



isec
Engenharia

MESTRADO EM ENGENHARIA
INFORMÁTICA

Fleet Data Integration

Relatório de Estágio de Natureza Profissional para a
obtenção do grau de Mestre em Engenharia Informática

Especialização em Análise Inteligente de Dados

Autor

João Miguel Pedrosa Neves

Orientador

João Pedro Matos da Costa

Professor do Departamento de Engenharia Informática e de
Sistemas

Instituto Superior de Engenharia de Coimbra

Supervisor na empresa RedOcean

Eng. Paulo Costa

Coimbra, março de 2023

Resumo

Existem soluções no mercado na logística de transportes com veículos pesados de mercadoria que realizam o planeamento de uma rota, com partida de um local de origem, num determinado horário, para um determinado destino. Estas soluções convencionais calculam as rotas e os respetivos tempos de viagem, no entanto usualmente não tomam em consideração informação relevante, tal como a orografia e as condições climatéricas, que impactam o planeamento da rota prevista e o cálculo do tempo previsto da viagem, particularmente no que concerne a viagens de veículos pesados de mercadorias.

Esta tese propõe uma solução flexível que permite, através da integração de uma solução de planeamento de viagens, com sistemas que disponibilizam informação climatérica e de orografia, tomar em consideração estes fatores que influenciam o decorrer de uma viagem, de modo a apresentar estimativas de duração das viagens mais próximas das reais, e assim reduzir os atrasos relativamente à duração prevista das viagens.

Para o planeamento de uma viagem, o protótipo desenvolvido começa pelo planeamento da rota e do cálculo da duração prevista da viagem. Esta rota é então segmentada em vários pontos, equidistantes por distância ou por tempo decorrido, sendo posteriormente calculada a criticidade derivado das condições climatéricas e orográficas em cada ponto, e consequentemente calculado o atraso causado pelo impacto da criticidade de cada ponto no decorrer da viagem.

Em presença de condições adversas, são identificados os locais afetados e recalculado o seu impacto na duração da viagem. Quando este impacto é significativo, acima de um determinado limiar, ou quando algum dos locais da viagem se torna intransitável, derivado das condições climatéricas, é proposta uma rota alternativa se esta for mais rápida. Este comportamento esperado foi validado, através dos dados de viagens históricas efetuadas, no que concerne tanto aos aspetos climatéricos como aos orográficos.

Palavras-chave: Planeamento de rota, Integrar APIs, Meteorologia, Orografia

Abstract

There are solutions on the market in transport logistics with heavy goods vehicles that perform the planning of a route, starting from a place of origin, at a certain time, to a certain destination. These conventional solutions calculate the routes and the respective travel times, however they usually do not take into account relevant information, such as the terrain and weather conditions, which impact the planning of the expected route and the calculation of the expected travel time, particularly when it comes to heavy goods vehicle trips.

This thesis proposes a flexible solution that allows, through the integration of a trip planning solution with systems that provide weather and orography information, to take into account these factors that influence the course of a trip, in order to present trip duration estimates closer to the real ones, and thus reduce delays in relation to the expected trip duration.

For planning a trip, the developed prototype starts by planning the route and calculating the estimated trip duration. This route is then segmented into several points, equidistant by distance or elapsed time, being subsequently calculated the criticality derived from weather and orographic conditions at each point, and consequently calculated the delay caused by the impact of the criticality of each point in the course of the trip.

In the presence of adverse conditions, the affected locations are identified and their impact on the trip duration is recalculated. When this impact is significant, above a certain threshold, or when one of the trip locations becomes impassable due to weather conditions, an alternative route is proposed if it is faster. This expected behavior was validated, using data from historical trips made, with respect to both weather and orographic aspects.

Keywords: Route Planning, Integrate APIs, Weather, Orography

Agradecimentos

Quero começar por agradecer à RedOcean e ao ISEC pela oportunidade, mais concretamente ao engenheiro Paulo Costa e ao professor João Costa pela paciência e orientação prestada no decorrer do estágio.

Agradeço a todos os docentes e funcionários do ISEC que permitem um ensino notável e que me forneceram uma formação académica exemplar.

Gostaria de agradecer também à minha mãe, ao meu pai, à minha irmã, à minha namorada e a toda a minha família pelo carinho, apoio, motivação dada e ao esforço que fizeram para que pudesse alcançar o que alcancei até hoje.

Também gostaria de agradecer aos meus amigos Rafael Vieira, Gustavo Leite, Diogo Leite, João Murteira, André Proença, João Batista e Jesualdo Salvador por me terem acompanhando na minha viagem académica, apoiando-me incondicionalmente nesta jornada.

Um agradecimento especial ao meu avô Augusto que foi um dos pilares da minha vida.

A todos vocês, o meu muito obrigado.

Índice

Resumo	i
Abstract.....	ii
Agradecimentos	iii
Índice	iv
Lista de Figuras	vi
Lista de Tabelas	viii
Acrónimos	
1 Introdução	1
1.1 Motivação	1
1.2 Objetivos.....	3
1.3 Contribuições	4
1.4 Estrutura do documento	5
2 Trabalho relacionado	1
2.1 Soluções de gestão logística de transporte.....	1
2.2 Soluções de planeamento de rotas	1
2.3 Fontes de informação meteorológica.....	3
2.3.1 Métricas meteorológicas relevantes.....	3
2.3.2 Estudo de APIs meteorológicas.....	5
2.4 APIs de altitude.....	8
2.5 Conclusões	9
3 Proposta do sistema MeteOrFleepMap.....	11
3.1 Arquitetura do MeteOrFleetMap	11
3.2 Requisitos da proposta	12
3.3 Opções tomadas/consideradas	13
3.4 Conclusões	15
4 A Integração de dados	17
4.1 Integração das APIs meteorológicas	17
4.1.1 Mapeamento com ficheiros JSON.....	17
4.1.2 Normalização das métricas.....	18
4.1.3 Obtenção dos dados climatéricos previstos para os próximos 7 dias.....	19
4.1.4 Obtenção dos dados climatéricos atuais e históricos.....	19
4.1.5 Modo e frequência de obtenção dos dados.....	21
4.2 Integração de API de planeamento de rotas.....	22
4.3 Integração de informação orográfica	23
4.4 Conclusões	24

5	Protótipo MeteOrFleetMap implementado.....	25
5.1	Obter rota ideal entre dois pontos numa determinada data.....	25
5.2	Obter rotas alternativas	26
5.3	Determinar pontos de passagem de uma viagem.....	27
5.4	Determinar a criticidade de um ponto.....	28
5.5	Determinar o impacto da criticidade dos pontos na duração de uma rota	29
5.6	Obter uma rota entre pontos evitando pontos críticos	30
5.7	Conclusões	31
6	Validação do protótipo	33
6.1	Transparência no planeamento da rota do MeteOrFleetMap.....	34
6.2	Rota alternativa evitando condições adversas acima do aceitável.....	35
6.3	Duração viagem real vs prevista pelo Here API.....	38
6.4	Duração viagem real vs prevista pelo MeteOrFleetMap, considerando condições climatéricas	42
6.5	Influência da variação da altitude no planeamento da rota.....	45
7	Conclusões.....	49
	Referências	53
	Apêndices	55
	Apêndice A – Requisitos do Protótipo	55
	Apêndice B – REST API.....	57
	Funcionalidades / Requisitos	57
	RF07 – Autenticar empresa	58
	RF08 – Consultar Tokens	58
	RF09 – Cancelar Tokens	59
	RF10 – Obter as condições meteorológicas e orográficas num ponto	60
	RF11 – Obter condições meteorológicas e orográficas de uma lista de pontos	61
	RF12 – Calcular pontos adversos numa rota	62
	RF13 – Calcular atraso devido às condições meteorológicas.....	64
	Apêndice C – Avaliação API's Meteorologia	67

Lista de Figuras

Figura 1 – Ilustração de 3 rotas alternativas propostas pelo Google Maps	2
Figura 2 – Esboço da Arquitetura do projeto	3
Figura 3 - Arquitetura genérica do sistema	11
Figura 4 - Exemplo de ficheiro de configuração	18
Figura 5 - Output exemplo do Here API	23
Figura 6 - Rota Ideal de Guadalajara a Pombal calculada pelo Here API.....	26
Figura 7 - Rota ideal (vermelho) e uma rota alternativa (azul)	26
Figura 8 - Rota segmentada por distância (20 em 20 quilómetros).....	27
Figura 9 - Rota segmentada por tempo (15 em 15 minutos)	28
Figura 10 - Espectro de criticidade dos pontos numa rota	29
Figura 11 - Rota ideal recalculada evitando ponto com criticidade máxima	30
Figura 12 - Criticidade dos parâmetros meteorológicos segundo o IPMA	33
Figura 14 - Planeamento de rota entre Esmoriz e Madrid para momento atual	35
Figura 15 - Previsão do tempo de viagem entre São João da Madeira e Sevilha.....	35
Figura 16 – Recálculo da rota entre Valência e Aveiro devido a ponto critico intransitável.	36
Figura 17 - Dados das rotas ideal e alternativa entre Valência e Aveiro dado o ponto crítico intransitável.....	37
Figura 18 - Rota alternativa entre Valência e Aveiro devido a condições meteorológicas adversas.....	37
Figura 19 - Dados das rotas ideal e alternativa entre Valência e Aveiro dado as condições meteorológicas adversas	38
Figura 20 - Viagem entre Mangualde e Salamanca sem considerar condições climatéricas .	39
Figura 21 - Dados reais e dados here API da viagem entre Mangualde e Salamanca.....	39
Figura 22 - Viagem entre Celorico de Beira e Valladolid sem considerar as condições climatéricas	40
Figura 23 - Dados reais e Here API da viagem entre Celorico da Beira e Valladolid	40
Figura 24 - Viagem entre Bragança e Medina del Campo sem considerar condições climatéricas	41
Figura 25 - Dados reais e dados do Here API da viagem entre Bragança e Medina del Campo	41
Figura 26 - Viagem entre Celorico da Beira e Valladolid considerando condições climatéricas	43
Figura 27 - Dados da viagem entre Celorico da Beira e Valladolid considerando condições climatéricas	43
Figura 28 - Viagem entre Bragança e Medina del Campo considerando condições climatéricas	44
Figura 29 - Dados da viagem entre Bragança e Medina del Campo considerando condições climatéricas	45

Figura 30 - Rota na zona urbana de Escapões	46
Figura 31 - Dados da Rota ideal e da Rota alternativa na zona urbana de Escapões	47

Lista de Tabelas

Tabela 1 - Características das ferramentas de planeamento de rota	3
Tabela 2 - Informação meteorológica para o instante atual.....	6
Tabela 3 - Informação meteorológica para a previsão dos próximos 7 dias	7
Tabela 4 - Chamada meteorológica para o histórico dos 5 dias anteriores	8
Tabela 5 - requisitos que foram classificados com o prioridade “Tem de ter”	12
Tabela 6 - Mapeamento das métricas das API's para chamada meteorológica dos próximos 7 dias	18
Tabela 7 - Mapeamento das métricas das API's para chamada meteorológica do tempo atual	20
Tabela 8 - Mapeamento das métricas das API's para chamada meteorológica dos passados 5 dias	20
Tabela 9 - Requisitos funcionais de integração do MeteOrFleetMap com o Mobleet	25
Tabela 10 - Índice meteorológico de acordo com as condições meteorológicas e respetiva recomendação de redução de velocidade	34
Tabela 14 - Totalidade dos requisitos do protótipo do sistema	55
Tabela 15 - Requisitos funcionais da REST API	57
Tabela 11 – Chamada meteorológica para o histórico dos 5 dias anteriores.....	68
Tabela 12 – Chamada meteorológica para o histórico dos 5 dias anteriores.....	68
Tabela 13 – Chamadas do plano gratuito de cada API.....	69

Acrónimos

API – Application Programing Interface

BD – Base de dados

EUA – Estados Unidos da América

MeteOrFleetMap - Meteorological and Orographic Fleet Map

REST – Representational State Transfer

SLM – Sistema de Logística da Mobleat

UE – União Europeia

UI – User Interface

1 Introdução

A gestão de uma frota de veículos pesados de mercadorias não é limitada apenas à logística associada à manutenção dos camiões, mas também ao planeamento das viagens de modo a minimizar a duração e os custos das mesmas. Diversos fatores, tais como a meteorologia, a orografia, o tráfego, os veículos utilizados e a carga transportada, influenciam a logística de transporte e particularmente a determinação do percurso ideal a seguir em cada viagem. Na determinação da rota de uma viagem é frequente o recurso a sistemas que determinam rotas possíveis entre um local de origem e um local de destino.

A empresa RedOcean está a desenvolver uma plataforma de gestão de uma frota de transporte de mercadorias. A RedOcean no âmbito da sua experiência na integração de sistemas, com um dos seus clientes com larga experiência no transporte de mercadorias, sentiu necessidade de desenvolver uma plataforma cloud que concentre toda a informação sobre o seu negócio e integrado com o seu sistema de geolocalização, incluir estes fatores que influenciam o planeamento das viagens de veículos pesados de mercadorias.

Esta dissertação foi realizada no âmbito do estágio realizado na empresa RedOcean, e que teve como objetivo propor uma solução que permita a integração da informação existente na plataforma de transportes, com informação externa, nomeadamente de geolocalização dos veículos, tráfego, meteorologia, e outros, com o objetivo de possibilitar a análise do impacto destes fatores na duração e no custo das viagens. Um dos requisitos definidos pela RedOcean é que a proposta deverá utilizar soluções de baixo custo, preferencialmente open-source.

As secções seguintes apresentam a motivação, o objetivo, as contribuições desta dissertação e a estrutura deste documento.

1.1 Motivação

A gestão de uma frota de veículos pesados de mercadorias não é limitada apenas à logística associada à manutenção dos camiões, mas também ao planeamento das viagens, a minimização a sua duração, o atraso em relação ao previsto e o custo de cada viagem. Na determinação da rota de uma viagem é frequente o recurso a sistemas, por o exemplo o Google Maps, que determinam rotas possíveis entre dois locais e que tomam em consideração informação relacionada com o tráfego existente/previsto no percurso para a identificação e seleção da(s) mais eficiente(s) (figura 1 ilustra 3 rotas possíveis entre Pombal e Madrid).

