

## Multimédia

---

### Music Information Retrieval

**Nome:** Simão Carvalho Monteiro

**Nº Estudante:** 2019215412

## Introdução

Este trabalho consiste na implementação e análise de recomendação de música baseado num dataset de 900 músicas. Foram usadas ferramentas como *librosa* para a análise e cálculo das diferentes features musicais.

## Rankings de Similaridade

De seguida irão ser apresentados todos os resultados dos rankings de similaridade em todas as combinações de distância e features para as 4 queries a serem testadas. No final da apresentação de resultados vão ser discutidos os mesmos.

### 100 Features com Euclidean Distance

	MT0000202045	MT0000379144	MT0000414517	MT0000956340
1	MT0033841575	MT0009010830	MT0003900455	MT0003106472
2	MT0027002641	MT0003778826	MT0000203193	MT0010736208
3	MT0030487841	MT0015005100	MT0009897495	MT0014703649
4	MT0008575372	MT0028627699	MT0009521580	MT0005409948
5	MT0014576739	MT0012124855	MT0018651126	MT0014615863
6	MT0030422114	MT0000044741	MT0013955066	MT0013612461
7	MT0003390733	MT0005478759	MT0034186195	MT0004032071
8	MT0027835071	MT0027035970	MT0000901959	MT0010615428
9	MT0009188643	MT0003794106	MT0004428604	MT0003724610
10	MT0010617945	MT0000992846	MT0009346128	MT0040033011
11	MT0011145388	MT0031996897	MT0000888329	MT0002372242
12	MT0009213083	MT0001376988	MT0000218346	MT0004882280
13	MT0005331755	MT0009208842	MT0012331779	MT0009800907
14	MT0002233402	MT0002262181	MT0034005433	MT0004293364
15	MT0026727455	MT0005737276	MT0013633209	MT0004028719
16	MT0005265641	MT0010465830	MT0002379222	MT0007535042
17	MT0010344415	MT0018031959	MT0001703346	MT0030036616
18	MT0000711493	MT0033958450	MT0005752234	MT0014794891
19	MT0004428604	MT0012041920	MT0017667847	MT0013822237

20	MT0018029465	MT0012396528	MT0009991160	MT0010624346
----	--------------	--------------	--------------	--------------

### All Songs com Euclidean Distance

	MT0000202045	MT0000379144	MT0000414517	MT0000956340
1	MT0005129157	MT0004141823	MT0003949060	MT0006096934
2	MT0011899302	MT0006540794	MT0004274911	MT0003787478
3	MT0012001409	MT0011957429	MT0001515531	MT0040033011
4	MT0002233402	MT0008222676	MT0000040632	MT0005625762
5	MT0007043504	MT0009845271	MT0003900455	MT0033177286
6	MT0007799677	MT0012041920	MT0005469880	MT0003603772
7	MT0004428604	MT0002222957	MT0030282917	MT0004867185
8	MT0002161109	MT0006510599	MT0004032071	MT0005331755
9	MT0011975274	MT0003778826	MT0034005433	MT0003213835
10	MT0010624346	MT0011821215	MT0002415184	MT0008511909
11	MT0009217411	MT0005202791	MT0013790748	MT0013389935
12	MT0000092267	MT0000044741	MT0003106472	MT0006640142
13	MT0007766156	MT0012124855	MT0034125967	MT0005265641
14	MT0001676671	MT0005523766	MT0004850690	MT0001680969
15	MT0005270263	MT0003262589	MT0008401073	MT0011145388
16	MT0003787478	MT0006164654	MT0005752234	MT0004958762
17	MT0011376343	MT0010617945	MT0000636335	MT0004942017
18	MT0005213723	MT0007379559	MT0001335920	MT0001217651
19	MT0000732821	MT0000082187	MT0003243311	MT0006367176
20	MT0002634024	MT0002479795	MT0001624303	MT0005409948

### 100 Features com Manhattan Distance

	MT0000202045	MT0000379144	MT0000414517	MT0000956340
1	MT0030422114	MT0015005100	MT0003900455	MT0003106472
2	MT0033841575	MT0009010830	MT0003949060	MT0010736208

