

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE
INSTITUTO METRÓPOLE DIGITAL
IMD3003 – APRENDIZADO DE MÁQUINA NÃO-SUPERVISIONADO 2025.2

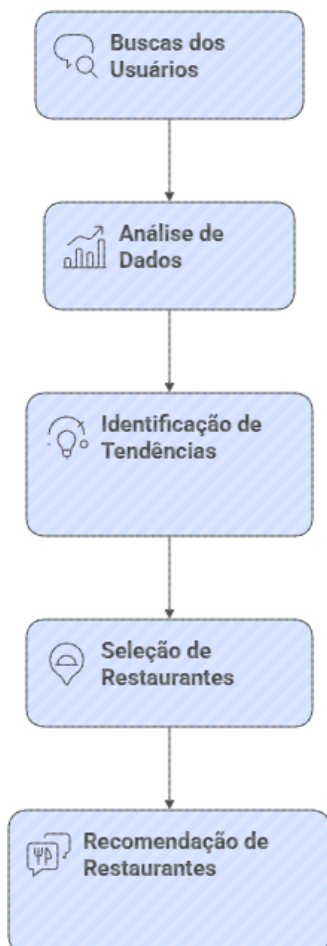
ANÁLISE DE TENDÊNCIAS EM DADOS DE BUSCA DE APLICATIVOS USANDO ALGORITMOS DE
APRENDIZADO NÃO SUPERVISIONADO

Nome: GERALDO LAURENTINO DA SILVA NETO (Matrícula: 20250082164)

Natal/RN

OBJETIVO

Este trabalho baseia-se no modelo desenvolvido pelo iFood e comentado pelo CEO da empresa durante um podcast (<https://youtu.be/U6BJDHQMgml?si=BpgWXIOEldJtcI7Z>). O modelo é capaz de identificar tendências com base nas buscas realizadas pelos usuários na plataforma. Além do texto pesquisado, o horário da pesquisa e a região são utilizados para identificar tendências de consumo e com base nesses indicadores é selecionado restaurantes capazes de atender a essa demanda latente que até então pode não ser identificada por eles, além disso é possível também com os resultados realizar a recomendação com base no que é tendências dentro da plataforma. Portanto, o trabalho tem como objetivo desenvolver uma solução utilizando algoritmos de aprendizado não-supervisionado como K Means, Agglomerative Clustering e Embeddings.



DESENVOLVIMENTO

Foi utilizado 02 (dois) conjuntos de dados, o primeiro está disponível no Kaggle, trata-se de um conjunto de dados contendo listas de restaurantes e seus respectivos cardápios nos EUA que são parceiros do Uber Eats, disponível em <https://www.kaggle.com/datasets/ahmedshahriarsakib/uber-eats-usa-restaurants-menus>. O segundo conjunto foi em partes um desafio nesse trabalho, uma vez que essas informações não estavam acessíveis em nenhum dos repositórios públicos pesquisados durante a elaboração desse projeto, portanto, foi preciso criar um conjunto de dados sintéticos para simular as buscas por restaurantes realizadas por usuários em um aplicativo de comida, assim como a data, horário e localização da busca. O segundo conjunto de dados está em anexo.

1. Pré processamento

- Limpeza

Durante o pré-processamento, foram realizados procedimentos de correção e preparação dos dados, incluindo o tratamento de valores faltantes, remoção de inconsistências e correção de outliers.

- Criação de atributos

Foram criados novos atributos relevantes para a identificação de padrões:

- `period`: indica se a busca ocorreu durante o café da manhã, almoço ou jantar.
- Separação do `datetime`: o atributo foi dividido em *data* e *hora*.
- Padronização textual: termos utilizados para geração de embeddings foram limpos, convertidos para minúsculas e tiveram espaços extras removidos.

Além disso, após o processamento, o primeiro conjunto de dados passou a conter latitude, longitude e o embedding do termo pesquisado. O segundo conjunto de dados passou a conter nome, categoria, faixa de preço, latitude, longitude e embedding da categoria.

- Normalização

Os atributos numéricos foram normalizados utilizando o `StandardScaler`.

- Embeddings

Para representar os atributos textuais, foi utilizado o modelo transformer all-MiniLM-L6-v2, que apresenta excelente desempenho na geração de embeddings em inglês. Os embeddings foram aplicados sobre:

- search_term (conjunto de dados de buscas), e
- category (conjunto de dados de restaurantes).

Essa representação vetorial permitiu incorporar semântica textual ao processo de agrupamento, enriquecendo significativamente a capacidade dos modelos de identificar tendências e similaridades relacionadas ao conteúdo pesquisado pelos usuários.

Ademais, é possível visualizar na Figura 01, a quantidade de buscas realizadas pelos usuários ao longo do dia.