Além de identificar a rota mais rápida, sugere outras rotas alternativas, com a identificação e estimativa da duração, distância e eventuais constrangimentos de trânsito ou de indisponibilidade da via.

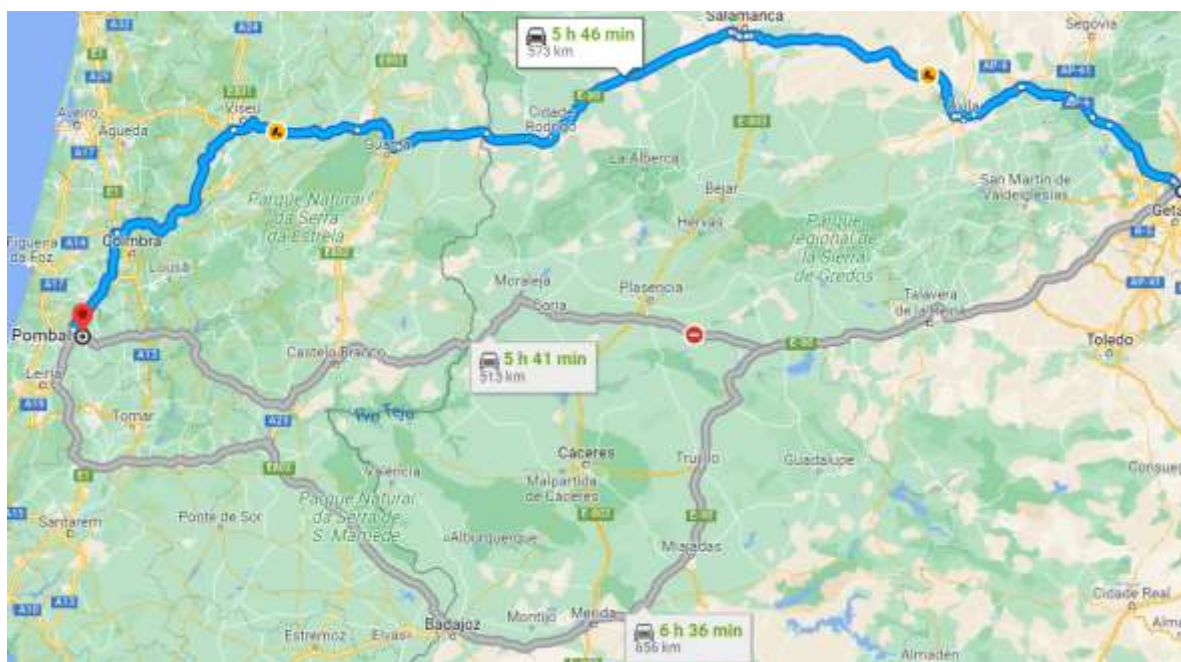


Figura 1 – Ilustração de 3 rotas alternativas propostas pelo Google Maps

Estas alternativas são apresentadas e utilizadas pelas empresas de gestão de frotas, que conjugando com o conhecimento existente das viagens que foram anteriormente realizadas, nomeadamente do tempo e dos custos associados, decidem qual das rotas apresentadas será utilizada para a realização da viagem, de modo a minimizar os custos adicionais.

A distância e a duração da rota são os fatores relevantes mais utilizados na determinação das rotas, no entanto, também é pertinente considerar outros fatores tais como a meteorologia e orografia que afetam significativamente as viagens de veículos pesados de mercadorias.

Condições climáticas adversas, nomeadamente o vento e a possibilidade de gelo nas estradas, e alterações acentuadas de altitude, ao longo da viagem, têm um impacto muito mais significativo em veículos pesados do que em veículos ligeiros, dada a sua maior massa e altura, sendo estes mais suscetíveis a despistes ou quedas. Também é pertinente correlacionar os trajetos com o tipo de via utilizado (estrada nacional, autoestrada, etc..), e o modo em que estes influenciam a velocidade a que o veículo se pode deslocar e o seu impacto na duração e custo total, particularmente em combustíveis.

A presença de parâmetros meteorológicos e orográficos numa solução de planeamento de rotas e gestão de frotas tem uma influência acrescida devido ao tipo de veículo utilizado na viagem. Por serem mais altos e pesados, e frequentemente possuem um atrelado, são mais suscetíveis a deslizos ou quedas por influência de fatores externos.

A incorporação destes fatores permite fornecer um leque mais variado de rotas e opções mais robustas e fundamentadas, e assim facilitar o processo de seleção da rota e simultaneamente diminuir o risco de imprevistos ou possíveis atrasos ou falhas na entrega.

A necessidade de gerir e integrar os dados da frota da empresa com estes fatores, assim como a inexistência de soluções acessíveis que considerem estes fatores relevantes (cálculo meteorológico, orográfico e tipo de estrada) levou ao desenvolvimento deste projeto.

De modo a conseguir otimizar o planeamento e seleção de uma viagem, a solução a propor funcionará como um *hub* integrador de diferentes fontes externas com dados relevantes para a determinação da rota ideal tomando em consideração os fatores identificados.

1.2 Objetivos

Este trabalho tem como objetivo propor uma solução que integre dados de fontes externas, como ilustrado na figura 2, nomeadamente dados meteorológicos e orográficos, e que permita identificar e classificar os vários locais, ou pontos, e analisar o impacto destes fatores na duração e custo dessa rota. No planeamento da rota de uma viagem, a identificação dos pontos da rota com condições meteorológicas críticas é essencial para o processo de determinação de rotas alternativas que permitem que a entrega seja efetuada em segurança e sem imprevistos.

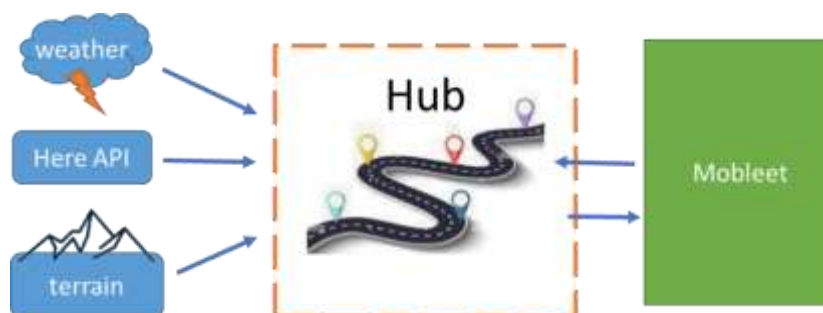


Figura 2 – Esboço da Arquitetura do projeto

No contexto da Mobleet, significaria a incorporação de uma componente meteorológica e orográfica à aplicação de gestão e planeamento de frotas existente atualmente na empresa, que genericamente calcula e valida uma rota essencialmente de acordo com custos e tempos de entrega. Para cada rota deverão ser determinados pontos relevantes da mesma para os quais serão recolhidas as condições climatéricas e orográficas e posterior cálculo do impacto no decurso da viagem. Para cada um desses pontos, de acordo com vários parâmetros meteorológicos como o vento, chuva, neve, altitude, tipo de estrada, entre outros, classifica-se esse ponto, de acordo com um critério de criticidade, e determina-se se esse ponto deve pertencer ou ser retirado da rota idealizada.

A Mobleet pretende incorporar uma componente meteorológica e orográfica ao algoritmo já existente que compreende elementos como informação de tráfico, conhecimento

interno e disponibilidade do condutor e camião. Neste contexto de atuação, a Mobleet pretende oferecer uma solução que fornece serviços de automatização de ordens e otimização de rotas, agregando múltiplas fontes de dados, tais como tráfego, conhecimentos internos da empresa e informação meteorológica.

De entre os objetivos deste trabalho destacam-se:

- Identificação e análise das soluções existentes
- Identificação das fontes de informação a integrar
- Propor uma solução de integração de dados;
- Implementar um protótipo e APIs de integração
- Validação do protótipo

1.3 Contribuições

As soluções atuais para o planeamento de rotas de veículos pesados de mercadoria tomam em consideração a duração, a distância da viagem e imprevistos na via, no processo de seleção do melhor percurso. Fatores relevantes como as condições climáticas e orografia do trajeto não são tomadas em consideração, que, no entanto, podem ter impacto significativo na previsão e seleção da rota de uma viagem de transporte com veículos de mercadorias. As principais contribuições deste trabalho são:

- a proposta de uma arquitetura que incorpora informação meteorológica e orográfica para o planeamento de rotas direcionada para veículos pesados de mercadoria, permitindo assim a determinação de tempos de viagem (consequentemente hora de chegada prevista) mais realistas.

- o processo de incorporação de dados externos através de um mecanismo de mapeamento que normaliza os dados recebidos em parâmetros com uma nomenclatura genérica possibilitando a inclusão ou exclusão mais flexível de fontes de dados.

- ao tomar em consideração fatores que comprometam a viagem entre os quais estão os tipos de via utilizados, as variações acentuadas da altitude, os ventos fortes, a chuva e a neve no piso, possibilita o planeamento de rotas mais seguras e com menos imprevistos, .

- um método de deteção de condições meteorológicas adversas acima do aceitável ou características orográficas intransponíveis numa rota.

- avaliação do impacto na previsão da duração e horário de chegada de viagens de veículos pesados.

- a identificação de viagens previstas que, devido a eventos meteorológicos ou características orográficas, não cumprem os requisitos do tempo de entrega, obrigando ao cálculo de rotas alternativas.

- calcular rotas alternativas aquando da deteção de condições meteorológicas e orográficas que cumpram os critérios mínimos de passagem, de modo a fornecer um maior leque de soluções para a seleção da melhor rota.

- identificar segmentos de rota com uma inclinação acentuada de modo a recomendar alternativas exequíveis que desgastem menos o veículo e sejam menos impactantes quanto ao gasto de combustível.

Os resultados e conclusões deste trabalho, no contexto de viagens de veículos pesados, podem ser adaptados e aplicados a outros tipos de veículos.

1.4 Estrutura do documento

O presente relatório divide-se em sete capítulos:

Cap.1- Introdução, onde é feita uma contextualização do projeto e os objetivos a atingir para o mesmo.

Cap.2- Trabalho relacionado, onde são apresentadas algumas das soluções existentes atualmente numa vertente de logística de transporte e planeamento de rotas. Também se abordam fontes de informação meteorológica, com respetivas métricas pertinentes acompanhado por um estudo das mesmas. Adicionalmente, são mencionadas as API's de altitude que foram estudadas.

Cap.3- Proposta do sistema MeteOrFleetMap, onde é apresentada a proposta da arquitetura do sistema de integração das fontes externas utilizadas para a determinação da rota, e os seus requisitos.

Cap.4- A integração de dados, onde são abordados os mecanismos de mapeamentos das fontes de dados, através de ficheiros JSON para cada fonte, e a consequente normalização de métricas, assim como o método, o modo e a frequência de obtenção de dados e a integração da API de planeamento de rotas e da informação orográfica e do tipo de via.

Cap.5- Protótipo MeteOrFleetMap implementado, onde são identificadas as funcionalidades/requisitos nucleares ao funcionamento do protótipo, e descritas diversas funcionalidades, tais como a obtenção da rota ideal entre dois pontos, obtenção de rotas alternativas, determinação dos pontos de passagem de uma rota, determinação da criticidade de um ponto, determinação do impacto da criticidade dos pontos na duração de uma rota e a obtenção de uma rota evitando pontos críticos.

Cap.6- Validação do protótipo, onde são realizadas várias validações ao protótipo, nomeadamente através da análise comparativa dos resultados obtidos, entre o MeteOrFleetMap e a API de planeamento de rota, relativamente à duração da viagem, da rota alternativa evitando condições acima do aceitável, da duração de uma viagem real vs duração de uma viagem prevista pela API de planeamento de rota, da duração de uma viagem prevista pelo MeteOrFleetMap considerando condições climatéricas, e o tempo de viagem afetado por variações de altitude.

Por fim, no Cap.7- Conclusões, são apresentadas algumas considerações sobre o trabalho relacionado e algumas sugestões de trabalho futuro.

2 Trabalho relacionado

Este capítulo apresenta algumas das soluções planeamento de rotas e analisa soluções de obtenção de informação meteorológica que possam fornecer informação relevante para a otimização das rotas de veículos pesados de mercadorias.

2.1 Soluções de gestão logística de transporte

No contexto da logística de transporte de mercadores, a maioria das soluções existentes no mercado, por exemplo FleetPal [1], Holman [2], Fleetio [3], Chevin [4], Fleetistics [5], entre outras, oferecem soluções genéricas particularmente direcionadas ao nível de logística de frota. Disponibilizam, entre outras funcionalidades, relatórios de custos e a gestão dos veículos pertencentes à frota. No entanto não estão direcionadas para o planeamento e otimização dos percursos das viagens.

Mobleet [6], solução de logística de transporte desenvolvida pela RedOcean permite a gestão da frota de veículos que realizam os pedidos, respetivos condutores e clientes. Contrariamente às soluções de gestão de frota acima mencionadas, o Mobleet permite o planeamento e projeção da rota ótima referente a um pedido.

No decurso do estágio, para o desenvolvimento e testes, foi disponibilizado um *subset* dos dados do Mobleet, relativo a algumas viagens realizadas na península ibérica no período compreendido entre janeiro de 2020 e março de 2021.

2.2 Soluções de planeamento de rotas

Entre as soluções direcionadas para o planeamento de rota incluem-se o Google Maps [7] e o OpenStreetMap [8], entre outras. Considerando a localização de uma origem e a de um destino, apresentam a distância e a duração prevista da viagem tendo em conta o tráfego, tipos de estrada e eventuais cortes na via (como ilustrado na Figura 1). É importante mencionar que a estimativa apresentada por estas soluções é calculada para veículos ligeiros convencionais, não tomando em consideração veículos pesados de mercadorias.