3	MT0027835071	MT0031996897	MT0000203193	MT0014703649
4	MT0008575372	MT0012124855	MT0009521580	MT0014615863
5	MT0002297016	MT0028627699	MT0013955066	MT0005409948
6	MT0027002641	MT0003778826	MT0000218346	MT0004028719
7	MT0030487841	MT0000992846	MT0001333258	MT0002372242
8	MT0040033011	MT0001376988	MT0009897495	MT0007535042
9	MT0005265641	MT0000044741	MT0034186195	MT0004032071
10	MT0010617945	MT0005478759	MT0001703346	MT0004085907
11	MT0009213083	MT0027035970	MT0018651126	MT0003724610
12	MT0006096934	MT0003794106	MT0034005433	MT0004942017
13	MT0005897799	MT0005737276	MT0013633209	MT0013612461
14	MT0004428604	MT0003903675	MT0005469880	MT0010615428
15	MT0026727455	MT0002262181	MT0017797643	MT0040033011
16	MT0004867185	MT0009208842	MT0034125967	MT0035334027
17	MT0003787478	MT0008222676	MT0009346128	MT0011697297
18	MT0001340713	MT0006367176	MT0013161246	MT0004882280
19	MT0009188643	MT0006540794	MT0005752234	MT0009800907
20	MT0011145388	MT0015742096	MT0000040632	MT0010624346

### All Songs com Manhattan Distance

	MT0000202045	MT0000379144	MT0000414517	MT0000956340
1	MT0005129157	MT0004141823	MT0003949060	MT0006096934
2	MT0011899302	MT0008222676	MT0004274911	MT0005625762
3	MT0012001409	MT0011957429	MT0000040632	MT0003787478
4	MT0007799677	MT0006540794	MT0000218346	MT0040033011
5	MT0002233402	MT0009845271	MT0005469880	MT0033177286
6	MT0007043504	MT0002222957	MT0008401073	MT0003603772
7	MT0010624346	MT0011821215	MT0003900455	MT0006640142
8	MT0000732821	MT0002119439	MT0034125967	MT0005331755

9	MT0011975274	MT0012124855	MT0006769480	MT0003213835
10	MT0004428604	MT0000044741	MT0001515531	MT0008511909
11	MT0000092267	MT0012041920	MT0001624303	MT0005265641
12	MT0003787478	MT0010617945	MT0004032071	MT0004942017
13	MT0002161109	MT0003778826	MT0001109401	MT0005409948
14	MT0009217411	MT0005523766	MT0005752234	MT0001680969
15	MT0002379222	MT0006164654	MT0030282917	MT0013389935
16	MT0002634024	MT0003262589	MT0009208842	MT0004867185
17	MT0005213723	MT0005202791	MT0001942272	MT0008570712
18	MT0011376343	MT0010465830	MT0034005433	MT0001217651
19	MT0036368550	MT0006510599	MT0010465830	MT0003724610
20	MT0000446304	MT0002297016	MT0009991160	MT0011145388

#### 100 Features com Cosine Distance

	MT0000202045	MT0000379144	MT0000414517	MT0000956340
1	MT0033841575	MT0009010830	MT0003900455	MT0003106472
2	MT0027002641	MT0003778826	MT0009897495	MT0010736208
3	MT0030487841	MT0015005100	MT0000203193	MT0014703649
4	MT0008575372	MT0028627699	MT0000901959	MT0005409948
5	MT0014576739	MT0012124855	MT0009521580	MT0014615863
6	MT0030422114	MT0027035970	MT0013955066	MT0004882280
7	MT0003390733	MT0000044741	MT0000888329	MT0013612461
8	MT0027835071	MT0003794106	MT0004428604	MT0003724610
9	MT0011145388	MT0005478759	MT0018651126	MT0002372242
10	MT0009188643	MT0002262181	MT0009346128	MT0004032071
11	MT0010617945	MT0031996897	MT0002379222	MT0010615428
12	MT0009213083	MT0000992846	MT0034186195	MT0040033011
13	MT0005331755	MT0001376988	MT0017667847	MT0007535042
14	MT0002233402	MT0009208842	MT0000218346	MT0004293364