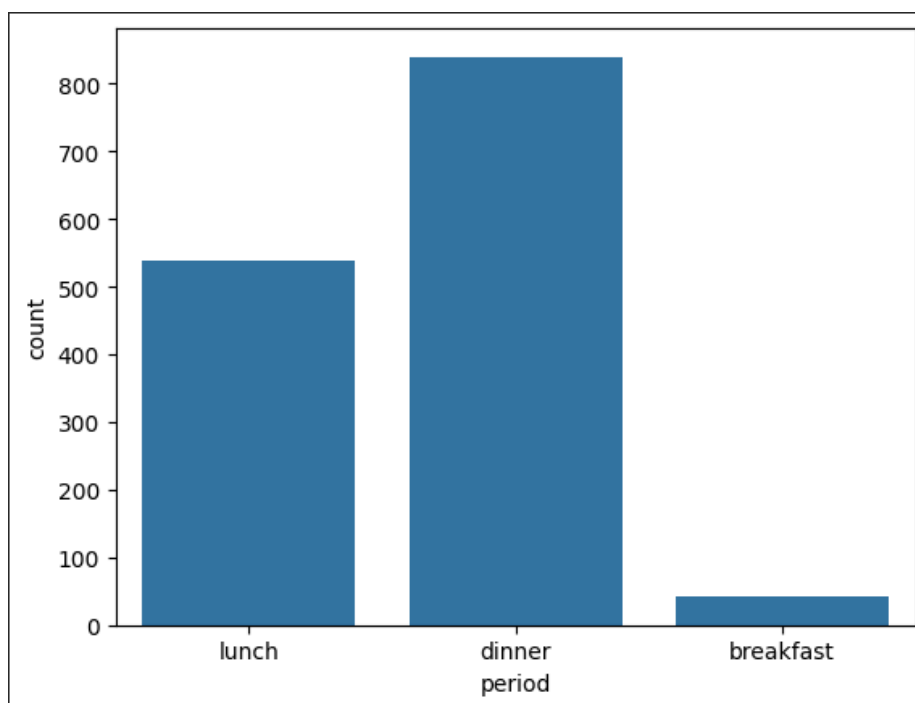


Figura 01 - Quantidade de buscas por período do dia.

2. Identificação do K ótimo

Neste projeto, o K-Means será o principal algoritmo utilizado para a identificação de grupos nos dados. Contudo, é necessário definir previamente o valor de k , que representa a quantidade de clusters a serem formados. Para isso, será aplicado o método do cotovelo, que avalia a variação da inércia para diferentes valores de k . Ao plotar esses valores em um gráfico, é possível identificar o ponto em que a redução da inércia deixa de ser significativa indicando o k mais apropriado.

Além disso, será empregado o agrupamento hierárquico aglomerativo como método complementar para determinar o número ideal de clusters. A partir do dendrograma gerado, será analisada a distância entre as junções dos grupos, permitindo identificar visualmente o valor de k mais adequado com base na altura dos cortes no dendrograma.

Segue abaixo os resultados identificados utilizando o método do cotovelo.

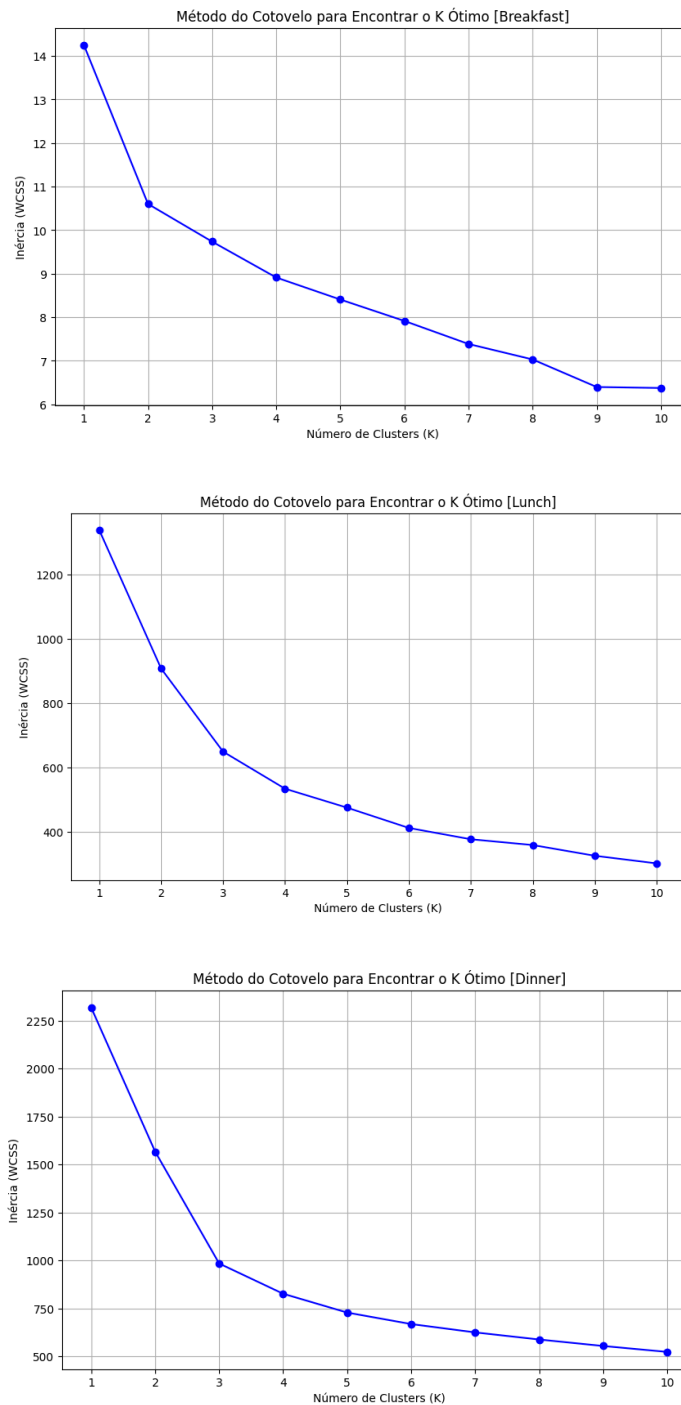


Figura 02 - Gráficos gerados pelo método do cotovelo.

