CREATE TABLE country (**

**country\_id SMALLINT UNSIGNED NOT NULL AUTO\_INCREMENT,**

**country VARCHAR(50) NOT NULL,**

**last\_update TIMESTAMP NOT NULL DEFAULT CURRENT\_TIMESTAMP ON UPDATE CURRENT\_TIMESTAMP,**

**PRIMARY KEY (country\_id)**

**)ENGINE=InnoDB DEFAULT CHARSET=utf8;**

* **Criação da tabela *Country Oracle***

**CREATE TABLE country (**

**country\_id SMALLINT GENERATED BY DEFAULT AS IDENTITY (START WITH 1 INCREMENT BY 1),**

**country VARCHAR(50) NOT NULL,**

**last\_update TIMESTAMP DEFAULT CURRENT\_TIMESTAMP,**

**CONSTRAINT pk\_country PRIMARY KEY (country\_id));**

## Migração

De forma a realizar a migração dos dados optamos por utilizar a linguagem *Python*. Assim sendo recorremos ao módulo de extensão cx\_Oracle do *Python* para estabelecer a conexão com a base de dados Oracle. Desta forma, apenas tivemos de percorrer o ficheiro de povoamento da *Sakila* e inserir os dados na base de dados *Oracle*. Contudo foi necessário proceder a algumas alterações devido à mudança efetuada em alguns tipos de dados.

De forma a facilitar este processo decidimos inserir as chaves estrangeiras apenas depois do povoamento, já que verificamos que existem bastantes relações entre tabelas. Esta alteração apenas foi possível porque é nos assegurado que os dados se encontram consistentes, já que provêm do *MySQL*. Contudo criamos um ficheiro com todas as chaves estrangeiras, de forma a manter todas as verificações necessárias.

Deste modo após efetuarmos o povoamento da base de dados *Oracle*, executamos o script que contém todas as *Constraints*. Assim, na eventualidade dos dados não serem consistentes é possível detetar. É importante referir que tanto o ficheiro de povoamento como o de inserção das chaves estrangeiras se encontram em anexo.

## Queries

Nesta secção iremos apresentar a implementação de todas as queries planeadas anteriormente em *MySQL*.

1. **Top 5 dos filmes mais alugados**

**select f.title as film, count(r.rental\_id) as num\_films**

**from film f**

**inner join inventory i on (i.film\_id = f.film\_id)**

**inner join rental r on (r.inventory\_id = i.inventory\_id)**

**group by f.title**

**order by num\_films DESC**

**fetch first 5 rows only;**

1. **Top 3 das lojas que mais faturam**

**select s.store\_id as Store, sum(p.amount) as Faturado**

**from store s**

**inner join staff st on (st.store\_id = s.store\_id)**

**inner join payment p on (st.staff\_id = p.staff\_id)**

**group by s.store\_id**

**order by Faturado DESC**

**fetch first 3 rows only;**

1. **Top 3 dos alugueres de filmes mais longos**

**select f.title as Title, sum(r.return\_date-r.rental\_date) as TotalDays**

**from film f**

**inner join inventory i on (i.film\_id = f.film\_id)**

**inner join rental r on (r.inventory\_id = i.inventory\_id)**

**group by f.title**

**order by TotalDays DESC**

**fetch first 3 rows only;**

1. **Top 5 das categorias mais alugadas**

**select count(r.rental\_id) as num\_films, c.name as category**

**from category c**

**inner join film\_category fc on (fc.category\_id = c.category\_id)**

**inner join film f on (f.film\_id = fc.film\_id)**

**INNER JOIN inventory i ON (i.film\_id=f.film\_id)**

**INNER JOIN rental r ON (r.inventory\_id=i.inventory\_id)**

**group by c.name**

**order by num\_films DESC**

**fetch first 5 rows only;**

1. **Top 3 dos atores que participaram em mais filmes**

**select a.first\_name, a.last\_name, count(fa.film\_id) as num\_films**

**from actor a**

**inner join film\_actor fa on (fa.actor\_id = a.actor\_id)**

**group by a.actor\_id,a.first\_name, a.last\_name**

**order by num\_films DESC**

**fetch first 3 rows only;**

1. **Top 5 dos distritos com mais clientes**

**select a.district as District, count(c.customer\_id) as Total**

**from address a**

**inner join customer c on (c.address\_id = a.address\_id)**

**group by a.district**

**order by Total DESC**

**fetch first 5 rows only;**

1. **Top 5 dos funcionários que alugaram mais filmes**

**select s.staff\_id as ID, s.first\_name as FirstName, s.last\_name as LastName, count(p.payment\_id) as Total**

**from staff s**

**inner join payment p on (p.staff\_id = s.staff\_id)**

**inner join rental r on (r.rental\_id = p.rental\_id)**

**group by s.staff\_id, s.first\_name, s.last\_name**

**order by Total DESC**

**fetch first 5 rows only;**

## Resultados

De seguida iremos expor os resultados obtidos de algumas das queries definidas previamente, nomeadamente a 1, 4 e 5.

1. **Top 5 dos filmes mais alugados**

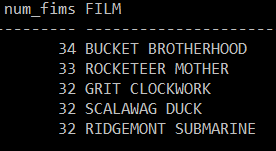


Figura 2 - Resutado da query 1 em *MySQL*

1. **Top 5 das categorias mais alugadas**

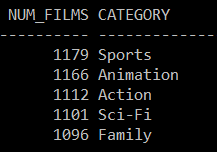


Figura 3 - Resultado da query 4 em *MySQL*

1. **Top 3 dos atores que participaram em mais filmes**

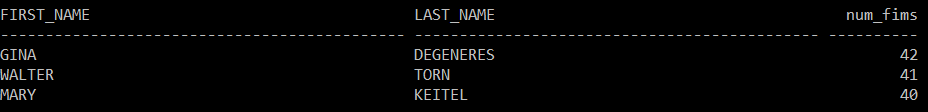


Figura 4 - Resultado da query 5 em *MySQL*

# Base de Dados Orientada a Grafos - Neo4j

## Modelo

De modo a obtermos o modelo apropriado para o *Neo4j* da Base de Dados *Sakila* tornou-se necessário realizarmos algumas alterações no modelo da mesma, entre as quais:

* **Retirar a Identificação –** No Modelo Relacional todas as entidades possuem uma chave estrangeira, que se caracterizam por um id. Uma vez que no *Neo4j*, por ser uma base de dados orientada a grafos, não são necessários estes mesmos identificadores para criarmos as entidades e os correspondentes relacionamentos decidimos remover os mesmos. Contudo, constatamos que a *Store* não possuía mais nenhum elemento que a caracteriza-se pelo que esta é a única entidade com respetivo identificador.
* **Retirar tabelas desnecessárias –** Ao longo deste processo tornou-se percetível que existiam algumas tabelas que não eram necessárias serem convertidas, sendo estas as correspondentes aos relacionamentos muitos para muitos, ou seja, as tabelas*film\_category*, *film\_actor* e *inventory*. No entanto, nesta última existia um indentificador como chave estrangeira, que permitia obtermos o *stock* de filmes existente em cada *store*. Para armazenar este valor optamos por criar uma propriedade no relacionamento entre a *Store* e o *Film* com o *stock* correspondente àquela loja. Por último, optamos por não converter a tabela *film\_text*, tendo em conta que consideramos que esta não acrescentava informação útil nem necessária às seguintes fases do projeto.