A API do OpenStreetMap permite, dado um ponto geolocalizado, fornecer o tipo de via desse ponto. Se o ponto não estiver contido numa via, é devolvido o tipo de via mais próximo desse ponto (associado ao identificador do local).

Assim como o Google Maps e o OpenStreetMap, dedicado ao planeamento de rotas, o Here API [9] calcula igualmente a distância e a duração prevista da viagem de acordo com o

tráfego e eventuais cortes na via, porém está direcionada para transportes de mercadoria e tem em consideração o tipo de veículo e o peso da sua carga. Assim é possível ter uma aproximação mais realista e em alguns casos, rotas ideais moldadas para este tipo de veículo.

O Here API recomenda uma rota tendo em consideração um ponto de partida e um ponto de chegada, as dimensões do camião, as dimensões da carga, tempos de descanso dos condutores, tráfego ou impedimentos existentes na via. Devolve informação pertinente como tempo e distância restante nos vários pontos da viagem e o custo previsto em portagens. Também tem em consideração os tempos de descanso obrigatórios impostos por lei, agendando a chegada prevista em conformidade. Nos países da União Europeia (UE), os condutores têm de descansar após 4,5 horas de condução durante pelo menos 45 minutos, e não devem exceder um total de 9 horas de trabalho por dia, antes de terem de descansar durante 11 horas.

Na otimização do processo de escolha e validação de rotas de transporte é tomado em consideração um conjunto de fatores, nomeadamente, a duração prevista, a distância, o tráfego e os diferentes tipos de estrada. No entanto também é relevante considerar as condições climáticas e a orografia.

Existem algumas soluções de planeamento de rota com a incorporação de informação meteorológica ao longo da viagem, como o Morecast [10] e DriveWeather [11]. O Morecast determina pontos intermédios num trajeto, em intervalos de 15 em 15 minutos, e fornece a previsão da temperatura, precipitação e vento nesses pontos, porém não é uma solução que contempla as particularidades das viagens de veículos pesados de mercadorias. O DriveWeather desenha a rota e fornece informações como quantidade de gelo, neve e chuva no piso e presença de nevoeiro num dado ponto da viagem. No entanto, este apenas está disponível para estradas do Canadá, Estados Unidos da América (EUA) e Reino Unido. Tem a opção de planeamento de rotas para veículos pesados. No entanto, nenhuma destas soluções fornece informações tomando também em consideração ao nível da orografia do percurso.

A Tabela 1 sintetiza as principais características das ferramentas de planeamento de rotas consideradas relevantes no âmbito do projeto.

Tabela 1 - Características das ferramentas de planeamento de rota

Dados/APIs	Google Maps	Open Street Maps	Here	Morecast	Drive Weather
Rota	X	X	X	X	X
Segmentos da Rota	X	X	X	X	X
Duração	X	X	X	X	X
Distância	X	X	X	X	X
Tipo de Via de um ponto		X			
Dedicado para pesados			X		X
Considera informação meteorológica				X	X
Considera informação de orografia					

Da tabela verifica-se que apenas o Here API e o DriveWeather contemplam o tipo de veículo utilizado, nomeadamente pesados de mercadorias, no planeamento da rota. No entanto DriveWeather não é opção pois este apenas está disponível nos EUA e no Reino Unido. Utilizou-se assim o Here API, pois as restantes não têm em consideração o tipo de veículo indicado no planeamento de viagem. No entanto, como o Here API não toma em consideração o tipo de via, a orografia e as condições meteorológicas, é necessário incorporar esta informação de modo a melhorar a estimativas das rotas.

2.3 Fontes de informação meteorológica

De modo a conseguir otimizar o planeamento de uma viagem e a seleção de rotas alternativas, será necessário integrar fontes externas relevantes que forneçam dados auxiliares para a realização desses cálculos. Um dos componentes a introduzir na escolha de rotas são as condições climáticas dos vários pontos que compõe uma rota. Para o efeito recorreu-se igualmente ao estudo de várias APIs meteorológicas que fornecessem os dados necessários para auxiliar nessa decisão.

2.3.1 Métricas meteorológicas relevantes

No contexto do planeamento das viagens de veículos pesados, foram considerados como relevantes os seguintes dados, de cada local, que poderão influenciar o planeamento de trajetória dedicado a veículos rodoviários:

- **Temperatura** (atual, máxima e mínima) – altas ou baixas temperaturas podem ser prejudiciais no motor e no mecanismo de travões do veículo. O sobreaquecimento pode levar à paragem do veículo, assim como as temperaturas baixas. [12, 13]
- **Descrição do Clima** – Indicador do comportamento do clima. Pode ajudar a compreender o clima do local (Pode estar “chuvoso”, mas sem estar a chover)
- **Precipitação** – indica o nível da camada de água que incide num piso durante um intervalo de tempo. Está igualmente relacionada com a aderência do veículo à estrada, condicionando o comportamento/condução do condutor.
- **Probabilidade de precipitação** – diretamente ligado à precipitação, indica a probabilidade de precipitação que em caso de ocorrência tem influência no comportamento/condução dado a alteração do piso (aderência do veículo à estrada)
- **Velocidade do vento** – indica a velocidade do vento presente na zona, que pode incidir sobre o veículo. Tratando-se de veículos de carga (normalmente maiores em altura, centro de massa também mais acima do chão), a incidência do vento pode alterar a direção do veículo, condicionando o comportamento/condução do condutor.
- **Direção do vento** – relacionado com a velocidade do vento, particularmente relevante no caso de ventos laterais fortes, pois o condutor poderá ter dificuldades em estabilizar a direção do veículo.
- **Visibilidade** – associado à distância visível que o condutor tem num certo ponto. Pode ser condicionado pela presença de nevoeiro, chuva intensa e queda de neve.
- **Neve** – assim como a precipitação, é o nível da camada de neve que se forma no piso. Condiciona a aderência do veículo à estrada e consequentemente o comportamento/condução do condutor.
- **Humidade** – assim como em alterações consideráveis de temperatura, a elevada humidade pode afetar o sistema de ar comprimido dos veículos e consequentemente afetar a travagem da viatura dada a maior exigência nas pastilhas de travão. [13]
- **Pressão atmosférica** – também associada à altitude, uma maior altitude e uma menor pressão atmosférica significa uma menor quantidade de oxigénio por volume na atmosfera. Assim sendo o motor passa a receber menos ar e combustível para queimar dentro dos cilindros, resultando numa menor potência da viatura. [14]
- **Altitude** – Para além do problema referido no ponto da pressão atmosférica, a elevada variação da altitude significa um maior gasto de combustível ao longo da viagem. [14]

- **Índice Meteorológico** – Valor que classifica se uma zona é ou não crítica dado um limite definido por quem decide a rota. É calculado em função dos outros parâmetros. Este indicador permite avaliar a criticidade meteorológica desse ponto na rota.

Para cada um dos pontos, pretende-se obter a informação meteorológica e orográfica e classificar a sua criticidade. Desta forma é possível averiguar que pontos se devem evitar e o porquê.

2.3.2 Estudo de APIs meteorológicas

Um dos componentes que se pretende integrar que influenciam a escolha de rotas são as condições climáticas nos vários pontos que compõe uma rota. Nesta subseção são identificadas e avaliadas algumas das APIs meteorológicas que fornecem os dados considerados relevantes para a tomada de decisão.

No contexto do projeto foram consideradas relevantes e analisadas as APIs das seguintes fontes de informação climática:

- IPMA API [15]
- AccuWeather [16]
- OpenWeatherMap [17]
- Weatherbit [18]
- VisualCrossing [19]
- AerisWeather [20]
- Mobleet Weather API

O IPMA disponibiliza dados de âmbito nacional, no entanto considerando que o âmbito do projeto não envolve apenas viagens nacionais, mas também viagens internacionais, particularmente para Espanha e França, privilegiou-se fontes de informação supranacionais.

Na logística de organização das viagens é relevante o instante em que estas se realizam. Por isso é fundamental a obtenção das condições meteorológicas nesses instantes: que pode ser o instante atual ou num futuro próximo. Além disso, a informação histórica pode também auxiliar o processo de otimização das viagens. Tendo isso em consideração, procedeu-se à verificação de quais as APIs que permitem obter a informação climática num determinado local, no instante atual (Tabela 2), num futuro próximo (Tabela 3 apresenta os próximos 7 dias) e no passado recente (Tabela 4 apresenta os últimos 5 dias).

A tabela abaixo, para cada uma das APIs de meteorologia, apresenta o tipo de informação obtida numa chamada à API no instante atual para um determinado local (ponto georreferenciado).

Tabela 2 - Informação meteorológica para o instante atual

Dados/APIs	Accu Weather	Weatherbit	Visual Crossing	Open WeatherMap	Mobleet API
Temperatura atual	X	X	X	X	X
Temperatura Máxima		X			
Temperatura Mínima		X			
Descrição do clima	X	X	X	X	
Probabilidade de Precipitação		X	X		
Precipitação		X	X		X
Velocidade do Vento		X	X	X	X
Direção do vento		X	X	X	X
Visibilidade		X	X	X	X
Neve					X
Humidade					X
Pressão Atmosférica					X
Altitude		X			X
Índice Meteorológico		X	X		X

Todas as API's devolvem os dados da temperatura atual, no entanto o OpenWeatherMap e o AccuWeather não devolvem dados relativos à precipitação.

Verifica-se que o WeatherBit, o VisualCrossing e o Mobleet API devolvem um índice meteorológico que é calculado em função dos restantes parâmetros, que indica, de forma qualitativa, a criticidade nesse local. Devolvem também a velocidade e direção do vento e a visibilidade.

Mobleet Weather API destaca-se das restantes pois permite devolver os dados relativos à altitude, à humidade e à pressão atmosférica, e adicionalmente a quantidade de neve no piso, métrica particularmente relevantes no planeamento de rota de veículos pesados de mercadoria dado a dimensão do veículo.

A tabela abaixo apresenta os valores fornecidos para uma previsão meteorológica dos próximos sete dias para cada uma das APIs.

Tabela 3 - Informação meteorológica para a previsão dos próximos 7 dias

Dados/APIs	Accu Weather	Weatherbit	Visual Crossing	Open WeatherMap	Mobleet API
Temperatura prevista	X	X	X	X	X
Temperatura Máxima		X	X	X	
Temperatura Mínima		X	X	X	
Descrição do clima	X	X	X	X	
Probabilidade de Precipitação		X	X	X	
Precipitação		X	X		X
Velocidade do Vento		X	X	X	X
Direção do vento		X	X	X	X
Visibilidade		X	X		X
Neve		X	X		X
Humidade		X	X	X	X
Pressão Atmosférica		X	X	X	X
Altitude					X
Índice Meteorológico					X

Para um determinado local, todas as API's devolvem os dados da temperatura prevista no futuro próximo (próximos 7 dias). O OpenWeatherMap e o AccuWeather, contrariamente às demais, não devolvem informação quanto à precipitação, visibilidade e neve.

É possível verificar que, para este tipo de chamada, tanto o Weatherbit como o VisualCrossing devolvem informação sobre a quantidade de neve no piso. Contrariamente aos dados do instante atual, porém estes não devolvem o índice meteorológico do local num instante futuro. Apenas Mobleet API permite devolver o índice meteorológico do local num instante, característica que é particularmente relevante pois o planeamento de uma viagem é feito com antecedência.

Todas as API, exceto o Mobleet Weather API, permitem disponibilizar o histórico dos dados meteorológicos dos últimos cinco dias. Contudo, o Accuweather e o Weatherbit, como não apresentam dados históricos na sua vertente gratuita, não foram considerados. A Tabela 4 compara os dados históricos disponibilizados pelo VisualCrossing e o OpenWeatherMap.

Tabela 4 - Chamada meteorológica para o histórico dos 5 dias anteriores

Dados/APIs	VisualCrossing	OpenWeatherMap
Temperatura prevista	X	X
Temperatura Máxima	X	
Temperatura Mínima	X	
Descrição do clima	X	X
Probabilidade de Precipitação	X	
Precipitação	X	
Velocidade do Vento	X	X
Direção do vento	X	X
Visibilidade	X	X
Neve	X	
Humidade	X	X
Pressão Atmosférica	X	X
Índice Meteorológico	--	--

Nenhuma das opções disponibiliza um índice meteorológico do local, no entanto, o VisualCrossing disponibiliza as métricas das condições meteorológicas na sua totalidade.

2.4 APIs de altitude

Na otimização de rotas de veículos pesados além da informação das condições climáticas, também é relevante a informação sobre a orografia de cada um dos locais por onde passa. De entre as soluções gratuitas que devolvem dados de orografia, destacam-se a Open-Elevation API [21], a OpenTopoData API [22] e o OpenRouteService [23]. Estas API's devolvem a altitude, relativa ao nível do mar, de um par de coordenadas geográficas (latitude e longitude). A Open-Elevation API e o OpenRouteService devolvem os dados em metros e a OpenTopoData em pés.

O OpenRouteService é a única solução das apresentadas que requer uma chave para realizar as chamadas e a essa chave está associada um número finito de chamadas. A Open-Elevation API e a OpenTopoData não apresentam um limite de chamadas. No entanto, a OpenTopoData API destaca-se da Open-Elevation API por apresentar um tempo de resposta muito mais reduzido, tendo sido esta a selecionada para integrar os dados de altitude.

Não sendo uma solução orografia, A Mobleet Weather API conjuntamente com a informação meteorológica para um instante para um determinado um ponto georreferenciado, disponibiliza também informação orográfica do local. A Mobleet Weather API, contrariamente ao OpenTopoData, devolve a altitude no sistema métrico.

2.5 Conclusões

Um dos requisitos definidos pela RedOcean é que o projeto deveria utilizar uma solução de baixo custo, preferencialmente open-source. Nesse contexto, optou-se por utilizar o AccuWeather, o Weatherbit, o OpenWeatherMap e o VisualCrossing como fontes de obtenção de informação meteorológica e o OpenTopoData como fonte de aquisição de informação orográfica para um determinado ponto.