Resultados identificados utilizando cluster hierárquico.

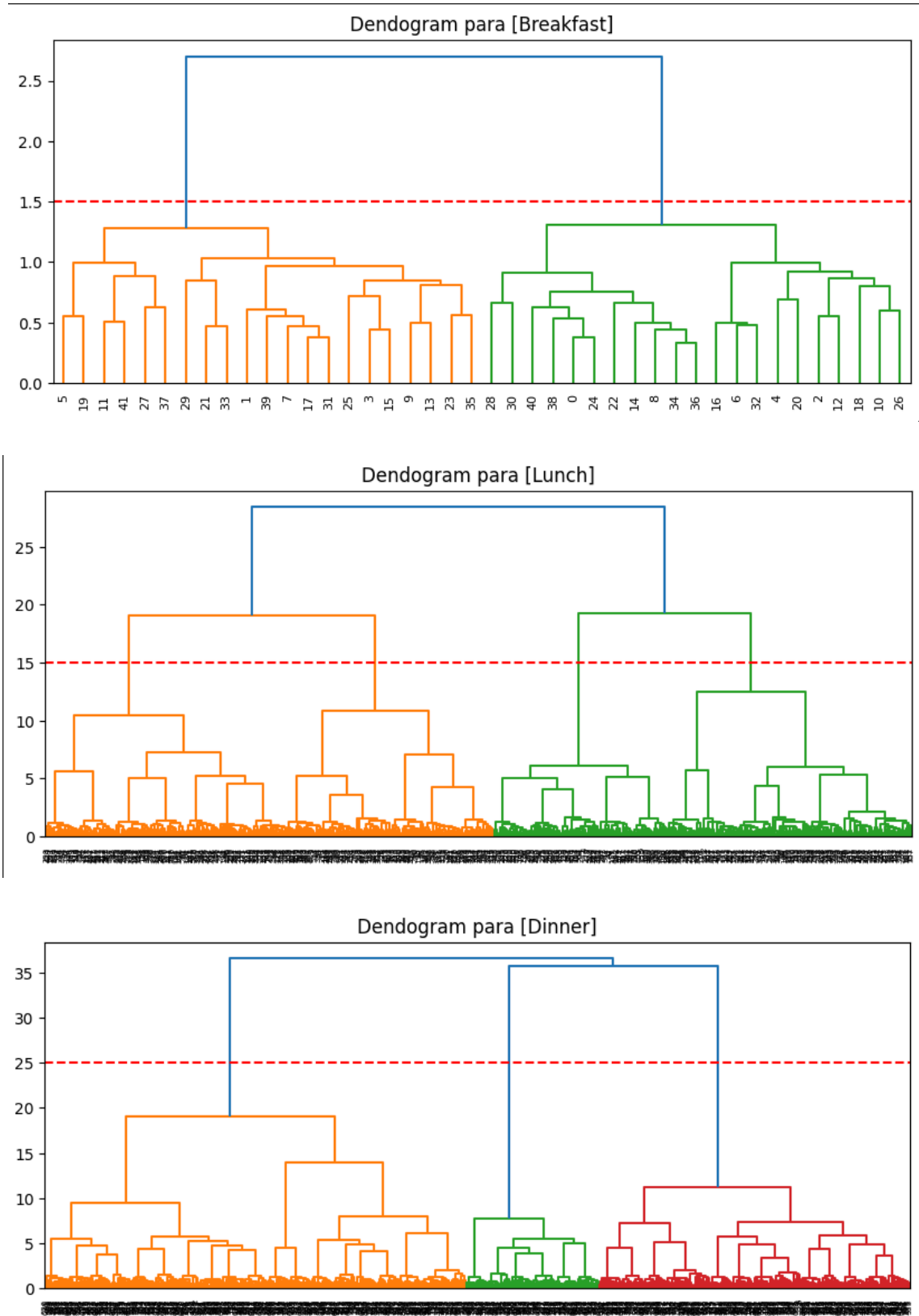


Figura 03 - Dendrogram gerados.