Terminada a fase de tomada de decisão, podemos então esboçar o esquema que pretendemos para o nosso modelo, que é apresentado na Figura 5 - Esquema Modelo Neo4j.

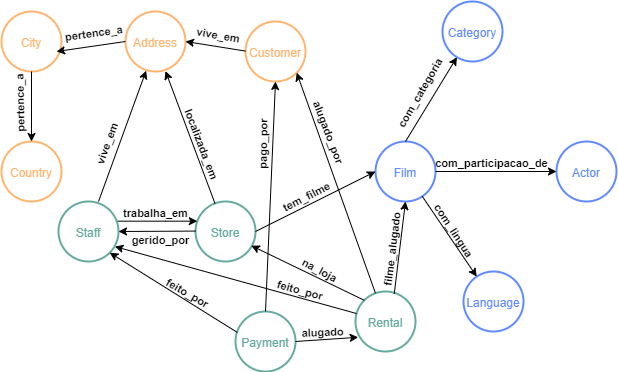


Figura 5 - Esquema Modelo Neo4j

## Migração

Nesta fase passamos para a exportação dos dados da *Sakila* para ficheiros *CSV* de modo a importá-los posteriormente para o *Neo4j*. Tendo em conta as decisões indicadas anteriormente criamos um ficheiro *sql*, que se encontra em anexo, para a extração destes mesmos dados. Basicamente o processo que adotamos para a migração foi o seguinte:

* **Exportação –** nesta fase recorrendo ao *sql* extraímos todos os dados pretendidos tendo em conta as decisões tomadas. Tal como foi indicado anteriormente, decidimos remover os identificadores uma vez que não eram necessários, contudo devido à existência de algumas entidades, como é o caso do *Payment* e da *Rental*, que não tinham nenhum atributo que as pudessem identificar houve a necessidade de migrar estas com os seus id’s para a posterior criação dos relacionamentos. Para além disso, uma vez que constatamos que existia um ator repetido optamos também por migrar o seu id. A título exemplificativo apresentamos de seguida um excerto referente à exportação do *Country* e da *City.*

**select \* from country**

**into outfile '/var/lib/mysql-files/country.csv'**

**FIELDS TERMINATED BY ','**

**LINES TERMINATED BY '\n';**

**select city, country from city**

**inner join country on city.country\_id = country.country\_id**

**into outfile '/var/lib/mysql-files/city.csv'**

**FIELDS TERMINATED BY ','**

**LINES TERMINATED BY '\n';**

* **Importação –** realizada a exportação podemos agora importar os dados para *Neo4j*. Nesta fase, tivemos o cuidado de eliminar os identificadores das entidades *Payment*, *Rental* e *Actor,* que foram migrados tal com explicado anteriormente, após a criação dos relacionamentos. De seguida, é exemplificado a importação para os mesmos casos, em que para o *Country* são criados os nós e de seguida um índice no nome do mesmo. Enquanto que para a *City* para além da criação dos nós é criado o relacionamento entre o anterior e esta, sendo por fim criado o índice no nome da mesma.

**load csv from "file:///country.csv" as line**

**create (co :Country {country : line[1]});**

**create index on :Country(country);**

**load csv from "file:///city.csv" as line**

**match (co: Country)**

**where co.country = line[1]**

**create (ci: City {city: line[0]}),**

**(ci)-[r:pertence\_a]->(co);**

**create index on :City(city);**

## Queries

1. **Top 5 dos filmes mais alugados**

**match(f:Film)<-[a:filme\_alugado]-(r:Rental)**

**return f, count(a) as num\_films**

**order by num\_films desc**

**limit 5**

1. **Top 3 das lojas que mais faturam**

**match(s:Store)<-[:trabalha\_em]-(st:Staff)<-[:feito\_por]-(p:Payment)**

**return s, sum(p.amount) as num\_stores**

**order by num\_stores desc**

**limit 3**

1. **Top 3 dos alugueres de filmes mais longos**

**match(r:Rental)-[:filme\_alugado]->(f:Film)**

**where exists(r.return\_date)**

**return f.title, avg(duration.between(datetime(r.rental\_date), datetime(r.return\_date))) as dur\_avg**

**order by dur\_avg desc**

**limit 3**

1. **Top 5 das categorias mais alugadas**

**match(r:Rental)-[:filme\_alugado]->(f:Film)-[:com\_categoria]->(c:Category)**

**return count(f) as num\_films,c**

**order by num\_films desc**

**limit 5**

1. **Top 3 dos atores que participaram em mais filmes**

**match(f:Film)-[:com\_participacao\_de]->(a:Actor)**

**return count(f) as num\_films,a**

**order by num\_films desc**

**limit 3**

1. **Top 5 dos distritos com mais clientes**

**MATCH (c:Customer)-[r:vive\_em]->(a:Address)**

**return count(c) as num\_customer, a.district**

**order by num\_customer desc**

**limit 5**

1. **Top 5 dos funcionários que alugaram mais filmes**

**match(r:Rental)<-[:alugado]-(p:Payment)-[:feito\_por]->(s:Staff)**

**return count(r) as num\_films, s**

**order by num\_films desc**

**limit 5**

## Resultados

Através das queries definidas pelo grupo tornou-se assim possível obter várias informações relevantes da Base de Dados *Sakila*. De seguida são apresentados os resultados obtidos em algumas das apresentadas anteriormente.

1. **Top 5 dos filmes mais alugados**

Através desta query é possível obter os 5 filmes mais alugados, sendo possível observar neste caso em específico o nome dos filmes bem como o número de vezes que foi alugado. Nesta optamos por devolver os filmes, ou seja, todas as informações referentes aos mesmos, contudo no resultado seguinte apenas apresentamos o título, dado que se tornaria muita informação para ser apresentada.

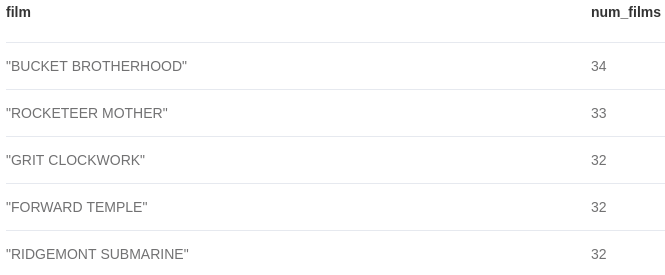


Figura 6 - Resultado da query 1 em *Neo4j*

1. **Top 5 das categorias mais alugadas**

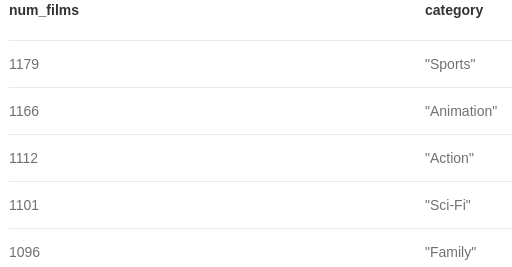


Figura 7 - Resultado da query 4 em *Neo4j*

1. **Top 3 dos atores que participaram em mais filmes**



Figura 8 – Resultado da query 5 em *Neo4j*

## Comparação com o Modelo Relacional

Como era expectável a migração da Base de Dados Relacional *Sakila* para *Neo4j* permitiu a implementação de um modelo bastante mais simples, em parte porque os relacionamentos de muitos para muitos podem ser tratados de uma forma eficiente, e ainda foi possível eliminar as chaves estrangeiras. Para além disso, a implementação das queries é bastante mais percetível e rápida sendo que a performance é melhorada uma vez que em *MySQL* as mesmas teriam uma resolução mais complexa com vários *JOINs.*

# Base de Dados Documental - MongoDB

Tal como o nome indica uma base de dados documental tem como base os documentos. Neste tipo de base de dados temos de realmente perceber o que é necessário guardar e como as agregar. Além disso queremos evitar ao máximo os relacionamentos entre as várias entidades de forma a evitar muitos cruzamentos de dados. Isto resultará em, por exemplo, repetição de dados, porém essa repetição não é crítica pois não implica uma redução significante da performance.