Como a previsão dos valores climáticos, para um determinado local e instante, pode divergir entre as várias fontes consideradas, decidiu-se utilizar mais do que uma fonte para o mesmo instante. Quando existe uma divergência nos valores das métricas de informação meteorológica retornada pelas várias APIs consideradas, decidiu-se considerar a mediana dos valores retornados no processo de otimização das rotas, pois permite uma maior fiabilidade dos dados, mitigando possíveis más leituras dos sensores das estações meteorológicas. Assim, sempre que 2 fontes retornam o mesmo valor, não é necessário utilizar os dados das restantes. Isto é particularmente importante porque as APIs open source apresentam limites de utilização, e deste modo minimiza-se o número de chamadas efetuadas.

Numa fase avançada do estágio, a empresa procedeu à aquisição da licença Mobleet Weather API, que devolvia os dados orográficos conjuntamente com os meteorológicos, e não apresentava limite de chamadas. No seguimento dessa aquisição, a empresa decidiu usar exclusivamente a informação do Mobleet Weather API o que requereu alterações ao processo de integração dos dados.

No concerne às ferramentas de planeamento de rotas, optou-se pelo Here API, pois este é utilizado pela empresa. O Here API recomenda uma rota tendo em consideração um ponto de partida e um ponto de chegada, as dimensões do camião, as dimensões da carga, os tempos de descanso dos condutores, o tráfego e os impedimentos existentes nas vias. Devolve informação pertinente sobre a globalidade da viagem, tal como tempo total, a distância total e o custo total em portagens, mas também, e para cada um dos vários pontos intermédios da viagem, devolve a distância e o tempo restantes previsto do ponto até ao destino.

No que concerne ao sistema de logística de transporte foi utilizado o sistema de logística da Mobleet, que permite correlacionar os dados históricos das viagens realizadas com o planeamento previsto pelo Here API, com os eventuais atrasos causados pelas condições climáticas disponibilizadas pela Mobleet Weather API.

3 Proposta do sistema MeteOrFleepMap

No contexto do planeamento de viagens de veículos pesados, há diversos fatores que podem influenciar a viagem, pelo que é importante correlacionar esses dados. Neste capítulo é apresentada a proposta da arquitetura do MeteOrFleepMap (*Meteorological and Orographic Fleet Map*) e dos seus requisitos fundamentais, que permita a integração dos dados provenientes de várias fontes externas, nomeadamente dados orográficos, a previsão dos dados climáticos, o histórico dos dados climáticos, os dados climáticos recentes, o tipo de via, a distância e a duração de uma viagem.

O sistema irá utilizar essa informação para determinar e avaliar impacto no planeamento dos percursos previstos.

3.1 Arquitetura do MeteOrFleepMap

A arquitetura do sistema deve contemplar a possibilidade de integrar fontes externas que forneçam informação das viagens a realizar por parte dos diferentes veículos que compõe a frota que a empresa está a orientar (ilustrado na Figura 3, respetivamente como Weather, terrain, Route API, SLM).

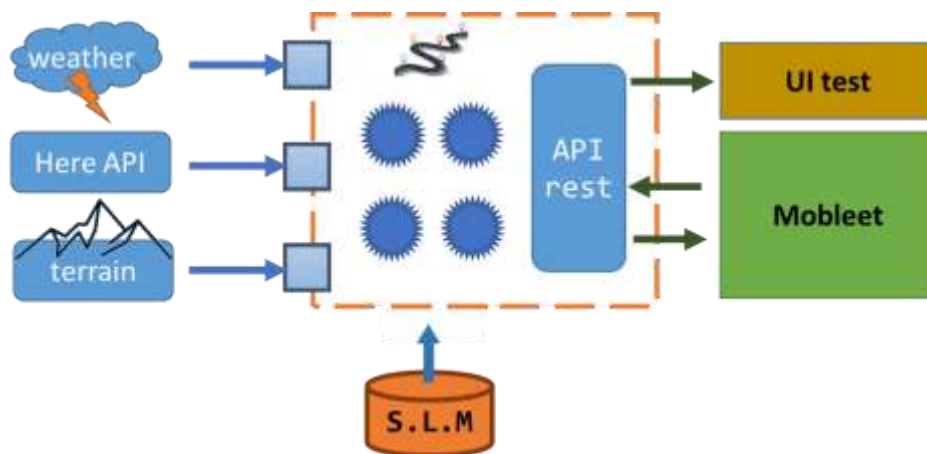


Figura 3 - Arquitetura genérica do sistema

Identificam-se quatro tipos de fontes distintas que irão fornecer a informação necessária para selecionar a melhor rota. Os dados de cada fonte deverão ser mapeados para uma estrutura genérica, de modo a tornar o projeto mais dinâmico e flexível à utilização de novas ferramentas.

Os quatro tipo de fontes de dados que consideradas relevantes foram Weather API's, que devolvem informação pertinente sobre alterações ou condições climáticas de um

determinado local, API's de elevação, que de um modo semelhante às Weather API's devolvem informação referente à elevação de um determinado local, a Route API que é responsável por devolver a rota planeada para uma certa ordem dado a geolocalização do ponto de partida, de chegada e instante de partida, e o sistema de gestão de logística de transporte, neste caso o sistema de logística da Mobleet (S.L.M assinalado na Figura 3), onde se encontram os dados relativos aos veículos, condutores e clientes envolvidos nas viagens.

3.2 Requisitos da proposta

Para a proposta do MeteOrFleetMap foram identificados um conjunto de requisitos para as componentes de integração dos dados. A tabela seguinte apresenta os requisitos que foram classificados com a prioridade “Tem de ter”.

Tabela 5 - requisitos que foram classificados com o prioridade “Tem de ter”

Código	Descrição	Prioridade
RF01	Obter rota ideal entre dois pontos numa determinada data	Tem de ter
RF02	Obter rotas alternativas	Tem de ter
RF03	Determinar pontos de passagem de uma rota	Tem de ter
RF04	Determinar a criticidade de um ponto	Tem de ter
RF05	Determinar o impacto da criticidade dos pontos na duração de uma rota	Tem de ter
RF06	Obter uma rota entre dois pontos evitando pontos críticos	Tem de ter
RF07	Calcular atraso devido às condições meteorológicas	Tem de ter
RF08	Determinar a criticidade de uma lista de pontos	Tem de ter
RF09	Segmentar pontos de uma rota por distância	Tem de ter
RF10	Segmentar pontos de uma rota por tempo	Tem de ter
RF11	Segmentar pontos de uma rota pela conjugação da distância e do tempo	Tem de ter
RF12	Obter as condições meteorológicas e orográficas num ponto	Tem de ter
RF14	Calcular pontos adversos numa rota	Tem de ter
RF15	Aceder ao histórico de viagens	Tem de ter
RF16	Normalizar parâmetros das fontes de dados externas em nomenclaturas e unidades de medida comuns	Tem de ter
RF17	Fazer Integração do Sistema de Logística da Mobleet	Tem de ter
RF18	Integrar os dados das Route API's	Tem de ter
RF19	Integrar os dados das Weather API's	Tem de ter
RF20	Integrar os dados das Terrain API's	Tem de ter

Os requisitos funcionais RF01 a RF07 que devem ser disponibilizados, na forma de uma API rest, que serão consumidos pela o Mobleet. Os requisitos funcionais RF12 a RF20 estão relacionados com o processo de integração de dados, enquanto os requisitos RF08 a RF11 estão relacionados com o processo de cálculo e determinação de rota considerando os aspetos relacionados com a informação climatérica e orográfica.

3.3 Opções tomadas/consideradas

Na elaboração da proposta foram tomadas opções que influenciaram a mesma assim como o protótipo desenvolvido.

Para as Weather API's, Terrain API's e Route API's, pretende-se elaborar adaptadores (assinalados com quadrados azuis na Figura 3) que consigam mapear os dados de uma forma genérica. Isto é, embora se possa ter mais do que uma API de meteorologia, altitude ou planeamento de rota, pretende-se criar mecanismos, que permitam disponibilizar os dados com uma estrutura uniforme para que estes possam ser adquiridos e mapeados uniformemente. Isto permitirá acrescentar ou retirar de uma forma mais flexível fontes de dados externas ao projeto.

Relativamente à informação climatérica, pode ser relevante a utilização de múltiplas fontes de informação, pois umas podem apresentar informação mais recente, previsões mais precisas em determinados locais, ou estarem indisponíveis em certos intervalos de tempo. De modo a maximizar, a qualquer momento, a informação das fontes que estejam disponíveis, optou-se por integrar a informação de múltiplas fontes, e de acordo com os dados disponíveis, que, particularmente para a previsão das condições climatéricas, podem não ser concordantes, identificar e considerar os dados mais consentâneos, nomeadamente através da utilização da mediana dos valores associados a cada dado (temperatura atual, probabilidade de precipitação, etc...).

Para a recolha da informação climatérica foram utilizadas as API's open-source mencionadas na secção 2.3.2 (Estudo de APIs meteorológicas). São responsáveis por fornecer os dados meteorológicos das várias instâncias da rota. Numa fase avançada do projeto, substituíram-se as API's open-source pelo Mobleet Weather API, face à obtenção da sua licença.

A OpenTopoData API foi utilizada para a obtenção da orografia nos pontos de uma rota. Numa etapa mais avançada do projeto, substituiu-se esta solução com o Mobleet Weather API, aquando da aquisição da sua licença.

Para o cálculo e planificação da rota recorreu-se ao Here API. Com a obtenção de uma rota através do Here API, pretende-se traçar a rota e segmentar a mesma entre vários pontos. Esta segmentação poderá ser feita por distância, por tempo, ou uma conjugação dos dois. Após

obter vários pontos que caracterizem a viagem, o objetivo é, para cada um desses pontos, calcular a altitude, o tipo de via (autoestrada, Estrada nacional, etc...), a hora em que camião irá passar nesse local e as condições climatéricas do local associadas a essa hora de passagem. Será realizado um balanço destas componentes, e recalculada a viagem em caso de necessidade de substituição de pontos. O ideal será guardar um histórico destas decisões e da rota recalculada para futuramente, auxiliar na decisão de recalcule de rota caso se esteja perante um cenário idêntico. Estas informações serão prontamente guardadas no sistema de logística da Mobleet.

Para obter os dados relativos ao tipo de estrada de cada um dos pontos da rota, utilizou-se o OpenStreetMap.

No sistema de logística da Mobleet (S.L.M na Figura 3) estão armazenados os dados referentes das viagens elaboradas pela frota orientada pela empresa. Tem informação pertinente como os logs das viagens, os pontos de interesse das cargas e descargas, as ordens e respetivas tarefas e o agendamento dessas mesmas viagens, que podem ser utilizados para validar ou planejar viagens. O protótipo foi desenvolvido em conformidade com o sistema de logística da Mobleet, por ter como princípio as ordens e tarefas das encomendas, pela qual a Mobleet é responsável, e o par veículo/conductor que realizavam dita viagem.

De modo a minimizar o número e frequência de chamadas às várias APIs, é pertinente avaliar e propor um mecanismo que evite chamadas desnecessárias, isto é, que devolvem os mesmos dados em 2 instâncias distintas. Possivelmente com a criação de uma estrutura com o objetivo de armazenar os dados relativos à informação meteorológica dos pontos das viagens que iriam sendo calculados pela Mobleet Weather API. Esta informação poderia servir para pesquisas locais de forma a reduzir o número de chamadas à Mobleet Weather API e posteriormente como histórico para auxiliar na decisão de viagens futuras (identificar um ponto que seja recorrentemente adverso).

Para tal, a plataforma, além da integração da informação externa, utiliza um sistema de *queues* para a integração e comunicação entre os vários componentes que implementam as funcionalidades de organização/planeamento de rotas, disponibilizando-os através do API REST. Este utiliza uma base de dados (BD) interna para otimização do processo de obtenção de dados, de modo a minimizar os acessos externos.

Em *background* corre um mecanismo que, utilizando *queues*, tem como objetivo fornecer uma solução que minimize o número de chamadas às APIs quando são realizados mais do que um pedido para o mesmo local num curto espaço de tempo.

A base de dados serve para armazenar a informação relativa aos pontos que compõe uma viagem. Para cada um dos pontos é obtida a informação referente à viagem em que está contido (origem e destino), a sua posição de acordo com a ordem de passagem, a informação meteorológica e orográfica no local e a data e hora de passagem. Com esta informação é

possível manter o registo das viagens e dos diferentes dados das mesmas de modo a fazer pesquisas locais ou futuramente auxiliar a tomada de decisão no planeamento de viagens entre os mesmos pontos.

Na figura 3 estão ilustradas duas componentes externas à proposta, nomeadamente, o *User Interface* (UI) e o Mobleet. O Mobleet está diretamente relacionado com a REST API, para onde envia a informação da rota a ser realizada e recebe os pontos adversos da mesma e eventuais reduções de velocidade a efetuar com o respetivo atraso causado. O UI embora não sendo intrínseco ao funcionamento do sistema em si, é uma ferramenta foi implementada para validação das funcionalidades implementadas, e que, entre outros, apresenta num mapa a rota e os respetivos pontos da viagem, servindo de auxílio visual. Através desta ferramenta é possível verificar a viagem inicial, os pontos intransitáveis e as rotas alternativas calculadas.

O *output* idealmente será a rota otimizada com a informação sobre a direção, dados meteorológicos e elevação de cada ponto, permitindo à empresa fazer um melhor planeamento no que toca a quantidade de combustível, tipo de veículo entre outros custos de logística.

3.4 Conclusões

Em conformidade com a arquitetura idealizada, definiram-se as diferentes fontes de dados a incorporar no modelo, assim como o conjunto de requisitos necessários. Elegeram-se o Here API, a OpenTopoData, a OpenStreetMap e as várias APIs meteorológicas como as fontes de dados a integrar no sistema. Enumeraram-se as funcionalidades intrínsecas que o sistema da MeteOrFleetMap deve cumprir para fornecer a informação ou soluções adicionais relativas às viagens de veículos pesados de mercadorias. Idealizou-se uma REST API que concretizasse algumas das funcionalidades do sistema MeteOrFleetMap e que servisse de ferramenta de comunicação entre a Mobleet e o sistema. É também mencionado o UI desenvolvido que tem como objetivo o auxílio visual das rotas e respetivos pontos críticos ou soluções alternativas.