3. Interpretação dos clusters

- Análise do Breakfast

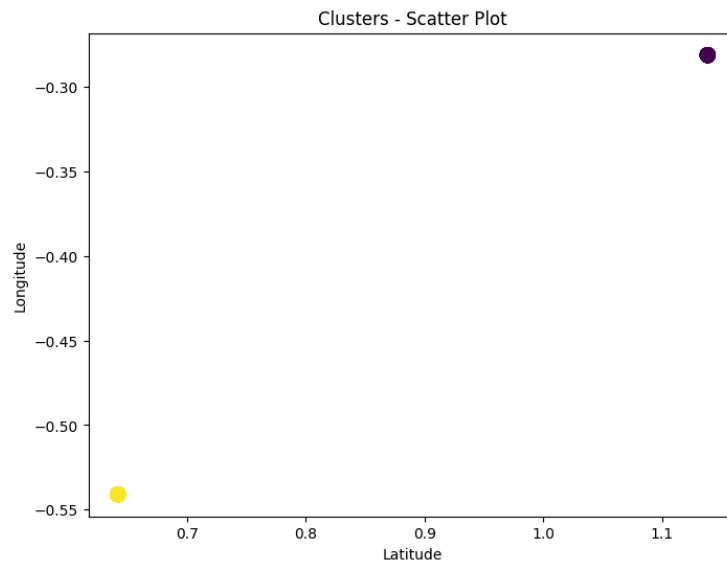


Figura 04 - Scatter plot clusters do breakfast

Para o breakfast foram identificados 02 (dois) clusters, conforme Figura 02,03 e 04. Além disso, na Figura 05 é possível entender pelo gráfico de nuvem de palavras o contexto identificado nos clusters.



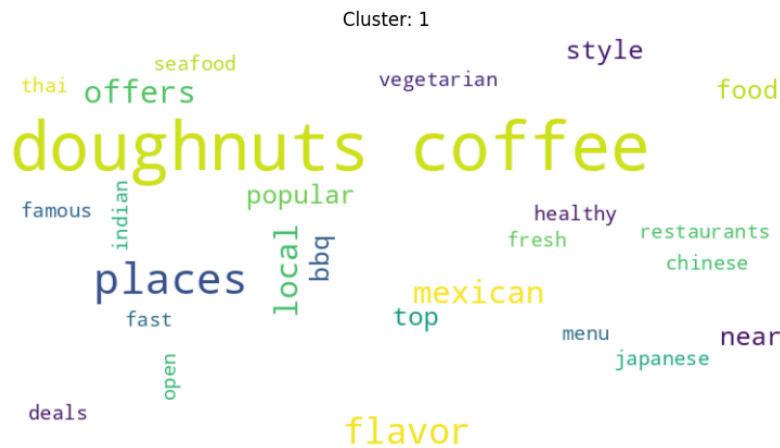


Figura 05 - Nuvem de palavras dos clusters.

Observa-se também que no período do café da manhã a procura é menor, conforme foi visto inicialmente na Figura 01, e isso reflete nos clusters gerados.

Agora, com o K Means treinado com as informações do breakfast, serão identificados os restaurantes capazes de atender a essas demandas identificadas (Figura 06) nos clusters acima utilizando o embedding da categoria do restaurante, juntamente com a latitude e longitude.

name	category	price_range	clusters	prob
Starbucks (Central Entrance & Anderson Rd)	bakery breakfast brunch cafe coffee amp tea	\$	0	0.573743
Dunkin' (3110 Tower Ave)	breakfast brunch donuts	\$	0	0.572991
Pretzelmaker (1600 Miller Trunk Hwy)	fast food bakery desserts	\$	0	0.568115
Cold Stone Creamery (1017 W Central Entrance)	ice cream frozen yogurt desserts cupcakes	\$	0	0.565338
Caribou Coffee (627 West Central Entrance)	cafe sandwich	\$\$	0	0.565230
Cold Stone Creamery (349 Canal Park Drive)	ice cream frozen yogurt desserts cupcakes	\$	0	0.565225
Caribou Coffee (2100 London Road)	cafe sandwich	\$\$	0	0.565153
Perkins Restaurant & Bakery (103 E 2nd Str...)	breakfast brunch american dinner bakery	\$\$	0	0.564048
Cabin Coffee Co-Rice Lake Wi	coffee tea american breakfast brunch	\$\$	0	0.563212
Starbucks (Hastings & Kirk)	bakery breakfast brunch cafe coffee amp tea	\$	0	0.563073
Taco Bell (1031 West Central Entrance)	burritos fast food mexican	\$	0	0.562726
Taco Bell (201 North 44th Ave. W)	burritos fast food mexican	\$	0	0.562550
Dunkin' (1431 South Hastings Way)	breakfast brunch donuts	\$	0	0.562343
Dairy Queen Grill & Chill (3100 Tower Ave)	american fast food ice cream amp frozen yogurt	\$	0	0.562204
Papa Murphy's (4602 Grand Avenue Suite 400)	pizza american desserts	\$\$	0	0.562148
Next Door Cafe	coffee tea american breakfast brunch	\$\$	0	0.561829
Bean Bag Coffee House	coffee tea american breakfast brunch	\$\$	0	0.561694
Starbucks (Highway 52 & South 17th)	bakery breakfast brunch cafe coffee amp tea	\$	0	0.561390
Starbucks (Rib Mountain & Highway 51)	bakery breakfast brunch cafe coffee amp tea	\$	0	0.561071
CVS (2631 TOWER AVENUE)	everyday essentials convenience pharmacy snacks	\$	0	0.561059