## Modelo

Como foi introduzido anteriormente, o modelo deste tipo de base de dados é bastante diferente ao modelo relacional.

Para realizarmos qualquer alteração foi primeiro necessário estudar e compreender como funciona o modelo relacional e perceber para que, de facto, é usada e que tipo de dados é que guardo. Esta primeira análise foi fundamental para podermos executar o processo de adaptação de um modelo de base de dados relacional para um modelo documental, de forma a poder manter a principal função da mesma.

Dito isto e após a análise pudemos identificar as duas principais entidades como os alugueres (*rentals)* e os clientes (*customers*). *Rentals* diz respeito a qualquer aluguer feito por um cliente que alugou um filme. *Customers* diz respeito a qualquer cliente da entidade que disponibiliza os filmes para alugar. Cada uma destas entidades será uma coleção na nossa base de dados. Existirá ainda outra coleção que corresponderá aos filmes. Visto que os filmes são a base dos alugueres, achamos por bem guardar toda a coleção de filmes existentes.

A coleção *rentals* será uma coleção com alguma informação. Para poder responder a alguns pedidos da entidade que usufrui da base de dados, foi necessário agregar informação de várias tabelas nas entradas de *rentals*. Esta será formada por:

* \_id : ObjectId
* id: Inteiro
* customers\_id: Inteiro
* rental\_date: Data
* return\_date: Data
* rental\_duration: Timestamp
* payment\_Value: Double
* staff: {
  + staff\_id: String
  + name: String
  + email: String
  + store\_id: String
  + store\_address: String
  + store\_city: String
  + store\_district: String
  + store\_country: String

}

* film: {
  + film\_id: String
  + title: String
  + description: String
  + special\_features: String
  + language: String
  + category: String,
  + actors: [String]

}

Faremos agora uma breve análise aos dados que guardados nesta entrada. Optamos por manter os id’s atribuídos no modelo relacional no próprio *rental*, assim como para o *staff*, a *store*, e para o *film*. Foi necessário guardar para a *store*, visto que esta não tinha um nome que a identificasse e por isso optamos por guardar para as restantes entidades relevantes. Depois sendo um *rental* achamos que faria sentido guardar a data do aluguer e a data de entrega. Para facilitar futuras operações adicionamos a duração da mesma. Para respondermos a algumas querys teríamos de guardar informação sobre a loja onde um *rental* foi realizado e o funcionário que atendeu. Por isso decidimos guardar tudo isso dentro do *staff.* Aí guardamos as informações do funcionário (id, nome, email) e da loja (id, morada, cidade, distrito, país). Quanto ao filme que foi alugado decidimos guardar o seu id, o título, descrição e conteúdos extra, a linguagem, a categoria na qual se insere e o nome e todos os atores que participam no filme. Por uma questão de conveniência guardamos também o id do cliente, sendo esta a única ligação com a coleção *customers*.

A coleção *customers* é uma coleção com um conjunto de informação mais pequeno, visto que se foca apenas no cliente em si. Assim temos:

* \_id: ObjectId
* customer\_id: String
* name: String
* email: String
* address: {
  + address: String
  + district: String
  + postal\_code: String
  + city: String
  + country: String

}

sddsfs

Quanto aos dados guardados temos o id do cliente (para podermos interligar com o/os *rental/rentals* associados). Além do id guardamos o nome, o email e a morada do cliente. Esta morada é composta através da rua, cidade, distrito, país e código postal.

A coleção filmes será uma coleção com todas as informações de um dado filme:

* \_id: ObjectId
* film\_id: String
* title: String
* description: String
* release\_year: String
* rental\_duration: String
* rental\_rate: String
* length: String
* replacement\_cost: String
* rating: String
* special\_features: String
* last\_update: String
* language: String
* category: String
* actors: [String]

## Migração de dados

Quanto à migração dos dados podemos identificar duas fases distintas:

* **Exportação -** diz respeito ao processo de extrair os dados do modelo relacional e adaptar para o formato pretendido. Também esta fase poderá ser dividida em duas transformações.

A primeira transformação baseia-se na extração de todos os dados possíveis do modelo relacional *MySQL*. Copiamos todas as informações para vários ficheiros *SQL*, onde cada um dizia respeito a uma tabela e continha o script de criação da tabela e o povoamento da mesma. Após isto, com a ajuda de uma ferramenta online, convertemos cada ficheiro num ficheiro *JSON*.

A segunda transformação trata-se de moldar os ficheiros *JSON* para guardar as informações pretendidas e para poder suportar a base de dados documental. Para tal fizemos uso de 4 scripts diferentes desenvolvidos em *Python*. Cada script irá moldar ficheiros *JSON* para poder guardar *Addresses, Films, Rentals* e por fim *Customers*. De realçar que destes quatro novos ficheiros *JSON*, os principais serão o de *Rentals*, o dos *Customers* e o dos *Films*, visto que estes são o suporte para cada coleção. Os restantes novos ficheiros são usados como ferramenta para estes dois pois já se encontram no formato que queremos. Estes scripts podem ser encontrados dentro da pasta *MongoDB/ficheiros\_JSON/scripts*.

* **Importação -** diz respeito à fase de importar os dados dos ficheiros *JSON* para a base de dados em *Mongo*. Para tal existe ainda uma pequena alteração aos dois ficheiros. Teremos de retirar as primeiras duas linhas de cada um, assim como a última, para o documento começar e terminar com **[** e **]** respetivamente. Após isto será necessário introduzir na linha de comandos:

**mongoimport -d Sakila -c rentals --jsonArray ficheiros\_JSON/newJson/rental.json**

e

**mongoimport -d Sakila -c customers --jsonArray ficheiros\_JSON/newJson/customers.json**

e

**mongoimport -d Sakila -c films --jsonArray ficheiros\_JSON/newJson/film.json**

## Querys

Nesta secção vamos apresentar a implementação de todas as querys planeadas:

1. **Top 5 dos filmes mais alugados**

Nesta query temos de percorrer a coleção **rental** e agrupamos cada entrada através do atributo **title** do object **film**.

**db.rentals.aggregate([{$group: {\_id: "$film.title", numRentals:{$sum:1}}},{$sort: {numRentals:-1}},{$limit:5}])**

1. **Top 3 das lojas que mais faturam**

Nesta query temos de percorrer a coleção **rental** e agrupar cada entrada pelo atributo **store\_id** do object **staff**. Após esse agrupamento temos de somar cada pagamento recebido através do atributo **payment\_value**.