O capítulo 4 aborda os processos de integração das várias fontes de dados externas relativas às condições meteorológicas, condições orográficas e quanto ao planeamento da rota.

O capítulo 5 aborda as funcionalidades do sistema MeteOrFleetMap em concordância com os dados recebidos das fontes externas integradas, e descreve, de uma forma mais detalhada, o tratamento dos dados e processos de cada um dos requisitos do protótipo. Este aborda funcionalidades que fornecem informação relativamente à rota, dado um ponto de chegada, um ponto de partida e a hora de saída, o tempo estimado para a realização dessa viagem, o tempo estimado tendo em consideração o atraso causado devido às condições climáticas nos vários pontos de uma viagem que são calculadas com recurso às APIs meteorológicas, e em caso de necessidade dada a existência de um ponto intransitável ou do

incumprimento do horário de chegada, e necessário uma funcionalidade que recalcule uma rota alternativa.

No capítulo 6, é utilizada o UI desenvolvido que permite uma visualização mais facilitada dos constrangimentos decorrentes das condições climatéricas na previsão das viagens. Com este elemento realiza-se uma validação geral das funcionalidades nucleares do sistema para averiguar a sua fiabilidade.

4 A Integração de dados

Neste capítulo são abordados as propostas de integração das diferentes fontes de dados externas, nomeadamente das APIs meteorológicas (secção 4.1), das APIs de planeamento de rotas (secção 4.2) e da informação orográfica (secção 4.3).

4.1 Integração das APIs meteorológicas

Esta secção descreve o percurso de integração dos dados das APIs meteorológicas.

A informação climatérica relevante é referente a três tipos de períodos temporais, nomeadamente os próximos 7 dias para o agendamento de viagens, atual e histórica para a validação de viagens já realizadas. Para cada um tipo de período temporal, foi criado um ficheiro de configuração em JSON, em que são definidos os vários parâmetros da chamada, para cada API considerada. Como API devolve os valores dos dados em formatos, nomenclatura e métricas distintas, é necessário normalizar esses dados e refletir essa informação nos ficheiros de configuração.

4.1.1 Mapeamento com ficheiros JSON

Dado que cada API devolve um conjunto de dados com um formato distinto, decidiu-se criar uma configuração com uma estrutura uniforme para o espectro das APIs, de forma a criar funções genéricas que, de acordo com a configuração existentes nesses ficheiros, permita a obtenção dos dados de forma quase automatizada. Esta abordagem permite que a eventual entrada de novas APIs seja facilitada apenas sendo necessário criar um ficheiro JSON específico para a chamada dessa API. Com esta abordagem não é necessário alterar o código do sistema, pois os dados utilizados após o processo de mapeamento pelo adaptador são consistentes, mantendo-se este inalterado.

Para cada API, é indicado um ficheiro de configuração em JSON onde é especificado o nome da API, o URL da chamada para ir buscar os dados, os argumentos correspondentes à latitude e longitude do local e a chave da API em questão. Também contém um array “Conditions” onde são identificados os dados que se pretende obter. Para cada um desses atributos é definida a fonte (“source”) para aceder aos dados quando é efetuada uma chamada, o nome do atributo, a unidade de medida dos valores desse atributo e a conversão destes, caso não estejam disponíveis na unidade métrica, ou seja, diferente do formato dos dados das restantes APIs. A Figura 4 apresenta, como exemplo, o ficheiro de configuração para acesso aos dados climatéricos da Weatherbit. Caso uma API não forneça um dado numa chamada a “source” desse dado é mantida a *null*.

```

{"API": "Weatherbit",
"SOURCE": {
  "URL": "http://api.weatherbit.io/v2.0/forecast/daily?lat=[arg1]&lon=[arg2]&key=[key]",
  "ARGS": {
    {"arg1": "latitude"},
    {"arg2": "longitude"},
    {"key": "flab0c81cf7b4b029d94b3a8a32f9b1f"},
    {"dt": "null"}
  }
},
"Conditions": {
  "temp": {
    "source": "[data][0][temp]",
    "name": "temperatura atual",
    "unit": "Celsius",
    "conv": "null"
  },
  "tempMax": {
    "source": "[data][0][max_temp]",
    "name": "temperatura maxima",
    "unit": "Celsius",
    "conv": "null"
  },
  "tempMin": {
    "source": "[data][0][min_temp]",
    "name": "temperatura minima",
    "unit": "Celsius",
    "conv": "null"
  }
}

```

Figura 4 - Exemplo de ficheiro de configuração

4.1.2 Normalização das métricas

O processo de obtenção dos dados das diferentes APIs deve ser flexível, de modo a permitir integrar métricas com terminologias diferentes que representam os mesmos dados.

Desta forma, um adaptador lê um ficheiro JSON de configuração, com uma estrutura uniforme, onde está contida a informação da chamada e respetivas métricas de cada uma das APIs, que concretiza as mesmas numa métrica comum. Por exemplo, na Tabela 6, verifica-se que a velocidade do vento, para cada API tem uma nomenclatura diferente, sendo necessário que estas sejam renomeadas para uma única métrica, neste caso VelVento. Ao invés de se criar ou remover uma função do código fonte sempre que se queira ou não a presença de uma fonte de dados, apenas basta inicialmente criar o respetivo ficheiro JSON e disponibilizá-lo para leitura.

Tabela 6 - Mapeamento das métricas das API's para chamada meteorológica dos próximos 7 dias

Key	Descrição	OpenWeatherMap	Visualcrossing	Weatherbit
tempDesc	Descrição do tempo	description	conditions	description
temp	Tempo previsto (Celsius)	day	temp	Temp
tempMin	Temperatura Mínima	min	Tempmin	min_temp
tempMax	Temperatura Máxima	max	tempmax	max_temp
ProbPrecip	Probabilidade precipitação (%)	pop	precipprob	Pop
Precip	Precipitação (mm/hr)		precip	precip
VelVento	Velocidade do vento (ms)	wind_speed	windspeed	wind_spd
DirVento	Direção do vento (graus)	wind_deg	winddir	wind_dir

Visibilidade	Visibilidade (km)		visibility	Vis
Neve	Neve (mm/hr)		snow	Snow
Humidade	Humidade (%)	humidity	humidity	Rh
Pressao	Pressão (mb)	pressure	pressure	Pres

Para todos os valores que se consiga obter de duas ou mais APIs é calculada a mediana a partir da chave comum de cada uma delas. No caso da Tabela 7, para valores da temperatura mínima e máxima é apenas atribuído o valor do Weatherbit sendo o único que consegue obter estes dados. A visibilidade do OpenWeatherMap é transformada de metros para quilómetros (sendo as demais em quilómetros) antes de ser feita a mediana. No caso da descrição, foi feito um dicionário que contabiliza o número de palavras que descrevem o tempo (rainy, cloudy, overcast, etc..) que são mencionadas, sendo que a mais mencionada é eleita para a descrição final. No caso da pressão atmosférica a conversão de hectopascal é igual para milibar (1hPa=1mb). Há a possibilidade de receber *nulls* que são colocados a “-1” para realizar a mediana. Se a mediana de um conjunto de valores for menor que zero, o valor correspondente é colocado a *null*.

4.1.3 Obtenção dos dados climatéricos previstos para os próximos 7 dias

Para este tipo de chamada foram utilizados o OpenWeather, o VisualCrossing e o Weatherbit onde se obtiveram e mapearam os valores presentes na Tabela 7.

A previsão dos dados meteorológicos dos próximos 7 dias é a chamada que se utiliza de forma mais recorrente, visto que o modelo de viagens assenta com base no agendamento/planeamento de viagens. Para cada um dos pontos da viagem é obtida a previsão meteorológica tomando em consideração a hora de passagem do veículo no local. A informação, embora de diferentes fontes de dados, resulta igualmente na mediana dos dados devolvidos para cada um dos parâmetros.

Numa fase posterior, a empresa adquiriu a licença da Mobleet Weather API, que resultou na criação de um novo ficheiro de configuração para a nova fonte de dados. Ao longo do protótipo privilegiou-se do seu uso, como única solução de informação meteorológica e orográfica.

4.1.4 Obtenção dos dados climatéricos atuais e históricos

De uma forma semelhante ao cenário da previsão dos 7 dias, desenvolveu-se um ficheiro para cada uma das API's, que seguisse uma configuração que recebesse e mapeasse os dados meteorológicos consoante as suas métricas. As API's em questão são o OpenWeatherMap, o VisualCrossing e o Weatherbit, com a seguinte configuração:

Tabela 7 - Mapeamento das métricas das API's para chamada meteorológica do tempo atual

Key	Descrição	OpenWeatherMap	Visualcrossing	Weatherbit
tempDesc	Descrição do tempo	description	conditions	Description
temp	Tempo previsto (Celsius)	temp	temp	Temp
tempMin	Temperatura Mínima			mix_temp
tempMax	Temperatura Máxima			max_temp
ProbPrecip	Probabilidade precipitação (%)		precipprob	Pop
Precip	Precipitação (mm/hr)		precip	precip
VelVento	Velocidade do vento (ms)	wind_speed	windspeed	wind_spd
DirVento	Direção do vento (graus)	wind_deg	winddir	wind_dir
Visibilidade	Visibilidade (km)	visibility	visibility	vis
Neve	Neve (mm/hr)		snow	snow
Humidade	Humidade (%)	humidity	humidity	rh
Pressao	Pressão (mb)	pressure	pressure	pres

Utilizou-se uma abordagem idêntica para as chamadas relativas aos passados 5 dias. Apenas se utilizaram duas APIs, o Visualcrossing e o OpenWeatherMap visto ser as únicas APIs que permitem realizar este tipo de pedido. Para cada uma das APIs retirou-se a seguinte informação:

Tabela 8 - Mapeamento das métricas das API's para chamada meteorológica dos passados 5 dias

Key	Descrição	OpenWeatherMap	Visualcrossing
tempDesc	Descrição do tempo	description	Description
temp	Tempo atual (Celsius)	temp	Temp
tempMin	Temperatura Mínima		Tempmin
tempMax	Temperatura Máxima		Tempmax
ProbPrecip	Probabilidade precipitação (%)		Precipprob
Precip	Precipitação (mm/hr)		Precip
VelVento	Velocidade do vento (ms)	wind_speed	windspeed
DirVento	Direção do vento (graus)	wind_deg	winddir
Visibilidade	Visibilidade (km)	visibility	visibility
Neve	Neve (mm/hr)		snow

Humidade	Humidade (%)	humidity	humidity
Pressao	Pressão (mb)	pressure	pressure

Para os valores apenas fornecidos apenas por uma API não foi feita a mediana, utilizando-se os valores da API (ex.: VisualCrossing: temperatura máxima e mínima, descrição do tempo, probabilidade de precipitação, visibilidade, neve). A visibilidade do OpenWeatherMap é convertida em quilómetros antes do cálculo da mediana.

Embora não sendo utilizadas com tanta regularidade, as chamadas para o clima atual e para os passados 5 dias pode servir para validar as viagens reais e fornecer informação quanto a imprecisões de medições das métricas climáticas, ajuste de tempos de chegada a pontos e recálculo da criticidade de pontos em diferentes locais ou tipos de via.

4.1.5 Modo e frequência de obtenção dos dados

Para cada um dos pontos de uma viagem, utilizando a sua latitude e longitude é feita a chamada para obter os dados climáticos e orográficos. Como o sistema é utilizado em paralelo por vários utilizadores, e como esta recolha é recorrente e frequentemente para os mesmos locais e em instantes temporais muito próximos, de modo a minimizar o número de chamadas às APIs optou-se por utilizar uma arquitetura de filas (*queues*). Quando são obtidas as condições climáticas e orográficas de uma rota, e os dados são armazenados localmente. Durante um intervalo temporal, se a uma chamada coincidir um ou vários pontos que estejam armazenados na fila, ao invés de se realizar uma nova chamada à API de meteorologia são devolvidos os dados que já estavam guardados localmente. Para a implementação desta abordagem utilizou-se a ferramenta RabbitMQ [24]

Um serviço, em *background*, processa e recolhe os dados referentes aos pontos necessários para a análise de uma viagem, que foram colocados na fila. Assim que verifica que há pontos na fila, a serem processados, faz as chamadas às APIs de meteorologia e orografia para obter a sua informação. Visto que a orografia de um ponto se mantém imutável, é feita uma pesquisa local pela orografia do ponto caso este já tenha sido pedido anteriormente. O mesmo acontece com a meteorologia caso o pedido tenha sido feito num curto espaço de tempo (pode ser definido por um *threshold*), dado que as condições climáticas mudam ao longo do tempo. Uma prática também utilizada, mencionada anteriormente, é a utilização do valor comum de duas APIs para o cálculo da mediana, de modo a não realizar pedidos excessivos e não exceder o limite de pedidos das APIs. Com este procedimento, são centralizados os pedidos de forma a não multiplicar os mesmos pontos.

4.2 Integração de API de planeamento de rotas

Na integração de APIs de planeamento de rotas, no âmbito do estágio, foi decidido efetuar a integração com a solução do Here API, com a qual a entidade de acolhimento estabeleceu um relacionamento comercial, através da aquisição de uma licença. Esta solução apresenta como mais-valia, o facto de tomar em consideração o tipo de veículo no planeamento da rota para uma viagem. No entanto, seguiu-se a abordagem genérica, através da utilização de um adaptador/integrador para a API do Here, de modo que futuramente, se necessário, poder-se integrar outras APIs que, entretanto, se considere relevante.