name	category	price_range	clusters	prob
Daylight Donuts	desserts breakfast brunch coffee tea bakery	\$	1	0.572229
Taco Bell (610 East St George Blvd)	burritos fast food mexican	\$	1	0.571456
Taco Bell (1418 West Sunset Blvd)	burritos fast food mexican	\$	1	0.571386
Taco Bell (1330 S Providence Center Drive)	burritos mexican tacos	\$	1	0.570470
Starbucks (W Sunset Blvd & N Bluff St)	bakery breakfast brunch cafe coffee amp tea	\$	1	0.569992
Starbucks (Providence Crossing- Cedar Cit)	bakery breakfast brunch cafe coffee amp tea	\$	1	0.569855
Sweet Rolled Tacos	desserts vegetarian coffee tea healthy	\$	1	0.569076
Costa Vida (2376 Red Cliffs Dr)	mexican new mexican comfort food	\$	1	0.568748
El Patron Mexican Food	mexican latin american new mexican tacos burri...	\$	1	0.568735
Crumbl Cookies (UT - St. George Bluff)	desserts coffee tea	\$	1	0.568682
Hokulia Shaved Ice	desserts coffee tea	\$\$	1	0.568647
Cheesecake Culture	desserts american coffee tea	\$	1	0.568504
Costa Vida (1415 S Providence Center Drive)	mexican comfort food	\$	1	0.567917
Swig (Boulevard)	desserts bakery pastry	unknown	1	0.567850
Jalapeños Authentic Mexican Food (700 S)	mexican new mexican tacos	unknown	1	0.567809
Tacos Plaza	mexican new mexican tacos	unknown	1	0.567806
Great Harvest Bread Co (922 East Brigham Rd)	american breakfast brunch desserts	\$	1	0.567616
The Sweet Tooth Fairy	american breakfast brunch desserts	\$\$\$\$	1	0.567569
The Sugar Cookie	american breakfast brunch desserts	\$	1	0.567563
Cheesecake Culture	american breakfast brunch desserts	unknown	1	0.567558

Figura 06 - Restaurantes identificados.

- Análise do Lunch

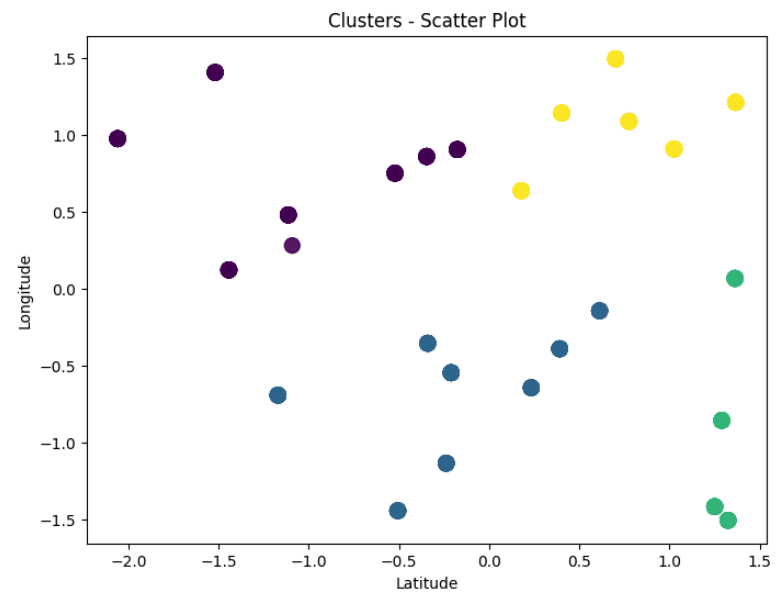


Figura 07 - Scatter plot clusters do Lunch

Para o Lunch foi identificado 04 (quatro) clusters, conforme Figura 02,03 e 07. Na figura 08 é possível visualizar os termos mais pesquisados pelos usuários e abaixo, na Figura 09 os restaurantes identificados que podem atender a essa demanda.



	name	category	price_range	clusters	prob
	Black Bear Diner (1245 South Main Street)	american burgers comfort food diner breakfast ...	\$\$	1	0.417509
	Thrilled Cheese (7061 S. Desert Blvd.)	sandwich new american comfort food	unknown	1	0.417033
	Chicken N' Biscuits by Cracker Barrel (7540 Re...	american comfort food fried chicken family mea...	\$\$	1	0.416904
	Pei Wei (7500 N Mesa St. Suite 101)	chicken salads asian chinese asian fusion thai...	\$\$	1	0.416796
	Black Bear Diner (965 Hoodoo Way)	american burgers comfort food steak chicken di...	\$\$	1	0.416709
	Chick-fil-A (10721 Gateway South Blvd.)	american fried chicken family meals southern s...	\$	1	0.416524
	Charleys Cheesesteaks - Outlet Shoppes at El P...	sandwich american comfort food	\$	1	0.416327
	Chick-fil-A (15 S River Rd Ste 500)	american fried chicken family meals southern s...	\$	1	0.416253
	Ciros Bar & Kitchen	mexican seafood burgers	\$\$	1	0.416155
	Chili's (7600 N. Mesa)	american burgers salads family meals healthy c...	\$\$	1	0.416018
	Nachos Muchachos (4151 North Mesa St)	mexican american sandwiches	\$	1	0.415773
	Chili's (311 N. Redcliff Dr.)	american burgers salads family meals healthy c...	\$\$	1	0.415754
	Emies Cafe Bar and Grill	mexican burgers seafood	\$\$	1	0.415719
	PJ Fresh (3001 Mountain Pass Blvd)	burgers american sandwiches	\$	1	0.415519
	Thrilled Cheese (655 Sunland Park Drive, Suite C)	sandwich new american comfort food	unknown	1	0.415262
	Dia De Los Pescados	seafood american sandwiches mexican tacos	unknown	1	0.415226
	Quik Wok Express	chinese affordable meals vegetarian friendly	unknown	1	0.415195
	Carl's Jr. (6031 N Mesa St)	fast food burgers salads burritos american hea...	\$	1	0.414620
	Royal Pandas	asian fusion chinese seafood family meals	\$	1	0.414594
	Cracker Barrel Old Country Store (7540 Remcon ...	burgers american sandwiches family meals	\$	1	0.414592