**db.rentals.aggregate([{$group: {\_id: "$staff.store\_id", store\_profit:{$sum:"$payment\_value"}}},{$sort: {store\_profit:-1}},{$limit:3}])**

1. **Top 3 filmes dos alugueres mais longos**

Nesta query temos, mais uma vez, de percorrer a coleção **rental** e agrupar cada entrada pelo atributo **id** ou **title** do *object* **film**. Com este agrupamento poderemos ordenar o mesmo pelo atributo **rental\_duration** e obter assim o top 3.

**db.rentals.find({},{"\_id":0,"film.title":1,"rental\_duration":1,"staff.store\_id":1}).sort({rental\_duration:-1}).limit(3)**

1. **Top 5 das categorias mais alugadas**

**db.rentals.aggregate([{$group: {\_id: "$film.category", numRentals:{$sum:1}}},{$sort: {numRentals:-1}},{$limit:5}])**

1. **Top 3 dos atores que participaram em mais filmes**

**db.films.aggregate([{$unwind: "$actors"},{$group: {\_id: "$actors", numFilmes: {$sum:1}}},{$sort: {numFilmes:-1}},{$limit:3}])**

1. **Top 5 dos distritos com mais clientes**

**db.customers.aggregate([{$group: {\_id: "$address.district", numCustomers:{$sum:1}}},{$sort: {numCustomers:-1}},{$limit:5}])**

1. **Top 5 dos funcionários que alugaram mais filmes**

**db.rentals.aggregate([{$group: {\_id: "$staff.name", number\_rentals:{$sum:1}}},{$sort: {number\_rentals:-1}},{$limit:5}])**

## Resultados

Vamos agora apresentar os resultados para as queries 1, 4 e 5.

* 1. **Top 5 dos filmes mais alugados**

**Uma imagem com exterior, símbolo, garrafa

Descrição gerada automaticamente**

Figura 9 - Resultado da query 1 em MongoDB

De realçar que estes valores podem variar com os outros sistemas devido ao grande número de filmes que foram alugados 32 vezes.

1. **Top 5 das categorias mais alugadas**

**Uma imagem com exterior, símbolo, rua, verde

Descrição gerada automaticamente**

Figura 10 - Resultado da query 4 em MongoDB

1. **Top 3 dos atores que participaram em mais filmes**

**Uma imagem com símbolo, exterior, garrafa, rua

Descrição gerada automaticamente**

Figura 11 - Resultado da query 5 em MongoDB

## Comparação com o Modelo Relacional

Tal como seria de esperar esta migração de dados tornou o modelo bastante mais simples e intuitivo. Com este modelo documental perdemos a dependência dos dados que, apesar de haver referência entre a coleção *rentals* e a coleção *customers*, nenhuma delas depende da outra. Isto leva a que se houver uma alteração de dados na coleção que corresponde aos clientes, a coleção de alugueres continua a poder responder a qualquer questão. Outro aspeto positivo é o facto de assim não haver o rigor no formato dos dados das coleções. Além disso, todo o processo de procura e inserção de informação é bastante mais rápida.

# Conclusões e Trabalho Futuro

Com a realização deste trabalho foi possível ficar a conhecer mais detalhadamente cada um do SGBD implementados. Ao longo do seu desenvolvimento verificamos que cada um possui as suas características próprias que o torna mais adequado para determinados contextos. Desta forma, no futuro ser-nos-á mais fácil escolher o sistema indicado já que conhecemos melhor cada um.

Assim como o *MySQL* a *Oracle* também é um SGBD relacional, pelo que a migração foi bastante simples sendo necessário apenas algumas alterações principalmente relacionadas com a sintaxe de ambos os modelos. Tendo a *Sakila* já apresenta uma complexidade considerável constatamos na resolução das queries que é necessário realizar vários *Join* o que não é muito bom a nível de desempenho.

No caso do *Neo4j* é notório que a criação do modelo é bastante flexível e a sua modificação também, sendo a sua criação foi bastante simples bem como as queries criadas que foram bastante menos complexas e com melhor desempenho.

Quanto à base de dados documental, *MongoDB*, vimos que o processo de migração e exportação é bastante simples e que facilmente foi realizado. Também foi simples o processo de construção de queries e foi notável o melhoramento do desempenho e legibilidade do processo.

Em última instância, concluímos que o trabalho foi realizado com sucesso, uma vez que conseguimos migrar a *Sakila* para todos os modelos de base de dados propostos.

Referências

1. Ian Robinson, Jim Webber and Emil Eifrem 2015. Graph Databases New Opportunities for Connected Data. Second Edition / O’Reilly Media.

Lista de Siglas e Acrónimos

**BD** Base de Dados

**SGBD** Sistema de Gestão de Base de Dados

**SQL** Structured Query Language

**SBD** Sistema de Base de Dados

**SBDR** Sistema de Base de Dados Relacional

**NoSQL** Not only SQL

# Anexos

**1. Criação das tabelas MySQL**

**2. Foreign keys MySQL**

**3. Povoamento MySQl**

**4. Importação dos Dados Neo4j**

**5. Exportação dos Dados Neo4j**

1. Anexo 1 – Criação das tabelas MySQL

CREATE TABLE actor (

actor\_id SMALLINT GENERATED BY DEFAULT AS IDENTITY (START WITH 1 INCREMENT BY 1),

first\_name VARCHAR(45) NOT NULL,

last\_name VARCHAR(45) NOT NULL,

last\_update TIMESTAMP DEFAULT CURRENT\_TIMESTAMP,

CONSTRAINT pk\_actor PRIMARY KEY (actor\_id));

CREATE INDEX idx\_actor\_last\_name ON actor (last\_name);

CREATE OR REPLACE TRIGGER actor\_timestamp\_update\_trigger

BEFORE UPDATE ON actor

FOR EACH ROW

BEGIN

:new.last\_update := current\_timestamp;

END;

/

CREATE TABLE country (

country\_id SMALLINT GENERATED BY DEFAULT AS IDENTITY (START WITH 1 INCREMENT BY 1),

country VARCHAR(50) NOT NULL,

last\_update TIMESTAMP DEFAULT CURRENT\_TIMESTAMP,

CONSTRAINT pk\_country PRIMARY KEY (country\_id));

CREATE OR REPLACE TRIGGER country\_timestamp\_update\_trigger

BEFORE UPDATE ON country

FOR EACH ROW

BEGIN

:new.last\_update := current\_timestamp;

END;

/

CREATE TABLE city (

city\_id SMALLINT GENERATED BY DEFAULT AS IDENTITY (START WITH 1 INCREMENT BY 1),

city VARCHAR(50) NOT NULL,

country\_id SMALLINT NOT NULL,

last\_update TIMESTAMP DEFAULT CURRENT\_TIMESTAMP,

CONSTRAINT pk\_city PRIMARY KEY (city\_id),

CHECK(country\_id>0));

CREATE INDEX idx\_fk\_city\_country\_id ON city (country\_id);

CREATE OR REPLACE TRIGGER city\_timestamp\_update\_trigger

BEFORE UPDATE ON city

FOR EACH ROW

BEGIN

:new.last\_update := current\_timestamp;

END;

/

CREATE TABLE address (

address\_id SMALLINT GENERATED BY DEFAULT AS IDENTITY (START WITH 1 INCREMENT BY 1),

address VARCHAR(50) NOT NULL,

address2 VARCHAR(50) DEFAULT NULL,

district VARCHAR(20) NOT NULL,

city\_id SMALLINT NOT NULL,

postal\_code VARCHAR(10) DEFAULT NULL,

phone VARCHAR(20) NOT NULL,

last\_update TIMESTAMP DEFAULT CURRENT\_TIMESTAMP,

CONSTRAINT pk\_address PRIMARY KEY (address\_id),

CHECK(city\_id>0));