Para a obtenção da rota prevista para uma viagem, a API do Here, tem como requisito obrigatório:

- Ponto de partida (latitude e longitude)
- Ponto de chegada (latitude e longitude)
- Instante (data e hora)

Opcionalmente, de modo a retornar o tempo previsto de viagem mais adequado ao veículo que a efetua, é possível indicar:

- Tipo de veículo
- Tipo de atrelado
- Número de atrelados
- Comprimento, largura e altura do veículo
- Peso da carga

A adição da informação opcional resulta em ajustes de velocidades no percurso, resultando numa projeção mais adequada e realista do tempo de realização da viagem efetuada. Este retorna, além dos pontos da viagem, uma estimativa do tempo de viagem, atrasos causados por trânsito, a distância a percorrer e gastos de portagens.

Aquando da obtenção da chamada (através de um *get*), é recebido um *payload* em JSON com informação da lista de pontos geolocalizados representativos da rota com respetivos tempo e distância restante da viagem, um sumário da viagem que indica tempo e distância total, assim como tempo gasto devido a trânsito, o dia, horário de partida, horário de chegada e custos de portagens.

A Figura 5 ilustra o output de uma viagem entre Mangualde e Ovar.

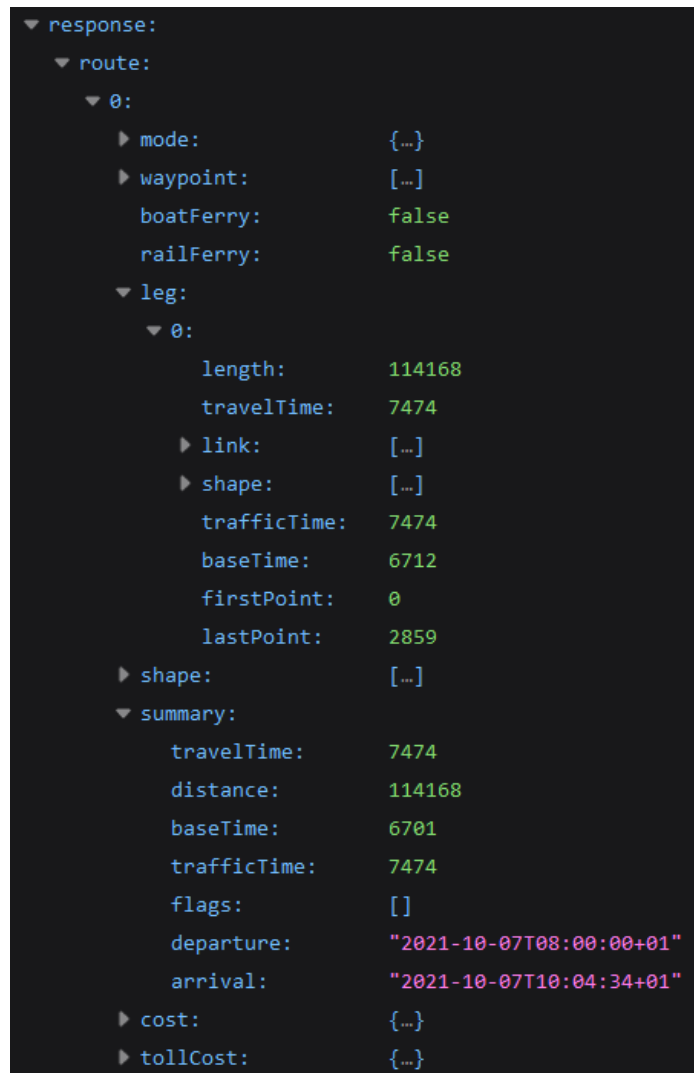


Figura 5 - Output exemplo do Here API

Na integração de outras APIs de planeamento rota, será necessário, à semelhança da integração de APIs climatéricos, a normalização dos dados registados, e validar se todos os dados necessários, por exemplo os vários pontos da rota prevista, são disponibilizados ou não pela API.

4.3 Integração de informação orográfica

A orografia é também um fator impactantes na determinação da rota e que influencia a velocidade e a duração da viagem. Enquanto a variação de altitude limita a velocidade que o veículo consegue viajar, o tipo de via além dessa questão, limita também a velocidade que legalmente se pode transitar. Para o processo de integração destes dados, foi seguida a mesma abordagem de adaptadores.

Foi implementado um adaptador que obtém do OpenStreetMap os dados relativos ao tipo de via que o veículo percorre ao longo da viagem prevista. O tipo de via, pertinente dado que está diretamente ligado ao limite de velocidade do veículo, é obtido através do

OpenStreetMap. É realizada uma chamada ao OpenStreetMap API, onde é enviada a geolocalização de um ponto, onde se recebe um payload em JSON. Nesse *payload* há um parâmetro denominado “*category*” que indica o tipo de estrada referente ao ponto.

Como a orografia estava incorporada na chamada à Mobleet Weather API, a sua obtenção é tratada nos adaptadores mencionados acima. Assim como a informação meteorológica, a orografia é obtida através de um mecanismo de mapeamento de dados. Caso se incorporasse uma nova fonte meteorológica que devolvesse a orografia, apenas era necessário criar um ficheiro dedicado a essa nova fonte. Sempre que se recebe uma rota e a mesma é segmentada por pontos, é feito um pedido para os dados meteorológicos de cada ponto através da Mobleet Weather API, onde também é obtido a altitude em formato JSON.

4.4 Conclusões

O protótipo integra um mecanismo de mapeamento de dados para as APIs de meteorologia, com a implementação dos adaptadores e a normalização das métricas. Posteriormente, com a aquisição da licença da Mobleet Weather API não houve necessidade de integrar um mecanismo idêntico para as APIs de orografia, dado que a Mobleet Weather API já devolve essa informação. Procedeu-se de seguida à integração da API de planeamento de rota, neste caso do Here API, que a empresa, entretanto adquiriu uma licença, que permite planear e traçar uma rota. O tipo de via é fornecido através do OpenStreetMap.

De uma forma geral, para planear uma viagem, são preenchidos os parâmetros do Here API com informação relativa à origem, destino e instante de partida, com as características do veículo e da carga. São recebidos os pontos da viagem, para os quais são calculados a meteorologia e a orografia, no instante para que está planeado a passagem do veículo no local, com recurso à Mobleet Weather API. Seguidamente também é obtido o tipo de via relativo ao ponto, através do OpenStreetMap.

Desta forma, obtém-se toda a informação relevante para o planeamento de uma viagem.

5 Protótipo MeteOrFleetMap implementado

Este capítulo descreve o processo de implementação dos requisitos relacionados com integração com o Mobleet que irá utilizar as mais valias proporcionadas pelo MeteOrFleetMap (Meteorological and Orographic Fleet Map), no que concerne à consideração dos fatores climáticos e orográficos e o seu impacto no planeamento de uma viagem. No MeteOrFleetMap foram utilizadas como fontes externas o Here API, para a obtenção de informação relativo ao planeamento de rotas, o Mobleet Weather API para obtenção de informação meteorológica e o OpenStreetMap para obtenção de informação relativa ao tipo de via presente na rota.

Dos requisitos responsáveis por auxiliar o planeamento das rotas destacam-se os que devolvem informação pertinente como a rota ideal, rotas alternativas, informação meteorológica e orográfica, a criticidade dos pontos da rota e respetivo atraso causado pelo mesmo. No Apêndice A estão tabelados os requisitos desenvolvidos no projeto.

Tabela 9 - Requisitos funcionais de integração do MeteOrFleetMap com o Mobleet

Código	Descrição	Prioridade
RF01	Obter rota ideal entre dois pontos numa determinada data	Tem de ter
RF02	Obter rotas alternativas	Tem de ter
RF03	Determinar pontos de passagem de uma rota	Tem de ter
RF04	Determinar a criticidade de um ponto	Tem de ter
RF05	Determinar o impacto da criticidade dos pontos na duração de uma rota	Tem de ter
RF06	Obter uma rota entre dois pontos evitando pontos críticos	Tem de ter

5.1 Obter rota ideal entre dois pontos numa determinada data

Pretende-se realizar a planificação e planeamento de uma viagem indicando a sua origem, o seu destino e respetiva data e hora de saída. O critério de seleção do trajeto é com base na sua duração, e como indicado na secção 4.2, para além dos pontos e da distância subsequente dos mesmos, é também obtido o tempo e duração da viagem, tempo de atraso causado pelo trânsito e custos de portagens. A Figura 6 ilustra o desenho da rota ideal entre Guadalajara e Pombal.



Figura 6 - Rota Ideal de Guadalajara a Pombal calculada pelo Here API

5.2 Obter rotas alternativas

Além da rota ideal (por defeito, usando o critério de menor duração), deve possibilitar obtenção, opcionalmente, de rotas alternativas entre o ponto de origem e o ponto de destino. As rotas alternativas apresentam informação similar à da rota ideal, nomeadamente os pontos e respetiva distância, o tempo e duração da viagem, tempo de atraso causado pelo trânsito e custos de portagens. Quando são identificados pontos intransitáveis na rota ideal, a viagem utilizará uma das rotas alternativas. A Figura 7 apresenta duas rotas distintas com a mesma origem e destino, estando representada a vermelho a rota ideal e a azul uma das rotas alternativas.

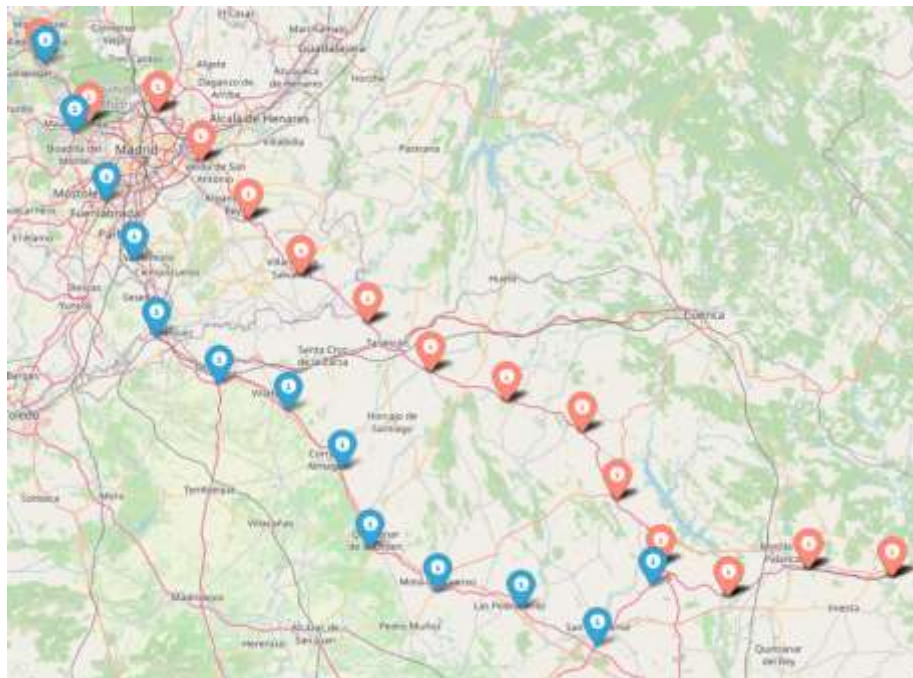


Figura 7 - Rota ideal (vermelho) e uma rota alternativa (azul)

5.3 Determinar pontos de passagem de uma viagem

Para um determinado ponto de origem, um ponto de destino e um instante de partida de uma viagem, as APIs de planeamento de rotas, normalmente devolvem uma lista com os pontos geolocalizados referentes a indicações relativas às direções da viagem, que se pretende correlacionar com a informação meteorológica prevista para o decorrer dessa viagem. No entanto, a distância entre os pontos consecutivos, nomeadamente em troços urbanos, é bastante reduzida. De modo a minimizar o número de chamadas a APIs meteorológicas e consequentemente o tempo de processamento, nomeadamente referentes a pontos pouco distanciados, pretende-se que o MeteOrFleetMap determine um conjunto de pontos, minimamente distantes, que serão utilizados para a correlação com a informação meteorológica. Assim evita-se a aquisição de informação meteorológica idêntica de forma repetida. Para o efeito são utilizados os pontos devolvidos, para segmentar o percurso da viagem. A segmentação pode ser feita de três formas distintas: por distância, por tempo e a conjugação dos dois.

Na segmentação por distância, são identificados um conjunto de pontos com uma determinada equidistância, por exemplo, de 20 em 20 km, como ilustrado na Figura 8.



Figura 8 - Rota segmentada por distância (20 em 20 quilómetros)

Na segmentação por intervalo de tempo são identificados os pontos que previsivelmente estão equidistantes no tempo. Esta divisão está relacionada com a velocidade estimada para o veículo em cada um dos segmentos do percurso. Como consequência, irá haver uma maior distância entre pontos consecutivos em zonas de autoestradas onde o limite de velocidade é maior, e um menor espaçamento dos pontos em zonas urbanas, onde o trânsito é mais lento, com limites de velocidades mais baixos e as vias apresentam maiores alterações (curvas, rotundas, cruzamentos, etc ...).

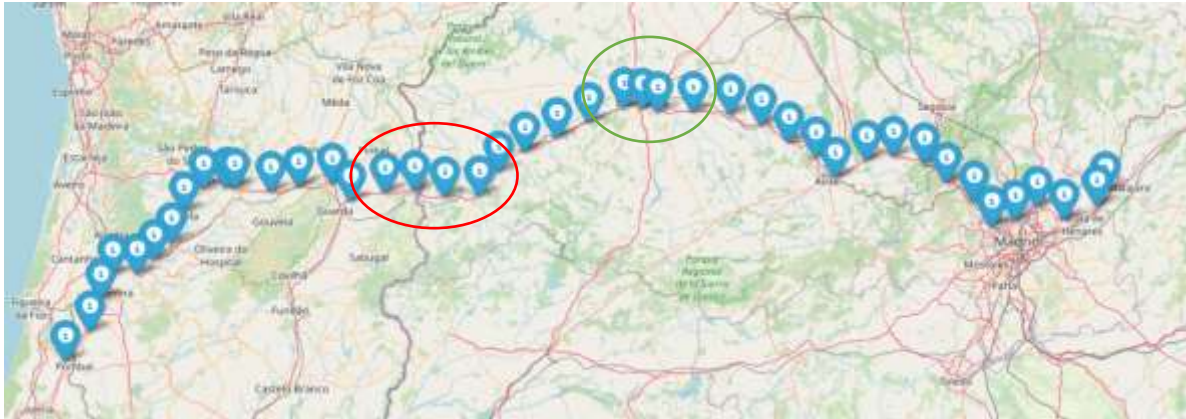


Figura 9 - Rota segmentada por tempo (15 em 15 minutos)

Na segmentação utilizando a conjugação dos dois critérios anteriores, o ponto é assinalado assim que se verifique uma das duas condições (por exemplo, após uma distância de 20 km ou decorridos 15 minutos). Com esta abordagem, em zonas urbanas, são identificados mais pontos decorrentes da condição temporal ser cumprida com mais frequência. Na Figura 9 os pontos inseridos no círculo verde (Salamanca) apresentam um menor espaçamento entre si uma vez que se trata de uma zona urbana, contrariamente aos pontos inseridos no círculo vermelho que se encontram mais espaçados por representarem uma zona de autoestrada. Desta forma, embora o veículo em zonas urbanas possa percorrer curtas distâncias, é pertinente ter em consideração possíveis alterações das condições climatéricas do local.