	name	category	price_range	clusters	prob
	Taco Bell (1429 S Blaine St)	burritos fast food mexican	\$	2	0.485429
	Taco Bell (450 Bridge St)	burritos fast food mexican	\$	2	0.485268
	Taco Bell (425 NE STADIUM WAY)	burritos fast food mexican	\$	2	0.484374
	Taco Bell (22312 E Appleway)	burritos fast food mexican	\$	2	0.480989
	Taco Bell (10620 East Sprague Avenue)	burritos fast food mexican	\$	2	0.480307
	Taco Bell (2626 First Street)	burritos fast food mexican	\$	2	0.479608
	Taco Bell (825 W 3rd Ave)	burritos fast food mexican	\$	2	0.479512
	Taco Bell (6614 N Division St)	burritos fast food mexican	\$	2	0.479192
	Taco Bell (6404 N Ash St)	burritos fast food mexican	\$	2	0.479074
	Taco Bell (9664 N Newport Hwy)	burritos fast food mexican	\$	2	0.479044
	Marandos Restaurant	mexican latin american bar food	\$	2	0.479044
	Taco Bell (10510 W SR 2)	burritos fast food mexican	\$	2	0.478889
	Chipotle Mexican Grill (490 SE Brelsford Drive)	healthy mexican salads sandwich	\$	2	0.478874
	Taqueria 3 Pueblos	mexican sandwich exclusive eats	\$	2	0.478629
	Taco Bell (133 N Sullivan Rd)	burritos fast food mexican group friendly	\$	2	0.477440
	Etsi Bravo	american sandwiches tacos	unknown	2	0.477339
	David's Pizza	pizza italian american exclusive eats	\$	2	0.477105
	MI perla tapatia	mexican latin american new mexican exclusive eats	\$	2	0.476809
	Taco Bell (3010 East 29th Avenue)	burritos fast food mexican group friendly	\$	2	0.476803
	Taco Bell (4101 N Market St)	burritos fast food mexican group friendly	\$	2	0.476429

name	category	price_range	clusters	prob
Burger King (4124 Freedom Way)	american burger fast food family meals	\$	3	0.466952
Sheetz - 6 Cabela Dr (429)	american comfort food deli desserts dinner fas...	\$	3	0.462767
Sheetz - 25 Gantzer Ridge Road (650)	american comfort food deli desserts dinner fas...	\$	3	0.462758
Sheetz - 887 National Rd (362)	american comfort food deli desserts dinner fas...	\$	3	0.462673
Huddle House (4150 Freedom Way)	american breakfast amp brunch salads family meals	\$	3	0.461298
Perkins Restaurant & Bakery (680 National Rd)	burgers american sandwiches family meals	\$	3	0.460612
Sheetz - 239 Three Springs Road (234)	american comfort food deli desserts dinner fas...	\$	3	0.459373
Chipotle Mexican Grill (225 Cabela Drive)	mexican salads	\$	3	0.458252
Sheetz - 1525 Main St (446)	american comfort food deli desserts dinner fas...	\$	3	0.458158
Shelburne Tap House	burgers salads sandwiches	unknown	3	0.456882
Moe's Southwest Grill (1150 Williston Rd.)	mexican fast food	\$	3	0.456522
Ground Round Bar & Grill	burgers american sandwiches exclusive eats	\$	3	0.456499
Denny's (361 South Main Street)	american breakfast brunch coffee tea dinner de...	\$\$	3	0.456130
Sheetz - 5715 Hammonds Mill Rd (425)	american comfort food deli desserts dinner fas...	\$	3	0.456115
Sheetz - 3522 Monongahela Boulevard (486)	american comfort food deli desserts dinner fas...	\$	3	0.456068
Sheetz - 1012 University Ave (575)	american comfort food deli desserts dinner fas...	\$	3	0.455495
Subway (3601 Main St)	fast food american sandwich	\$	3	0.455348
Burger King (RR#3 Box 3240)	american burger family meals	\$	3	0.455147
Applebee's (Rutland)	american bar food bbq burger chicken strips co...	\$\$	3	0.455129
The Elm Street Market	burgers american sandwiches	\$\$	3	0.454953

Figura 09 - Restaurantes indicados.