CREATE INDEX idx\_fk\_address\_city\_id ON address (city\_id);

CREATE OR REPLACE TRIGGER address\_timestamp\_update\_trigger

BEFORE UPDATE ON address

FOR EACH ROW

BEGIN

:new.last\_update := current\_timestamp;

END;

/

CREATE TABLE category (

category\_id SMALLINT GENERATED BY DEFAULT AS IDENTITY (START WITH 1 INCREMENT BY 1),

name VARCHAR(25) NOT NULL,

last\_update TIMESTAMP DEFAULT CURRENT\_TIMESTAMP,

CONSTRAINT pk\_category PRIMARY KEY (category\_id));

CREATE OR REPLACE TRIGGER category\_timestamp\_update\_trigger

BEFORE UPDATE ON category

FOR EACH ROW

BEGIN

:new.last\_update := current\_timestamp;

END;

/

CREATE TABLE staff (

staff\_id SMALLINT GENERATED BY DEFAULT AS IDENTITY (START WITH 1 INCREMENT BY 1),

first\_name VARCHAR(45) NOT NULL,

last\_name VARCHAR(45) NOT NULL,

address\_id SMALLINT NOT NULL,

picture BLOB DEFAULT NULL,

email VARCHAR(50) DEFAULT NULL,

store\_id SMALLINT NOT NULL,

active NUMBER(1,0) DEFAULT 1,

username VARCHAR(16) NOT NULL,

password varchar(45) DEFAULT NULL,

last\_update TIMESTAMP DEFAULT CURRENT\_TIMESTAMP,

CONSTRAINT pk\_staff PRIMARY KEY (staff\_id),

CHECK(address\_id > 0),

CHECK(store\_id > 0));

CREATE INDEX idx\_fk\_staff\_store\_id ON staff (store\_id);

CREATE INDEX idx\_fk\_staff\_address\_id ON staff (address\_id);

CREATE OR REPLACE TRIGGER staff\_timestamp\_update\_trigger

BEFORE UPDATE ON staff

FOR EACH ROW

BEGIN

:new.last\_update := current\_timestamp;

END;

/

CREATE TABLE store (

store\_id SMALLINT GENERATED BY DEFAULT AS IDENTITY (START WITH 1 INCREMENT BY 1),

manager\_staff\_id SMALLINT NOT NULL,

address\_id SMALLINT NOT NULL,

last\_update TIMESTAMP DEFAULT CURRENT\_TIMESTAMP,

CONSTRAINT pk\_store PRIMARY KEY (store\_id),

CHECK(manager\_staff\_id > 0),

CHECK(address\_id > 0));

CREATE INDEX idx\_fk\_store\_address\_id ON store (address\_id);

CREATE INDEX idx\_store\_manager\_staff\_id ON store(manager\_staff\_id);

CREATE OR REPLACE TRIGGER store\_timestamp\_update\_trigger

BEFORE UPDATE ON store

FOR EACH ROW

BEGIN

:new.last\_update := current\_timestamp;

END;

/

CREATE TABLE customer (

customer\_id SMALLINT GENERATED BY DEFAULT AS IDENTITY (START WITH 1 INCREMENT BY 1),

store\_id SMALLINT NOT NULL,

first\_name VARCHAR(45) NOT NULL,

last\_name VARCHAR(45) NOT NULL,

email VARCHAR(50) DEFAULT NULL,

address\_id SMALLINT NOT NULL,

active NUMBER(1,0) DEFAULT 1,

create\_date DATE NOT NULL,

last\_update TIMESTAMP DEFAULT CURRENT\_TIMESTAMP,

CONSTRAINT pk\_customer PRIMARY KEY (customer\_id),

CHECK(address\_id > 0),

CHECK(store\_id > 0));

CREATE INDEX idx\_fk\_customer\_store\_id ON customer (store\_id);

CREATE INDEX idx\_fk\_customer\_address\_id ON customer (address\_id);

CREATE INDEX idx\_fk\_customer\_last\_name ON customer (last\_name);

CREATE OR REPLACE TRIGGER customer\_timestamp\_update\_trigger

BEFORE UPDATE ON customer

FOR EACH ROW

BEGIN

:new.last\_update := current\_timestamp;

END;

/

CREATE TABLE language (

language\_id SMALLINT GENERATED BY DEFAULT AS IDENTITY (START WITH 1 INCREMENT BY 1),

name CHAR(20) NOT NULL,

last\_update TIMESTAMP DEFAULT CURRENT\_TIMESTAMP,

CONSTRAINT pk\_language PRIMARY KEY (language\_id),

CHECK(language\_id>0));

CREATE OR REPLACE TRIGGER language\_timestamp\_update\_trigger

BEFORE UPDATE ON language

FOR EACH ROW

BEGIN

:new.last\_update := current\_timestamp;

END;

/

CREATE TABLE film (

film\_id SMALLINT GENERATED BY DEFAULT AS IDENTITY (START WITH 1 INCREMENT BY 1),

title VARCHAR(255) NOT NULL,

description CLOB DEFAULT NULL,

release\_year NUMBER DEFAULT NULL,

language\_id SMALLINT NOT NULL,

original\_language\_id SMALLINT DEFAULT NULL,

rental\_duration SMALLINT DEFAULT 3 NOT NULL,

rental\_rate DECIMAL(4,2) DEFAULT 4.99 NOT NULL,

length SMALLINT DEFAULT NULL,

replacement\_cost DECIMAL(5,2) DEFAULT 19.99 NOT NULL,

rating VARCHAR(10) DEFAULT 'G',

special\_features VARCHAR(64) DEFAULT NULL,

last\_update TIMESTAMP DEFAULT CURRENT\_TIMESTAMP,

CONSTRAINT pk\_film PRIMARY KEY (film\_id),

CHECK(rating IN ('G','PG','PG-13','R','NC-17')),

CHECK(language\_id > 0),

CHECK(original\_language\_id > 0),

CHECK(rental\_duration > 0),

CHECK(length > 0));

CREATE INDEX idx\_fk\_film\_title ON film (title);

CREATE INDEX idx\_fk\_film\_language\_id ON film (language\_id);

CREATE INDEX idx\_fk\_film\_original\_language\_id ON film (original\_language\_id);

CREATE OR REPLACE TRIGGER film\_timestamp\_update\_trigger

BEFORE UPDATE ON film

FOR EACH ROW

BEGIN

:new.last\_update := current\_timestamp;

END;

/

CREATE TABLE film\_actor (

actor\_id SMALLINT NOT NULL,

film\_id SMALLINT NOT NULL,

last\_update TIMESTAMP DEFAULT CURRENT\_TIMESTAMP,

CONSTRAINT pk\_film\_actor PRIMARY KEY (actor\_id,film\_id),

CHECK(actor\_id > 0),

CHECK(film\_id > 0));

CREATE INDEX idx\_fk\_film\_actor\_film ON film\_actor (film\_id);

CREATE OR REPLACE TRIGGER film\_actor\_timestamp\_update\_trigger

BEFORE UPDATE ON film\_actor

FOR EACH ROW

BEGIN

:new.last\_update := current\_timestamp;