5.4 Determinar a criticidade de um ponto

Para o planeamento da rota é pertinente a obtenção dos dados meteorológicos para averiguar a sua criticidade meteorológica. As condições climatéricas são obtidas a partir das APIs meteorológicas, onde é adquirido o índice meteorológico do local, caso exista, ou calculado através dos parâmetros que devolve, caso a API não disponha dessa informação. A criticidade meteorológica é uma classificação quantitativa de 1 a 5, sendo 1 um local com clima ameno e 5 um local intransitável. O índice meteorológico concretiza a criticidade de um local no espectro indicado. Para calcular a criticidade num ponto é necessário a sua geolocalização e o instante a verificar. Esta lógica aplica-se no planeamento da viagem, onde para cada ponto é devolvido ou calculado o índice meteorológico, sendo o mesmo posteriormente classificado dado o seu valor numérico. Este procedimento pode ser efetuado tanto para a rota ideal, como para as alternativas caso a primeira se demonstre desfavorável. Além dos pontos referidos anteriormente, podem ser incluídos pontos (locais) que historicamente ou por conhecimento dos condutores, podem e devem ser também considerados para análise da sua criticidade e impacto na execução da viagem. Deve ser mantido um histórico dos pontos adversos para que, aquando da segmentação de uma nova rota que passe pelos mesmos, estes sejam considerados mesmo quando não são detetados no planeamento.

Na Figura 10 estão ilustradas as diferentes representações de pontos numa rota quanto à sua criticidade: índice 1 a verde, índice 2 a laranja, índice 3 a vermelho, índice 4 cor de vinho e índice 5 a preto.

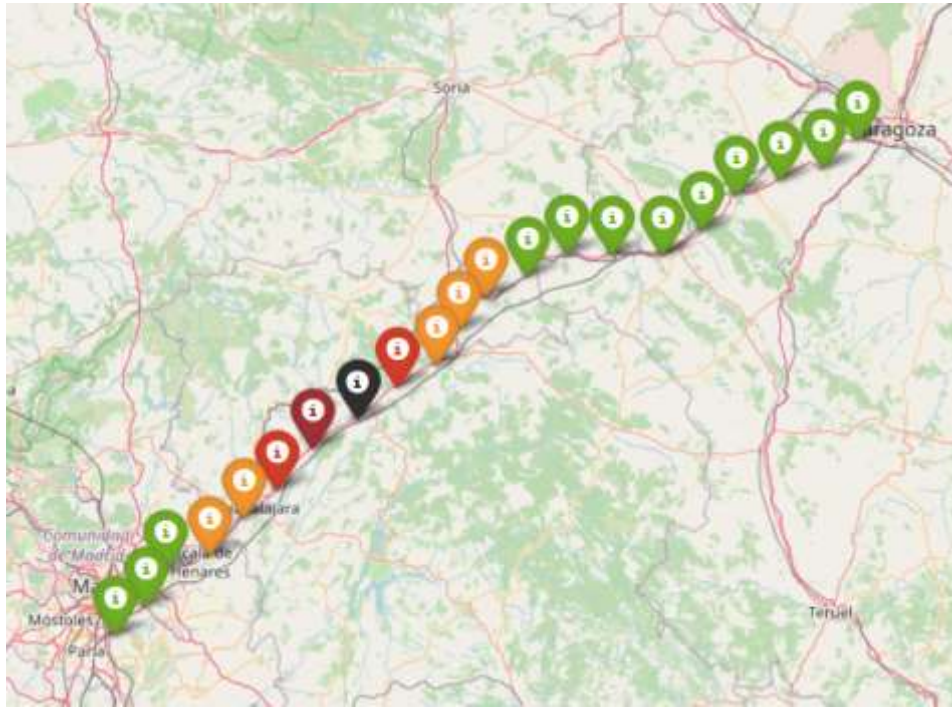


Figura 10 - Espectro de criticidade dos pontos numa rota

5.5 Determinar o impacto da criticidade dos pontos na duração de uma rota

Como referido na subsecção 5.4 a criticidade de um ponto varia num espectro de 1 a 5, sendo que com índice 1 o clima encontra-se ameno no ponto, e com índice 5 as condições climáticas demonstram-se adversas ao ponto de o local se encontrar intransitável. As classificações intermédias do espectro de 2, 3 e 4 indicam a presença de condições adversas proporcionais no local. Deste modo são aplicadas recomendações de redução de velocidade para o veículo aquando da passagem pelos pontos. Propõe-se uma recomendação de redução de 25% da velocidade para locais com índice 2, 50% para locais com índice 3 e 75% para locais com índice 4. As condições climáticas são calculadas de forma sequencial, pelo que sempre que é recomendada a redução de velocidade num segmento, tem de se ter em consideração o atraso causado nos pontos anteriores e ajustar a hora de passagem no local em conformidade.

5.6 Obter uma rota entre pontos evitando pontos críticos

No caso de haver um segmento intransitável ou que cause um atraso elevado na rota ideal, pode-se remover esse ponto ou área e recalcular uma alternativa que os evite, mas mantenha a integridade dos segmentos ótimos da rota ideal.

Este processo pode ser aplicado na rota ideal e nas alternativas até se encontrar uma rota sem pontos adversos que cumpra com os requisitos de entrega, ou em caso dessa condição não se verificar, que devolva a rota cujo atraso causado pela recomendação de redução de velocidade seja menor.

Para evitar pontos críticos de uma rota, procede-se a uma nova chamada ao Here API com recurso ao parâmetro “*avoidAreas*”. Este parâmetro recebe em formato *string* uma lista de pontos geolocalizados que se pretende evitar durante uma viagem. Com utilização da lista de pontos obtida na subsecção 4.3 e os mesmos dados utilizados na subsecção 4.1 (a mesma viagem essencialmente), realiza-se novamente a mesma chamada com o novo parâmetro “*avoidAreas*” e obtém-se um *payload* em JSON relativo à mesma viagem, porém com o cuidado de evitar os pontos críticos indicados.

Na Figura 11 a viagem inicial é replicada (pontos azuis) até ser feito o desvio, devido ao ponto adverso (ponto vermelho). Os pontos verdes indicam o caminho que foi evitado, e os pontos azuis que não sobrepõe verdes assinalam a rota alternativa.

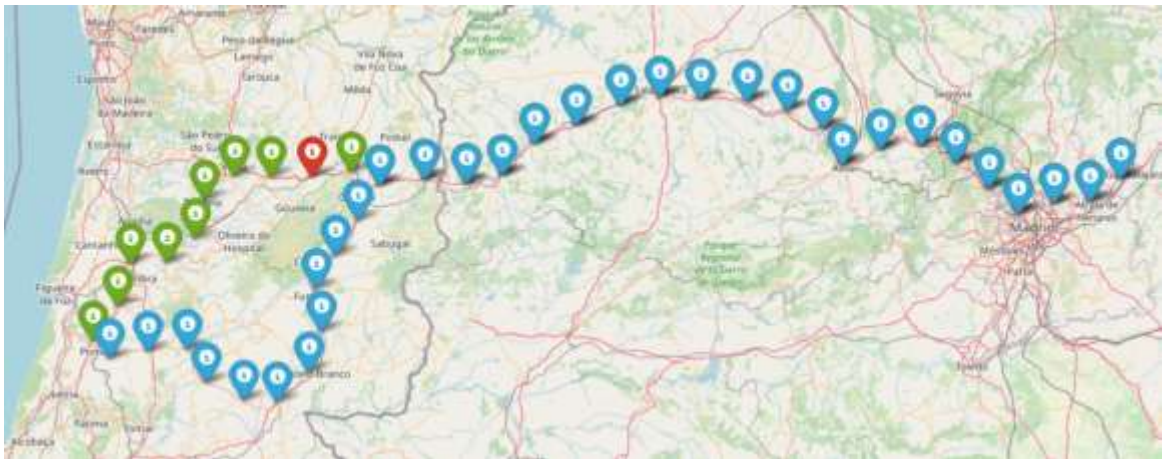


Figura 11 - Rota ideal recalculada evitando ponto com criticidade máxima

De forma a concretizar as abordagens descritas nas subsecções acima, elaboraram-se as funcionalidades referentes ao planeamento, tratamento e escolha de uma rota, como cálculo meteorológico dos pontos, verificação da adversidade dos pontos, atraso causado pelas condições, recálculo de rota e remoção de pontos críticos.

As imagens acima representantes dos exemplos da planificação e do planeamento das rotas são criadas com recurso à ferramenta UI mencionada no capítulo 3.

5.7 Conclusões

Algumas das funcionalidades do protótipo, nomeadamente o cálculo e identificação de pontos críticos na rota, a aplicação da redução da velocidade e cálculo do respetivo atraso, foram concretizadas no desenvolvimento de uma REST API. A REST API tem como objetivo receber os dados de viagens por parte da Mobleet e retornar a informação calculada pelas funcionalidades referidas.

No apêndice B encontra-se a REST API desenvolvida, onde se concretizaram algumas das funcionalidades elaboradas para o sistema MeteOrFleetMap e se desenvolveram requisitos adicionais de gestão de *Tokens*. Esta API servirá de ponte entre o sistema MeteOrFleetMap e a Mobleet, sendo a ferramenta que devolve a informação relativa a questões orográficas e meteorológicas de uma rota. A REST API representa a concretização de algumas das funcionalidades do sistema mencionadas acima. Ao receber informação de uma viagem por parte da Mobleet, tem como objetivo devolver informação quanto às condições climatéricas e orografia dos pontos de uma rota, aplicar a redução de velocidade em pontos adversos de uma rota e indicar o atraso consequente dessa mesma redução.

6 Validação do protótipo

Neste capítulo pretende-se validar o protótipo implementado, utilizando ferramentas de planeamento de rota e de cálculo meteorológico e orográfico que foram integradas no sistema, salientando as vantagens da incorporação da informação meteorológica e orográfica no planeamento de viagens para veículos pesados de mercadoria. Também é efetuada uma comparação dos dados calculados pelo sistema com os dados históricos de viagens reais.

Aquando do planeamento e respetiva segmentação da rota, calculam-se os índices climatéricos de cada um dos pontos. Para validar o índice de criticidade meteorológica e o seu impacto na viagem, foi utilizado como referência os parâmetros meteorológicos definidos pelo IPMA, para Portugal Continental, para definir o índice meteorológico calculado para cada um dos pontos. Os valores definidos para os parâmetros foram aplicados a todos os pontos da península ibérica.

Aviso	Parâmetro	Amarelo	Laranja	Vermelho	Unidade	Notas
Vento	Rajada Máxima do Vento	70 a 90	91 a 130	> 130	km/h	
		90 a 110	111 a 130	> 130	km/h	Nas terras altas
Precipitação	Chuva/Aguaceiros	10 a 20	21 a 40	> 40	mm/1h	Milímetros numa hora
		30 a 40	41 a 60	> 60	mm/6h	Milímetros em 6 horas
Neve	Queda de Neve com acumulação	1 a 5	6 a 15	> 15	cm	Cota abaixo de 1000 m
		1 a 10	11 a 30	> 30	cm	Cota de 1000 a 1600 m
		1 a 25	26 a 50	> 50	cm	Cota acima de 1600 m

Figura 12 - Criticidade dos parâmetros meteorológicos segundo o IPMA

O índice varia entre 1 e 5, tendo em consideração os valores de chuva, neve e velocidade do vento. O índice tem o valor de 5 se exceder um vento de 130km/h, 40 mm/1h de chuva ou 15 cm de neve no piso. É equivalente a 4 se estiver entre os 91 e 130 km/h de vento, 21 a 40 mm/1h de chuva ou 6 a 15 cm de neve no piso. Corresponde a 3 se estiver entre os 70 e 90 km/h de vento, 10 a 20 mm/1h de chuva ou 1 a 5 cm de neve no piso. Embora não esteja assinalado na tabela, definiu-se o índice de 2 caso se verifique 35 a 69 km/h de vento ou 2,5 a 9.9 mm/1h de chuva, para a presença condições adversas mínimas no local. Caso os valores de chuva, vento e neve sejam abaixo dos mencionados, o índice do ponto em questão é 1, considerado como a ausência de condições meteorológicas adversas. Na tabela 9 são apresentadas as condições e as recomendações para cada um dos índices.

Tabela 10 - Índice meteorológico de acordo com as condições meteorológicas e respetiva recomendação de redução de velocidade

Índice Meteorológico	Condições Meteorológicas	Recomendação de Redução de Velocidade
1	Vento : <35km/h Precipitação: <2.5mm/h Neve : N/A	0%
2	Vento : [35, 69] km/h Precipitação: [2.5,9.9] mm/h Neve : N/A	25%
3	Vento : [70,90] km/h Precipitação: [10,20] mm/h Neve : [1, 5] cm	50%
4	Vento : [91,130] km/h Precipitação: [21, 40] mm/h Neve : [6, 15] cm	75%
5	Vento : >130km/h Precipitação: >40mm/h Neve : >15cm	100% (ponto considerado intransitável)

Tendo em consideração o índice meteorológico de um dado ponto, é recomendado ao condutor que faça uma redução da velocidade, de 25% em caso de índice 2, de 50% em caso de índice 3, de 75% em caso de índice 4, em relação à velocidade máxima aplicável ao tipo de via onde se encontra. Um ponto da rota com um índice equivalente a 5, este ponto é classificado como intransitável e deve-se proceder ao recálculo da rota evitando esse ponto.