15	MT00026727455	MT0010465830	MT0000040632	MT0009800907
16	MT0005265641	MT0005737276	MT0002634024	MT0004028719
17	MT0010344415	MT0018031959	MT0012331779	MT0030036616
18	MT0000711493	MT0033958450	MT0001703346	MT0004085907
19	MT0018029465	MT0008222676	MT0027835071	MT0010624346
20	MT0005469880	MT0012041920	MT0009991160	MT0014794891

### All Songs com Cosine Distance

	MT0000202045	MT0000379144	MT0000414517	MT0000956340
1	MT0005129157	MT0004141823	MT0003949060	MT0006096934
2	MT0012001409	MT0006540794	MT0004274911	MT0003787478
3	MT0011899302	MT0008222676	MT0001515531	MT0040033011
4	MT0002233402	MT0011957429	MT0000040632	MT0005625762
5	MT0007043504	MT0002222957	MT0003900455	MT0033177286
6	MT0007799677	MT0009845271	MT0002634024	MT0003603772
7	MT0004428604	MT0012041920	MT0004032071	MT0003213835
8	MT0011975274	MT0003794106	MT0005469880	MT0008511909
9	MT0002161109	MT0005202791	MT0013790748	MT0004867185
10	MT0000092267	MT0012124855	MT0030282917	MT0005331755
11	MT0010624346	MT0006510599	MT0001942272	MT0011145388
12	MT0009217411	MT0005515169	MT0003106472	MT0004958762
13	MT0007766156	MT0003778826	MT0005752234	MT0013389935
14	MT0003787478	MT0003262589	MT0034005433	MT0005265641
15	MT0010085729	MT0007379559	MT0001583214	MT0006640142
16	MT0005270263	MT0002479795	MT0002415184	MT0006367176
17	MT0001676671	MT0006367176	MT0001109401	MT0008570712
18	MT0000732821	MT0005523766	MT0009346128	MT0007535042
19	MT0005213723	MT0011821215	MT0008401073	MT0001680969
20	MT0026158301	MT0005029328	MT0000636335	MT0014576739

Pelas tabelas apresentadas acima, é possível observar uma diferença nos rankings de similaridade tanto entre as diferentes queries (como seria de esperar) como entre as diferentes distâncias e seleção de features.

Observei, na obtenção de resultados, que o melhor cálculo de distância foi o do cosseno, seguido da euclidiana e, por fim, de manhattan. O cálculo da distância do cosseno obtém os melhores resultados pois é principalmente usado para medir a similaridade entre dois componentes, seja qual for o tamanho destes. A euclidiana é usada para calcular a distância entre vários dados densos e contínuos, sendo este um cálculo reto entre dois pontos. Por fim, a distância de manhattan calcula a distância em blocos, ou seja, não será o cálculo em linha reta de um ponto ao outro mas sim a soma da distância entre as duas restantes faces do triângulo. Assim sendo, os resultados vão ser um pouco desfasados da realidade.

## Precision Metrics

### Avaliação Objectiva

Nesta etapa foram efetuados cálculos de precisão, ou seja, a percentagem de similaridade, nas primeiras 20 recomendações devolvidas, entre os valores dos rankings de metadata e os valores dos diferentes rankings calculados anteriormente.

As métricas calculadas irão ser apresentadas de seguida.

#### 100 Features com Euclidean Distance

MT0000202045	MT0000379144	MT0000414517	MT0000956340
0.0	0.0	0.1	0.1

#### All Songs com Euclidean Distance

MT0000202045	MT0000379144	MT0000414517	MT0000956340
0.0	0.0	0.1	0.0

#### 100 Features com Manhattan Distance

MT0000202045	MT0000379144	MT0000414517	MT0000956340
0.0	0.0	0.15	0.05

#### All Songs com Manhattan Distance

MT0000202045	MT0000379144	MT0000414517	MT0000956340
0.0	0.0	0.1	0.0

### 100 Features com Cosine Distance

MT0000202045	MT0000379144	MT0000414517	MT0000956340
0.0	0.0	0.15	0.1

### All Songs com Cosine Distance

MT0000202045	MT0000379144	MT0000414517	MT0000956340
0.0	0.0	0.1	0.0

Nos resultados obtidos acima, é possível observar na comparação da avaliação através de metadados com as diferentes distâncias e features que não existe quase nenhuma correspondência. Isto acontece pelo facto dos metadados e as emoções descritas nos mesmo serem caracterizadas e interpretadas por seres humanos, enquanto as features são dados extraídos de diferentes formas.