- Análise do Dinner

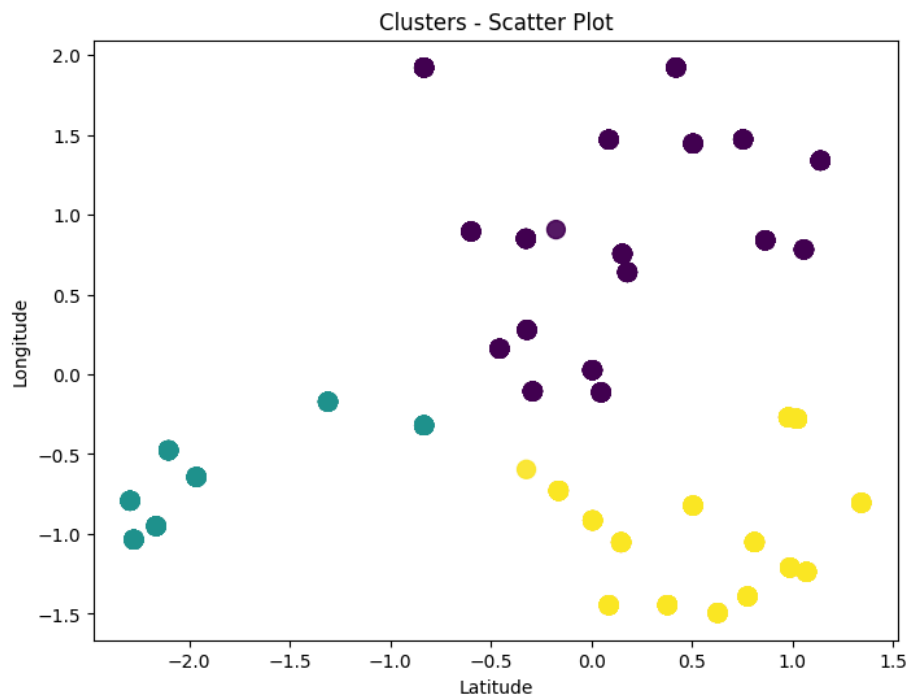


Figura 10 - Scatter plot clusters do Dinner

Para o Dinner foi identificado 03 (três) clusters, conforme Figura 02,03 e 10. Na figura 11 é possível visualizar os termos mais pesquisados pelos usuários e abaixo, na Figura 12 os restaurantes identificados que podem atender a essa demanda.



Figura 11 - Nuvem de palavras dos clusters

	name	category	price_range	clusters	prob
	The Burger Den (2039 W Main St)	american burgers comfort food vegetarian frien...	\$\$	0	0.618859
	The Burger Den (3429 Orange Ave)	american burgers comfort food vegetarian frien...	\$\$	0	0.618609
	Blissful Vegan Grill	vegan vegetarian burgers fast food american diner	unknown	0	0.615771
	BJ's Restaurant & Brewhouse (Charlottesvil...	american burgers pizza family meals	\$\$	0	0.613529
	MrBeast Burger (2380 Roanoke Street)	american burgers chicken desserts	\$\$	0	0.613212
	MrBeast Burger (151 Coleman Drive)	american burgers chicken desserts	\$\$	0	0.612926
	The Saucy Hen (500 MALL ROAD, SPACE #395)	bbq american chicken pasta burgers	\$\$	0	0.612775
	MrBeast Burger (2082 Harper Road)	american burgers chicken desserts	\$\$	0	0.612691
	MrBeast Burger (1355 Boxwood Terrace)	american burgers chicken desserts	\$\$	0	0.612570
	MrBeast Burger (145 Commonwealth Avenue)	american burgers chicken desserts	\$\$	0	0.612530
	Cracker Barrel Old Country Store (30 Hampton B...	burgers american sandwiches family meals	\$	0	0.612526
	Cracker Barrel Old Country Store (3153 Lee Hwy)	burgers american sandwiches family meals	\$	0	0.612517
	Logan's Roadhouse 335 (4740 Valley View Boulev...	burgers american sandwiches family meals	\$	0	0.612512
	Checkers (4110 1st Avenue)	american burger family meals	\$\$	0	0.612463
	BurgerFi Charlottesville-5th Street Station	burgers american vegetarian friendly	\$	0	0.612442
	TGI Friday's (1598 - Roanoke, VA)	burgers bar food family meals	\$\$	0	0.612228
	The House RVA	local specialities soul food chicken burgers	\$	0	0.612179
	Burger King (327 Ingleside Road)	american burger fast food	\$	0	0.612116
	Logan's Roadhouse 436 (1310 N. Eisenhower Drive)	burgers american sandwiches family meals	\$	0	0.612029
	Burger King (815 West Main Street)	american burger fast food	\$	0	0.612021