END;

/

CREATE TABLE film\_category (

film\_id SMALLINT NOT NULL,

category\_id SMALLINT NOT NULL,

last\_update TIMESTAMP DEFAULT CURRENT\_TIMESTAMP,

CONSTRAINT pk\_film\_category PRIMARY KEY (film\_id, category\_id),

CHECK(film\_id > 0),

CHECK(category\_id > 0));

CREATE OR REPLACE TRIGGER film\_category\_timestamp\_update\_trigger

BEFORE UPDATE ON film\_category

FOR EACH ROW

BEGIN

:new.last\_update := current\_timestamp;

END;

/

CREATE TABLE film\_text (

film\_id SMALLINT NOT NULL,

title VARCHAR(255) NOT NULL,

description CLOB,

CONSTRAINT pk\_film\_text PRIMARY KEY (film\_id));

CREATE TABLE inventory (

inventory\_id NUMBER(7,0) GENERATED BY DEFAULT AS IDENTITY (START WITH 1 INCREMENT BY 1),

film\_id SMALLINT NOT NULL,

store\_id SMALLINT NOT NULL,

last\_update TIMESTAMP DEFAULT CURRENT\_TIMESTAMP,

CONSTRAINT pk\_inventory PRIMARY KEY (inventory\_id),

CHECK(film\_id > 0),

CHECK(store\_id > 0));

CREATE INDEX idx\_fk\_inventory\_film\_id ON inventory (film\_id);

CREATE INDEX idx\_fk\_inventory\_store\_id\_film\_id ON inventory (store\_id,film\_id);

CREATE OR REPLACE TRIGGER inventory\_timestamp\_update\_trigger

BEFORE UPDATE ON inventory

FOR EACH ROW

BEGIN

:new.last\_update := current\_timestamp;

END;

/

CREATE TABLE rental (

rental\_id INT GENERATED BY DEFAULT AS IDENTITY (START WITH 1 INCREMENT BY 1),

rental\_date DATE NOT NULL,

inventory\_id NUMBER(7,0) NOT NULL,

customer\_id SMALLINT NOT NULL,

return\_date DATE DEFAULT NULL,

staff\_id SMALLINT NOT NULL,

last\_update TIMESTAMP DEFAULT CURRENT\_TIMESTAMP,

CONSTRAINT pk\_rental PRIMARY KEY (rental\_id),

CHECK(inventory\_id > 0),

CHECK(customer\_id > 0),

CHECK(staff\_id > 0));

CREATE UNIQUE INDEX idx\_rental\_date\_inventory\_customer ON rental (rental\_date,inventory\_id,customer\_id);

CREATE INDEX idx\_fk\_rental\_inventory\_id ON rental (inventory\_id);

CREATE INDEX idx\_fk\_rental\_customer\_id ON rental (customer\_id);

CREATE INDEX idx\_fk\_rental\_staff\_id ON rental (staff\_id);

CREATE OR REPLACE TRIGGER rental\_timestamp\_update\_trigger

BEFORE UPDATE ON rental

FOR EACH ROW

BEGIN

:new.last\_update := current\_timestamp;

END;

/

CREATE TABLE payment (

payment\_id SMALLINT GENERATED BY DEFAULT AS IDENTITY (START WITH 1 INCREMENT BY 1),

customer\_id SMALLINT NOT NULL,

staff\_id SMALLINT NOT NULL,

rental\_id INT DEFAULT NULL,

amount DECIMAL(5,2) NOT NULL,

payment\_date DATE NOT NULL,

last\_update TIMESTAMP DEFAULT CURRENT\_TIMESTAMP,

CONSTRAINT pk\_payment PRIMARY KEY (payment\_id),

CHECK(customer\_id > 0),

CHECK(staff\_id > 0));

CREATE INDEX idx\_fk\_payment\_staff\_id ON payment (staff\_id);

CREATE INDEX idx\_fk\_payment\_customer\_id ON payment (customer\_id);

CREATE OR REPLACE TRIGGER payment\_timestamp\_update\_trigger

BEFORE UPDATE ON payment

FOR EACH ROW

BEGIN

:new.last\_update := current\_timestamp;

END;

/

1. Anexo 2 – Foreign keys MySQL

ALTER TABLE city

ADD CONSTRAINT fk\_city\_country FOREIGN KEY (country\_id) REFERENCES country(country\_id);

ALTER TABLE address

ADD CONSTRAINT fk\_address\_city FOREIGN KEY (city\_id) REFERENCES city(city\_id);

ALTER TABLE staff

ADD CONSTRAINT fk\_staff\_address FOREIGN KEY (address\_id) REFERENCES address (address\_id);

ALTER TABLE store

ADD CONSTRAINT fk\_store\_staff FOREIGN KEY (manager\_staff\_id) REFERENCES staff (staff\_id);

ALTER TABLE store

ADD CONSTRAINT fk\_store\_address FOREIGN KEY (address\_id) REFERENCES address (address\_id);

ALTER TABLE staff

ADD CONSTRAINT fk\_staff\_store FOREIGN KEY (store\_id) REFERENCES store (store\_id);

ALTER TABLE customer

ADD CONSTRAINT fk\_customer\_address FOREIGN KEY (address\_id) REFERENCES address (address\_id);

ALTER TABLE customer

ADD CONSTRAINT fk\_customer\_store FOREIGN KEY (store\_id) REFERENCES store (store\_id);

ALTER TABLE film

ADD CONSTRAINT fk\_film\_language FOREIGN KEY (language\_id) REFERENCES language (language\_id);

ALTER TABLE film

ADD CONSTRAINT fk\_film\_language\_original FOREIGN KEY (original\_language\_id) REFERENCES language (language\_id);

ALTER TABLE film\_actor

ADD CONSTRAINT fk\_film\_actor\_actor FOREIGN KEY (actor\_id) REFERENCES actor (actor\_id);

ALTER TABLE film\_actor

ADD CONSTRAINT fk\_film\_actor\_film FOREIGN KEY (film\_id) REFERENCES film (film\_id);

ALTER TABLE film\_category

ADD CONSTRAINT fk\_film\_category\_film FOREIGN KEY (film\_id) REFERENCES film (film\_id);

ALTER TABLE film\_category

ADD CONSTRAINT fk\_film\_category\_category FOREIGN KEY (category\_id) REFERENCES category (category\_id);

ALTER TABLE inventory

ADD CONSTRAINT fk\_inventory\_store FOREIGN KEY (store\_id) REFERENCES store (store\_id);

ALTER TABLE inventory

ADD CONSTRAINT fk\_inventory\_film FOREIGN KEY (film\_id) REFERENCES film (film\_id);

ALTER TABLE rental

ADD CONSTRAINT fk\_rental\_staff FOREIGN KEY (staff\_id) REFERENCES staff (staff\_id);

ALTER TABLE rental

ADD CONSTRAINT fk\_rental\_inventory FOREIGN KEY (inventory\_id) REFERENCES inventory (inventory\_id);

ALTER TABLE rental

ADD CONSTRAINT fk\_rental\_customer FOREIGN KEY (customer\_id) REFERENCES customer (customer\_id);

ALTER TABLE payment

ADD CONSTRAINT fk\_payment\_rental FOREIGN KEY (rental\_id) REFERENCES rental (rental\_id);