## Avaliação Subjetiva

Esta última etapa de avaliação consistiu em analisar e avaliar a qualidade das 20 músicas devolvidas no conjunto de 100 features e distância do cosseno e, também, as devolvidas com base nos metadados.

A avaliação é feita na escala de likert, sendo que uma pontuação acima de 2.5 irá ser considerada uma recomendação relevante. Com os resultados obtidos foram calculadas médias tanto individuais, por pessoa, como globais e, no final, foram novamente calculadas métricas de precisão sobre as diferentes queries nos dois conjuntos.

De notar que, para esta avaliação se tornar estatisticamente relevante, teria de ser efetuada com uma maior população de ouvintes para os resultados estatísticos se encontrarem mais perto da realidade.

De seguida irão ser apresentados os resultados desta avaliação.

### 100 Features com Distância do Cosseno

#### MT0000202045

Recomendações	Utilizador 1	Utilizador 2	Média	Desvio Padrão
MT0033841575	1	2	1,5	0,7071067812
MT0027002641	2	1	1,5	0,7071067812



MT0030487841	1	2	1,5	0,7071067812
MT0008575372	3	1	2	1,414213562
MT0014576739	1	1	1	0
MT0030422114	2	2	2	0
MT0003390733	1	2	1,5	0,7071067812
MT0027835071	5	5	5	0
MT0011145388	1	2	1,5	0,7071067812
MT0009188643	3	3	3	0
MT0010617945	4	3	3,5	0,7071067812
MT0009213083	3	2	2,5	0,7071067812
MT0005331755	2	2	2	0
MT0002233402	1	1	1	0
MT0026727455	3	3	3	0
MT0005265641	4	3	3,5	0,7071067812
MT0010344415	2	2	2	0
MT0000711493	2	1	1,5	0,7071067812
MT0018029465	1	1	1	0
MT0005469880	2	1	1,5	0,7071067812
Média	2,2	2	2,1	
Desvio Padrão	1,196486083	1,025978352	1,033644548	

### MT0000379144

Recomendações	Utilizador 1	Utilizador 2	Média	Desvio Padrão
MT0009010830	2	3	2,5	0,7071067812
MT0003778826	4	2	3	1,414213562
MT0015005100	1	4	2,5	2,121320344
MT0028627699	4	3	3,5	0,7071067812
MT0012124855	2	1	1,5	0,7071067812

MT0027035970	3	5	4	1,414213562
MT0000044741	4	5	4,5	0,7071067812
MT0003794106	2	1	1,5	0,7071067812
MT0005478759	1	3	2	1,414213562
MT0002262181	2	3	2,5	0,7071067812
MT0031996897	2	2	2	0
MT0000992846	3	1	2	1,414213562
MT0001376988	2	1	1,5	0,7071067812
MT0009208842	2	1	1,5	0,7071067812
MT0010465830	4	4	4	0
MT0005737276	2	4	3	1,414213562
MT0018031959	2	2	2	0
MT0033958450	4	3	3,5	0,7071067812
MT0008222676	3	1	2	1,414213562
MT0012041920	3	3	3	0
Média	2,6	2,6	2,6	
Desvio Padrão	0,9947229183	1,353358396	0,9262260722	

### MT0000414517

Recomendações	Utilizador 1	Utilizador 2	Média	Desvio Padrão
MT0003900455	4	2	3	1,414213562
MT0009897495	3	2	2,5	0,7071067812
MT0000203193	2	2	2	0
MT0000901959	1	1	1	0
MT0009521580	3	1	2	1,414213562
MT0013955066	2	1	1,5	0,7071067812
MT0000888329	3	1	2	1,414213562
MT0004428604	5	1	3	2,828427125