	name	category	price_range	clusters	prob
	Palenque Grill (La Plaza Mall)	mexican latin american new mexican seafood ste...	\$	1	0.543984
	MORI - McAllen, TX	japanese asian sushi family meals	\$	1	0.543837
	Rebecca's Mexican Restaurant & Catering	mexican seafood salads	unknown	1	0.543673
	Cockteleria La Patrona	seafood mexican snacks	unknown	1	0.541678
	Palenque Grill (Edinburg)	mexican latin american new mexican seafood ste...	\$	1	0.541422
	Los Villa Taquería (McColl)	mexican tacos burgers	unknown	1	0.541393
	Chepuerco Restaurant	mexican latin american new mexican exclusive eats	\$	1	0.541371
	Woodreaux's Bar & Grill	american burgers sandwiches seafood wings fish...	\$\$	1	0.540798
	Hayashi Hibachi (McAllen)	asian japanese seafood sushi family meals	\$	1	0.540675
	Taco Fiesta 956	burgers mexican tacos	\$	1	0.539809
	Red Lobster (701 W Expressway 83)	seafood american family meals	\$\$	1	0.539804
	BJ's Restaurant & Brewhouse (McAllen #465)	american burgers pizza family meals	\$\$	1	0.538551
	Pei Wei (3400 West Expressway 83)	chicken salads asian chinese asian fusion thai...	\$\$	1	0.538424
	La Tostada Cocina	mexican latin american comfort food new mexica...	\$	1	0.538299
	Kumori Sushi & Teppanyaki (Palms Crossing)	japanese family friendly sushi seafood desserts	\$\$	1	0.538015
	George Lopez Tacos (2000 South McColl Road)	mexican tacos family meals	unknown	1	0.537901
	Taco Bell (107 W Griffin Parkway)	burritos fast food mexican	\$	1	0.537888
	Churromania 🍩 La Plaza Mall	fast food desserts	unknown	1	0.537824
	Red Lobster (7617 N. 10th Street)	seafood american family meals	\$\$	1	0.537724
	Taco Bell (420 S. 10th)	burritos fast food mexican	\$	1	0.537663

name	category	price_range	clusters	prob
Enjoy Chinese Cuisine	chinese noodles vegetarian family meals	\$	2	0.611259
The Roll Co.	indian vegetarian asian mexican rolls fast foo...	unknown	2	0.607047
The Burger Den (1172 W 2100 St)	american burgers comfort food vegetarian frien...	\$\$	2	0.606651
The Burger Den (1250 Washington Blvd)	american burgers comfort food vegetarian frien...	\$\$	2	0.606571
The Burger Den (4029 Riverdale Rd.)	american burgers comfort food vegetarian frien...	\$\$	2	0.606494
The Burger Den (1701 West N Temple)	american burgers comfort food vegetarian frien...	\$\$	2	0.604615
The Burger Den (250 W 500 S)	american burgers comfort food vegetarian frien...	\$\$	2	0.604413
The Burger Den (925 N Main St)	american burgers comfort food vegetarian frien...	\$\$	2	0.603998
The Burger Den (420 W 4500 S)	american burgers comfort food vegetarian frien...	\$\$	2	0.603875
Sizzler (1165 N Main St)	american burgers seafood family meals	\$\$	2	0.603848
The Burger Den (401 W 7200 S)	american burgers comfort food vegetarian frien...	\$\$	2	0.603476
The Burger Den (7051 S 1300 E)	american burgers comfort food vegetarian frien...	\$\$	2	0.603356
LoLo Hawaiian BBQ (Taylorsville)	american chicken seafood family meals	\$	2	0.603189
Thai Garden Bistro	thai family friendly exclusive eats	\$\$	2	0.603154
The Burger Den (11511 4000 West #102)	american burgers comfort food vegetarian frien...	\$\$	2	0.603125
United Kitchens of India (145 Fort Union Blvd.)	indian pakistani indian curry chicken diner ve...	\$	2	0.602972
Curry Up Now - Salt Lake City	indian vegetarian asian healthy family meals	\$	2	0.601781
The Burger Den (1516 N Redwood Rd)	american burgers comfort food vegetarian frien...	\$\$	2	0.601557
The Burger Den (101 N. 1200Th East)	american burgers comfort food vegetarian frien...	\$\$	2	0.601273
Leila's Luau (Syracuse)	mexican chicken burgers	\$	2	0.600710

Figura 12 - Restaurantes indicados.

CONCLUSÕES

O objetivo principal do trabalho foi alcançado e, em um curto período de tempo, foi possível desenvolver uma solução capaz de atender aos requisitos iniciais. No entanto, ainda existe amplo espaço para aprimoramentos. Algumas sugestões para trabalhos futuros incluem:

- Fragmentar os períodos do dia de forma mais detalhada, incluindo intervalos específicos como madrugada, início da noite, entre outros, a fim de capturar padrões mais refinados de comportamento.
- Utilizar um conjunto de dados real, que represente de maneira mais fiel o problema a ser resolvido e permite análises mais aderentes ao contexto operacional.
- Atribuir um peso maior às informações de latitude e longitude, tornando a localização do usuário e dos restaurantes um fator mais influente no processo de agrupamento.
- Incorporar o price range como variável adicional, permitindo que a faixa de preço dos restaurantes também contribua para a definição dos grupos.

REFERÊNCIAS

Cortes do Flow [OFICIAL]. A INCRÍVEL ESTRATÉGIA POR TRÁS do aplicativo do iFood, você NÃO FAZIA ideia. YouTube, 2025. Disponível em: <https://youtu.be/U6BJDHQMgml>. Acesso em: 9 dez. 2025.

SILVAAN. *unsupervised-learning* [repositório GitHub]. 2024. Disponível em: <https://github.com/silvaan/unsupervised-learning>. Acesso em: 9 dez. 2025.

Géron, Hands-On Machine Learning with Scikit-Learn: Concepts, Tools and Techniques to Build Intelligent Systems, Keras & tensorflow, Third Edition, O'Reilly, 2022.