ALTER TABLE payment

ADD CONSTRAINT fk\_payment\_customer FOREIGN KEY (customer\_id) REFERENCES customer (customer\_id);

ALTER TABLE payment

ADD CONSTRAINT fk\_payment\_staff FOREIGN KEY (staff\_id) REFERENCES staff (staff\_id);

1. Anexo 3 – Povoamento MySQL

#!/usr/bin/env python3

import re

import cx\_Oracle

import datetime

tabelas = {}

tabelas["rental"] = "insert into rental(rental\_id, rental\_date, inventory\_id, customer\_id, return\_date, staff\_id, last\_update) values"

tabelas["film\_category"] = "insert into film\_category(film\_id, category\_id, last\_update) values"

tabelas["language"] = "insert into language(language\_id, name, last\_update) values"

tabelas["inventory"] = "insert into inventory(inventory\_id, film\_id, store\_id, last\_update) values"

tabelas["actor"] = "insert into actor(actor\_id, first\_name, last\_name, last\_update) values"

tabelas["category"] = "insert into category(category\_id, name, last\_update) values"

tabelas["country"] = "insert into country(country\_id, country, last\_update) values"

tabelas["city"] = "insert into city(city\_id, city, country\_id, last\_update) values"

tabelas["address"] = "insert into address(address\_id, address, address2, district, city\_id, postal\_code, phone, last\_update) values"

tabelas["store"] = "insert into store(store\_id, manager\_staff\_id, address\_id, last\_update) values"

tabelas["film\_text"] = "insert into film\_text(film\_id, title, description) values"

tabelas["customer"] = "insert into customer(customer\_id, store\_id, first\_name, last\_name, email, address\_id, active, create\_date, last\_update) values"

tabelas["film"] = "insert into film(film\_id, title, description, release\_year, language\_id, original\_language\_id,rental\_duration,rental\_rate, length, replacement\_cost, rating, special\_features, last\_update) values"

tabelas["film\_actor"] = "insert into film\_actor(actor\_id, film\_id, last\_update) values"

tabelas["payment"] = "insert into payment(payment\_id, customer\_id, staff\_id, rental\_id, amount, payment\_date, last\_update) values"

tabelas["staff"] = "insert into staff(staff\_id,first\_name,last\_name,address\_id,email,store\_id,active,username,password,last\_update) values"

def leLinhas(inserir):

conn = cx\_Oracle.connect('final/123@localhost:1521/orcl')

mycursor = conn.cursor()

with open("sakila-data (1).sql") as file:

for line in file:

after = re.search("VALUES",line)

if(after is not None):

firstLine = line.split("VALUES")

tabela = line.split(" ")

chave = tabela[2].split("`")

if(len(chave)>1):

c = chave[1]

else:

c = chave[0]

inicio = tabelas[c]

inserir = 1 #indica que vamos começar a povoar

line = firstLine[1]

if(inserir==1):

if(re.search(";",line) is not None):

inserir = 0

l = line.split(';')

line = l[0]

else:

virgulas = line.split(",\n")

line = virgulas[0]

if(re.match("customer",c) is not None):

match = re.search(r'\'\d{4}\-\d{2}\-\d{2} \d{2}\:\d{2}\:\d{2}\'', line)

nova = match.group()

nData = 'TO\_DATE(' + match.group() + ",'" + 'yyyy/mm/dd hh24:mi:ss\')'

nData.lstrip("T")

line = line.replace(nova,nData)

run = inicio + line

elif(re.match("film",c) is not None and re.match("film\_",c) is None):

match = re.search(r'\d{1,2}\.\d{2}', line)

nova = match.group()

line = line.replace("'" + nova +"'",nova)

match2 = re.search(r'\'\d{1,2}\.\d{2}\'', line)

nova2 = match2.group()

n = nova2.split("'")

i = n[1]

line = line.replace(nova2, i)

run = inicio + line

elif(re.match("payment",c) is not None):

campos = line.split(",");

newN = re.search(r'\d+.\d+',campos[4]).group() #convertTonumber

newDate = 'TO\_DATE(' + campos[5] + ',' + "'yyyy/mm/dd hh24:mi:ss')"

run = inicio + campos[0] + "," + campos[1] + "," + campos[2] + "," + campos[3] +"," + newN +"," + newDate + "," + campos[6]

elif(re.match("rental",c) is not None):

campos = line.split(",");

newDate = 'TO\_DATE(' + campos[1] + ',' + "'yyyy/mm/dd hh24:mi:ss')"

newD = 'TO\_DATE(' + campos[4] + ',' + "'yyyy/mm/dd hh24:mi:ss')"

run = inicio + campos[0] + "," + newDate + "," + campos[2] + "," + campos[3] +"," + newD +"," + campos[5] + "," + campos[6]

elif(re.match("staff",c) is not None):

campos = line.split(",");

new10 = campos[10].split(")")

newT = 'TO\_TIMESTAMP(' + new10[0] + ',' + "'yyyy/mm/dd hh24:mi:ss.FF')"

run = inicio + campos[0] + "," + campos[1] + "," + campos[2] + "," + campos[3] +"," + campos[5] + "," + campos[6] + "," + campos[7] + "," + campos[8] + "," + campos[9] + "," + newT + ")"

else:

nLine = line.replace(r"''","' '")

run = inicio + nLine

print(run)

mycursor.execute(run)

conn.commit()

mycursor.close()

conn.close()

leLinhas(0)

1. Anexo 4 – Exportação de Dados Neo4j

select \* from country

into outfile '/var/lib/mysql-files/country.csv'

FIELDS TERMINATED BY ','

LINES TERMINATED BY '\n';

select city, country from city

inner join country on city.country\_id = country.country\_id

into outfile '/var/lib/mysql-files/city.csv'

FIELDS TERMINATED BY ','

LINES TERMINATED BY '\n';

select address, address2, district, city, postal\_code, phone, country from address

inner join city on address.city\_id = city.city\_id

inner join country on city.country\_id = country.country\_id

into outfile '/var/lib/mysql-files/address.csv'

FIELDS TERMINATED BY ','

LINES TERMINATED BY '\n';

select first\_name, last\_name, address, city, email, active, username, password, store\_id from staff

inner join address on address.address\_id = staff.address\_id

inner join city on city.city\_id = address.city\_id

into outfile '/var/lib/mysql-files/staff.csv'

FIELDS TERMINATED BY ','

LINES TERMINATED BY '\n';

select address, city, username, store.store\_id from store

inner join address on address.address\_id = store.address\_id

inner join city on city.city\_id = address.city\_id

inner join staff on staff.staff\_id = store.manager\_staff\_id

into outfile '/var/lib/mysql-files/store.csv'

FIELDS TERMINATED BY ','

LINES TERMINATED BY '\n';

select name from category

into outfile '/var/lib/mysql-files/category.csv'

FIELDS TERMINATED BY ','

LINES TERMINATED BY '\n';

select actor\_id, first\_name, last\_name from actor

into outfile '/var/lib/mysql-files/actor.csv'

FIELDS TERMINATED BY ','

LINES TERMINATED BY '\n';

select first\_name, last\_name, email, active, create\_date, store\_id, address, city from customer

inner join address on address.address\_id = customer.address\_id

inner join city on address.city\_id = city.city\_id

into outfile '/var/lib/mysql-files/customer.csv'

FIELDS TERMINATED BY ','