MT0018651126	4	1	2,5	2,121320344
MT0009346128	2	2	2	0
MT0002379222	1	2	1,5	0,7071067812
MT0034186195	4	2	3	1,414213562
MT0017667847	1	1	1	0
MT0000218346	1	1	1	0
MT0000040632	4	4	4	0
MT0002634024	3	2	2,5	0,7071067812
MT0012331779	5	5	5	0
MT0001703346	3	2	2,5	0,7071067812
MT0027835071	3	2	2,5	0,7071067812
MT0009991160	3	2	2,5	0,7071067812
Média	2,85	1,85	2,35	
Desvio Padrão	1,268027893	1,039989878	0,9880869342	

### MT0000956340

Recomendações	Utilizador 1	Utilizador 2	Média	Desvio Padrão
MT0003106472	5	5	5	0
MT0010736208	5	5	5	0
MT0014703649	5	5	5	0
MT0005409948	5	2	3,5	2,121320344
MT0014615863	5	3	4	1,414213562
MT0004882280	3	2	2,5	0,7071067812
MT0013612461	4	5	4,5	0,7071067812
MT0003724610	4	1	2,5	2,121320344
MT0002372242	5	4	4,5	0,7071067812
MT0004032071	2	4	3	1,414213562
MT0010615428	3	2	2,5	0,7071067812
MT0040033011	5	5	5	0

MT0007535042	2	2	2	0
MT0004293364	5	1	3	2,828427125
MT0009800907	3	4	3,5	0,7071067812
MT0004028719	2	3	2,5	0,7071067812
MT0030036616	4	5	4,5	0,7071067812
MT0004085907	5	4	4,5	0,7071067812
MT0010624346	5	5	5	0
MT0014794891	5	2	3,5	2,121320344
Média	4,1	3,45	3,775	
Desvio Padrão	1,165287405	1,468081455	1,044723585	

#### Precision

MT0000202045	MT0000379144	MT0000414517	MT0000956340
0.3	0.55	0.55	1

#### Metadata

##### MT0000202045

Recomendações	Utilizador 1	Utilizador 2	Média	Desvio Padrão
MT0014475915	3	4	3,5	0,7071067812
MT0012862507	4	2	3	1,414213562
MT0000888329	5	5	5	0
MT0003022328	1	1	1	0
MT0007556029	2	1	1,5	0,7071067812
MT0001494812	1	1	1	0
MT0004867564	1	1	1	0
MT0031898123	1	2	1,5	0,7071067812
MT0007453719	1	1	1	0
MT0034186620	2	2	2	0

MT0011922905	1	2	1,5	0,7071067812
MT0030369896	1	1	1	0
MT0003025046	1	2	1,5	0,7071067812
MT0034577404	1	2	1,5	0,7071067812
MT0005285696	1	1	1	0
MT0011938737	1	2	1,5	0,7071067812
MT0004850690	2	2	2	0
MT0001058887	4	2	3	1,414213562
MT0002846256	1	1	1	0
MT0011250965	2	3	2,5	0,7071067812
Média	1,8	1,9	1,85	
Desvio Padrão	1,23969436	1,071152847	1,064993205	

#### MT0000379144

Recomendações	Utilizador 1	Utilizador 2	Média	Desvio Padrão
MT0031951901	4	4	4	0
MT0014584473	4	5	4,5	0,7071067812
MT0011032905	4	3	3,5	0,7071067812
MT0013416300	5	3	4	1,414213562
MT0013080259	5	5	5	0
MT0005253065	3	3	3	0
MT0013161246	5	5	5	0
MT0000742898	4	5	4,5	0,7071067812
MT0013219857	5	5	5	0
MT0029877658	5	5	5	0
MT0001472536	4	4	4	0
MT0003114552	5	4	4,5	0,7071067812
MT0007338724	3	3	3	0

MT0008716237	4	4	4	0
MT0007349999	3	3	3	0
MT0008170600	4	4	4	0
MT0002634024	3	2	2,5	0,7071067812
MT0004131058	3	3	3	0
MT0001934726	3	5	4	1,414213562
MT0007652281	4	5	4,5	0,7071067812
Média	4	4	4	
Desvio Padrão	0,7947194142	0,9733285268	0,7779866052	

### MT0000414517

Recomendações	Utilizador 1	Utilizador 2	Média	Desvio Padrão
MT0002222957	5	5	5	0
MT0003949060	4	5	4,5	0,7071067812
MT0010487769	5	4	4,5	0,7071067812
MT0010489498	5	5	5	0
MT0012331779	5	5	5	0
MT0033397838	5	3	4	1,414213562
MT0000040632	4	3	3,5	0,7071067812
MT0027048677	5	5	5	0
MT0007840454	2	1	1,5	0,7071067812
MT0008222676	2	2	2	0
MT0010900969	2	1	1,5	0,7071067812
MT0012798988	3	1	2	1,414213562
MT0012742379	3	2	2,5	0,7071067812
MT0008972801	1	2	1,5	0,7071067812
MT0009729892	3	1	2	1,414213562
MT0009202768	3	2	2,5	0,7071067812
MT0001703346	1	2	1,5	0,7071067812

MT0001753457	2	1	1,5	0,7071067812
MT0009010830	1	1	1	0
MT0010501618	1	1	1	0
Média	3,1	2,6	2,85	
Desvio Padrão	1,552586975	1,635140425	1,522636218	

### MT0000956340

Recomendações	Utilizador 1	Utilizador 2	Média	Desvio Padrão
MT0016743722	5	5	5	0
MT0004293364	5	5	5	0
MT0014615863	5	5	5	0
MT0013885218	5	5	5	0
MT0033097471	5	4	4,5	0,7071067812
MT0014845647	2	2	2	0
MT0012914763	1	2	1,5	0,7071067812
MT0009217411	5	4	4,5	0,7071067812
MT0012001409	5	5	5	0
MT0001927746	2	2	2	0
MT0004459450	2	1	1,5	0,7071067812
MT0029099688	2	2	2	0
MT0010897525	2	1	1,5	0,7071067812
MT0001891229	1	3	2	1,414213562
MT0009872131	2	1	1,5	0,7071067812
MT0015962332	5	3	4	1,414213562
MT0014817509	4	1	2,5	2,121320344
MT0010310896	1	1	1	0
MT0015541501	2	1	1,5	0,7071067812
MT0005897799	5	4	4,5	0,7071067812

Média	3,3	2,85	3,075
Desvio Padrão	1,688973528	1,631111988	1,575093982

### Precision

MT0000202045	MT0000379144	MT0000414517	MT0000956340
0.25	1	0.5	0.5

Nesta avaliação subjetiva relativamente aos conjuntos de 100 features com distância do cosseno, é possível observar pelos resultados que músicas com ritmos e batidas mais concisas e claras são aquelas que obtêm as melhores recomendações. A última query, que tem o seu estilo musical inserido no rap, mostra uma métrica de precisão de 1, ou seja, todas as recomendações foram relevantes e de estilo parecido.

Relativamente aos metadados, é possível observar que a query com a melhor precisão é a segunda. A música em questão insere-se no estilo jazz que é uma música com emoções mais claras, ou seja, acaba por ter uma maior correspondência no cálculo com base nos metadados.

Retira-se também que todas as músicas contém precisões aceitáveis, menos a primeira query, que se insere num reggae e tem precisões sempre abaixo dos 0.5, ou seja, as recomendações nunca são as mais corretas. Isto poderá justificar-se pelo facto do dataset não ser variado o suficiente, devido a não ter ritmos precisos e batidas fáceis de identificar ou as emoções serem bastante variadas nos metadados.

## Conclusão

Este projeto cumpriu o seu objetivo pois ajudou-me a perceber a dificuldade que existe no processamento, categorização e recomendação automática de música. Aprendi, também, a extrair features e a processá-las de maneira a conseguir obter recomendações aceitáveis dentro de um dataset.