LINES TERMINATED BY '\n';

select rental\_id, customer.first\_name, customer.last\_name, amount, payment\_date, staff.username, payment\_id from payment

inner join customer on customer.customer\_id = payment.customer\_id

inner join staff on staff.staff\_id = payment.staff\_id

into outfile '/var/lib/mysql-files/payment.csv'

FIELDS TERMINATED BY ','

LINES TERMINATED BY '\n';

select name from language

into outfile '/var/lib/mysql-files/language.csv'

FIELDS TERMINATED BY ','

LINES TERMINATED BY '\n';

select title, description, release\_year, rental\_duration, rental\_rate, film.length, replacement\_cost, rating, special\_features, language.name from film

inner join language on language.language\_id = film.language\_id

into outfile '/var/lib/mysql-files/film.csv'

FIELDS TERMINATED BY ',' ENCLOSED BY '"' LINES TERMINATED BY '\n';

select title, actor.actor\_id from film

inner join film\_actor on film.film\_id = film\_actor.film\_id

inner join actor on film\_actor.actor\_id = actor.actor\_id

into outfile '/var/lib/mysql-files/film\_actor.csv'

FIELDS TERMINATED BY ',' ENCLOSED BY '"' LINES TERMINATED BY '\n';

select film.title, store\_id, film\_text.description, count(\*) from inventory

inner join film on inventory.film\_id = film.film\_id

inner join film\_text on film\_text.film\_id = inventory.film\_id

group by film.film\_id, inventory.store\_id

into outfile '/var/lib/mysql-files/inventory.csv'

FIELDS TERMINATED BY ',' ENCLOSED BY '"' LINES TERMINATED BY '\n';

select title, category.name from film

inner join film\_category on film.film\_id = film\_category.film\_id

inner join category on category.category\_id = film\_category.category\_id

into outfile '/var/lib/mysql-files/film\_category.csv'

FIELDS TERMINATED BY ',' ENCLOSED BY '"' LINES TERMINATED BY '\n';

select rental\_id, rental\_date, ifnull(return\_date,""), customer.first\_name, customer.last\_name, staff.username, film.title, inventory.store\_id from rental

inner join inventory on inventory.inventory\_id = rental.inventory\_id

inner join customer on customer.customer\_id = rental.customer\_id

inner join staff on staff.staff\_id = rental.staff\_id

inner join film on inventory.film\_id = film.film\_id

into outfile '/var/lib/mysql-files/rental.csv'

FIELDS TERMINATED BY ',' ENCLOSED BY '"' LINES TERMINATED BY '\n';

select payment.payment\_id, rental.rental\_id from payment

inner join rental on payment.rental\_id = rental.rental\_id

into outfile '/var/lib/mysql-files/rental-payment.csv'

FIELDS TERMINATED BY ',' ENCLOSED BY '"' LINES TERMINATED BY '\n';

1. Anexo 5 – Importação de Dados Neo4j

load csv from "file:///country.csv" as line

create (co :Country {country : line[1]});

create index on :Country(country);

load csv from "file:///city.csv" as line

match (co: Country)

where co.country = line[1]

create (ci: City {city: line[0]}),

(ci)-[r:pertence\_a]->(co);

create index on :City(city);

using periodic commit 100

load csv from "file:///address.csv" as line

match (ci: City {city: line[3]})-[:pertence\_a]->(co: Country {country: line[6]})

create (adr: Address { address: line[0], address2: line[1], district: line[2], code: line[4], phone: line[5]}),

(adr)-[r:pertence\_a]->(ci);

create index on :Address(address);

load csv from "file:///staff.csv" as line

match (adr: Address {address: line[2]})-[:pertence\_a]->(ci: City {city : line[3]})

create (st: Staff { first\_name: line[0], last\_name: line[1], email: line[4], active: line[5], username: line[6], password: line[7]}),

(st)-[r:vive\_em]->(adr);

load csv from "file:///store.csv" as line

match (adr: Address {address: line[0]})-[:pertence\_a]->(ci: City {city : line[1]})

match (m: Staff {username: line[2]})

create (adr)<-[:localizada\_em]-(sto: Store {store\_id: line[3]})-[:gerido\_por]->(m);

create index on :Store(store\_id);

load csv from "file:///staff.csv" as line

match (staff: Staff {username: line[6]})

match (store: Store {store\_id: line[8]})

create (staff)-[:trabalha\_em]->(store);

create index on :Staff(username);

load csv from "file:///category.csv" as line

create (:Category{name:line[0]});

create index on :Category(name);

load csv from "file:///actor.csv" as line

create (:Actor{actor\_id: line[0], first\_name: line[1], last\_name: line[2]});

create index on :Actor(actor\_id);

create index on :Actor(first\_name, last\_name);

load csv from "file:///customer.csv" as line

match (adr: Address {address: line[6]})-[:pertence\_a]->(c: City {city: line[7]})

match (st: Store {store\_id: line[5]})

create (adr)<-[:vive\_em]-(:Customer {first\_name: line[0], last\_name: line[1], email: line[2], active: line[3], create\_date: replace(line[4],' ','T')})-[:membro\_em]->(st);

load csv from "file:///payment.csv" as line

match (c: Customer {first\_name: line[1], last\_name: line[2]})

match (s: Staff {username: line[5]})

create (c)<-[:pago\_por]-(p:Payment {amount: toFloat(line[3]), payment\_date: replace(line[4],' ','T'), payment\_id: line[6]})-[:feito\_por]->(s);

create index on :Payment(payment\_id);

load csv from "file:///language.csv" as line

create (:Language {name: line[0]});

create index on :Language(name);

load csv from "file:///film.csv" as line

match (l:Language {name: line[9]})

create (:Film {title: line[0], description: line[1], release\_year: line[2], rental\_duration: line[3], rental\_rate: line[4], length: line[5], replacement\_cost: line[6], rating: line[7], special\_features: line[8]})-[:com\_lingua]->(l);

create index on :Film(title);

load csv from "file:///film\_actor.csv" as line

match (f: Film {title: line[0]})

match (a: Actor {actor\_id: line[1]})

create (f)-[:com\_participacao\_de]->(a);

match (a:Actor)

remove a.actor\_id;

load csv from "file:///inventory.csv" as line

match (f: Film {title: line[0]})

match (s: Store {store\_id: line[1]})

create (s)-[:tem\_filme {numero: line[3]}]->(f);

load csv from "file:///film\_category.csv" as line

match (f: Film {title: line[0]})

match (c: Category {name: line[1]})

create (f)-[:com\_categoria]->(c);

load csv from "file:///rental.csv" as line

match (c: Customer {first\_name: line[3], last\_name: line[4]})

match (sta: Staff {username: line[5]})

match (f: Film {title: line[6]})

match (sto: Store {store\_id: line[7]})

create (sta)<-[:feito\_por]-(r:Rental {rental\_id: line[0], rental\_date: replace(line[1],' ','T'), return\_date: replace(line[2], " ", "T")})-[:filme\_alugado]->(f),

(sto)<-[:na\_loja]-(r)-[:alugado\_por]->(c);

create index on :Rental(rental\_id);

load csv from "file:///rental-payment.csv" as line

match (p: Payment {payment\_id: line[0]})

match (r: Rental {rental\_id: line[1]})

create (p)-[:alugado]->(r);

match (p:Payment)

remove p.payment\_id;

match (r:Rental)

remove r.rental\_id;