Após a definição dos parâmetros do índice de meteorológico, nas secções seguintes é validada a transparente integração do sistema com a solução de planeamento de rotas e sua capacidade de avaliar o impacto das condições adversas no planeamento da viagem e de propor uma rota alternativa.

6.1 Transparência no planeamento da rota do MeteOrFleetMap

A primeira etapa aquando da realização de uma viagem é o planeamento da rota. Esta validação pretende validar que, quando não se verificam condições climatéricas ou orográficas com impacto no decurso de uma viagem, a rota aconselhada pelo MeteOrFleetMap é idêntica aquela fornecida pelo Here API, não havendo discrepâncias entre os tempos de viagem previstos.

Como o MeteOrFleetMap considera não só a informação climatérica atual/real, mas também as condições climatéricas previstas para um instante futuro, pretende-se verificar se o fato de a informação ser real ou prevista cria divergência no horário de chegada prevista para uma viagem. Para o efeito, pretende-se verificar se quando não há condições adversas, atuais ou previstas, isto é, quando o índice calculado para todos os pontos da viagem tem o

valor 1, não é proposta uma rota alternativa à considerada a ideal pelo Here API, nem há alteração aos tempos previsto das viagens.

Considerando a informação meteorológica atual/real, em 01 de agosto de 2022 às 19:30 fez-se o planeamento de uma rota com partida nesse instante entre Esmoriz e Madrid. Tanto o Here API e como o MeteOrFleetMap previram a hora de chegada prevista às 02:00 e uma estimativa de tempo de viagem de 06:30:51. É possível observar na

Figura 13 que os cálculos do Here API e do MeteOrFleetMap coincidem, resultando

```
Partida: 2022-08-01 19:30:00
Chegada Prevista pela Here API: 2022-08-02 02:00:51
Chegada Prevista pelo Sistema: 2022-08-02 02:00:51
Tempo de Viagem Previsto pela Here API-> 6:30:51
Tempo de Viagem Calculado pelo Sistema-> 6:30:51
Diferença entre Tempos de Viagem Calculados pela Here API e pelo Sistema-> 0:00:00
```

numa diferença nula entre ambos.

Figura 13 - Planeamento de rota entre Esmoriz e Madrid para momento atual

Considerando a informação meteorológica prevista, na mesma data (com 3 meses de antecedência), foi pedido o planeamento de uma viagem entre São João da Madeira e Sevilha com início a 01 de novembro de 2022 às 12:00. O Here API e o MeteOrFleetMap estimaram a chegada às 19:56:49, prevendo 07:56:49 de duração da viagem como indicado na Figura 14. Desta forma observamos mais uma vez que não existe qualquer discrepância no planeamento do Here API com os dados que são calculados e devolvidos pelo sistema.

```
Partida: 2022-11-01 12:00:00
Chegada Prevista pela Here API: 2022-11-01 19:56:49
Chegada Prevista pelo Sistema: 2022-11-01 19:56:49
Tempo de Viagem Previsto pela Here API-> 7:56:49
Tempo de Viagem Calculado pelo Sistema-> 7:56:49
Diferença entre Tempos de Viagem Calculados pela Here API e pelo Sistema-> 0:00:00
```

Figura 14 - Previsão do tempo de viagem entre São João da Madeira e Sevilha

Como pretendido, quando uma rota não está sujeita a condições adversas, o MeteOrFleetMap não altera/influencia a rota inicialmente prevista pelo Here API, e devolve a rota e o mesmo tempo de chegada do sistema de planeamento do Here API.

6.2 Rota alternativa evitando condições adversas acima do aceitável

Quando se identifica pontos com uma criticidade com impacto significativo na viagem (por exemplo: é intransitável se a criticidade =5) é necessário recalculer e obter uma rota alternativa para a realização da viagem, evitando esses pontos. Igualmente, aquando da verificação de pontos com condições adversas menos severas (com índices 2, 3 e 4), também se deve recalculer e obter rotas alternativas para averiguar se estas apresentam tempos de

viagem menores. Nesta seção são, portanto, apresentados dois cenários distintos onde, é necessário evitar pontos adversos da rota ideal, e determinar as rotas alternativas devido às condições climáticas adversas:

Cenário a) Invalidade de um ponto da rota ideal dada a presença de condições adversas acima do aceitável.

Cenário b) O atraso causado pelo impacto das condições climáticas na rota ideal é superior ao desvio de uma rota alternativa.

No cenário a) utilizou-se uma viagem de Valência até Aveiro. A rota indicada pelos pontos azuis na figura 15, é a rota proposta pelo MeteOrFleetMap, calculada de modo a evitar o segmento/ponto assinalado a preto que apresenta condições adversas (com um índice 5).

A rota considerada a ideal pelo Here AI, assinalada por pontos verdes na figura 15, diverge da rota alternativa seguindo por Ávila até Salamanca pela A-50 e de Salamanca até Portugal pela A-62. Com a chegada a Portugal, desde Vilar Formoso a rota segue pela A25 até Aveiro onde se dá o seu término.

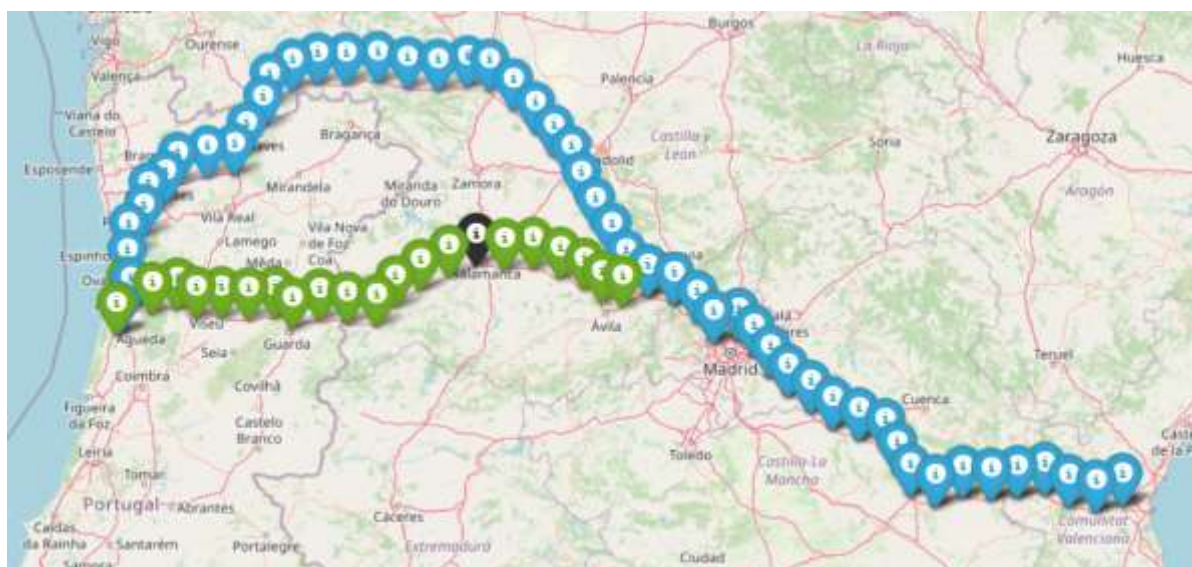


Figura 15 – Recálculo da rota entre Valência e Aveiro devido a ponto crítico intransitável

O MeteOrFleetMap, da rota inicial, remove o ponto com condições adversas acima do aceitável (identificado a preto na figura 15) e recalcula uma rota alternativa que evite a passagem pelo ponto intransitável. A rota assinalada pelo conjunto de pontos azuis representa a rota alternativa, em vez de Ávila segue para Benavente pela A-6, posteriormente para Chaves pela A-52 e A-72/A24, respetivamente. De Chaves segue o caminho mais rápido até Aveiro.

A Figura 16 compara os tempos de viagem obtidos pelo Here API (rota considerada ideal) e pelo MeteOrFleetMap (rota alternativa). A viagem seguindo a rota ideal, retornada pelo Here API, que não considera as circunstâncias adversas, seria concluída por volta das 04:45:19 de dia 11 de setembro de 2022, com um tempo de viagem total de 20 horas, 45 minutos e 19 segundos. Seguindo a rota alternativa, retornada pelo MeteOrFleetMap, esta

terminaria às 05:56:07 do dia 11 de setembro de 2022, com um tempo de viagem de 21 horas, 56 minutos e 7 segundos.

```
Partida: 2022-09-10 08:00:00
Chegada Rota Ideal: 2022-09-11 04:45:19
Chegada Rota Alternativa: 2022-09-11 05:56:07

Tempo Viagem Rota Ideal: 20:45:19
Tempo Viagem Rota Alternativa: 21:56:07
Diferença entre Tempo da rota Ideal e Tempo de Rota Alternativa: 1:10:48
```

Figura 16 - Dados das rotas ideal e alternativa entre Valência e Aveiro dado o ponto crítico intransitável

Como a rota ideal, proposta pelo Here API, é inviável, não devido a um impedimento ou corte físico da via, mas sim devido às condições climáticas presentes no local, a rota alternativa proposta pelo MeteOrFleetMap, representada por pontos azuis na Figura 17, apresenta um tempo de viagem adicional de 1 hora, 10 minutos e 48 segundos, no entanto esta é exequível no que concerne às limitações impostas pelas condições climáticas.

No cenário b) utilizou-se uma viagem idêntica quanto à origem e ao destino, mas prevista para outra data, em que a nordeste de Madrid, há três pontos que apresentam condições climáticas adversas, dois com índice 2 (identificados a laranja na Figura 17, sujeitos a uma redução de velocidade de 25%) e um com índice 3 (identificado a vermelho na Figura 17, sujeito a uma redução de velocidade de 50%).



Figura 17 - Rota alternativa entre Valência e Aveiro devido a condições meteorológicas adversas

Utilizando as recomendações indicadas na tabela 9, o MeteOrFleetMap recalcula o seu impacto na duração prevista da rota. Também determina uma rota alternativa (assinalada pelos pontos azuis na Figura 17) que evite os pontos identificados com condições meteorológicas adversas, de modo a verificar qual das rotas apresenta um menor tempo de viagem. A rota alternativa, ao invés de seguir diretamente para a zona nordeste de Madrid, como na rota ideal, opta por seguir pelo sul/sudoeste de Madrid. À saída de Madrid, ambas as rotas seguem o mesmo percurso até ao destino da viagem.

A Figura 18 compara os horários de chegada e respetivos tempos de viagem das rotas calculadas. A hora de chegada prevista pelo Here API, que não considera as condições meteorológicas, seria às 06:21:51 do dia 20 de outubro de 2022 com um tempo de viagem de 21 horas, 21 minutos e 51 segundos. No entanto, o MeteOrFleetMap ao considerar as adversidades meteorológicas, e aplicando as recomendações de redução de velocidade, estima que a viagem seguindo essa rota terá um atraso de cerca 25 minutos e 37 segundos, resultando num tempo total de viagem de 21 horas, 47 minutos e 28 segundos. A rota alternativa, evitando esses pontos adversos, prevê uma chegada às 06:31:30 do dia 20 de outubro de 2022, resultando num tempo de viagem total de 21 horas, 31 minutos e 30 segundos.

```
Partida: 2022-10-19 09:00:00
Chegada Rota Ideal: 2022-10-20 06:21:51
Chegada Rota Alternativa: 2022-10-20 06:31:30
Chegada Rota ideal com atraso Meteorológico: 2022-10-20 06:47:28

Tempo Viagem Rota Ideal-> 21:21:51
Tempo Viagem Rota Ideal com atraso Meteorológico-> 21:47:28
Atraso Viagem Rota Ideal devido às Condições Meteorológicas-> 0:25:37
Tempo Viagem Rota Alternativa-> 21:31:30
```

Figura 18 - Dados das rotas ideal e alternativa entre Valência e Aveiro dado as condições meteorológicas adversas

Embora a rota alternativa, em condições ideais, seja cerca de 10 minutos mais lenta em relação à rota ideal, esta é cerca de 16 minutos mais rápida do que o tempo de viagem da rota ideal quando se toma em consideração o impacto das condições meteorológicas adversas no decurso da viagem.

Desta forma conclui-se que, embora possam existir pontos com condições adversas dentro do aceitável numa rota, é possível a existência de uma rota alternativa com um menor tempo de viagem.

O MeteOrFleetMap, após avaliar o impacto das condições climáticas na rota ideal, verifica se existe outra rota, que em condições ideais poderia ser mais demorada, mas que nestas circunstâncias poderá apresentar menor tempo de viagem.

6.3 Duração viagem real vs prevista pelo Here API

Como os sistemas de planeamento de viagens não tomam em consideração as condições climáticas no planeamento das viagens, pretende-se avaliar a discrepância do tempo previsto em comparação com o histórico das viagens efetuadas, guardadas no sistema de logística da Mobleet (S.L.M). Com esse objetivo, no sistema de logística da Mobleet foram identificadas algumas viagens que apresentaram uma duração real acima do previsto pelo sistema de planeamento de viagens, neste caso o Here API.

Uma dessas foi uma viagem realizada a 19 de julho de 2020, de Mangualde a Salamanca, ilustrada na figura 19.



Figura 19 - Viagem entre Mangualde e Salamanca sem considerar condições climáticas

Esta viagem teve início às 12:59:05 no dia 19 de julho de 2020 e terminou às 15:43:27 do mesmo dia, com um tempo total de viagem de 2 horas, 44 minutos e 22 segundos. Desse tempo total de viagem, houve um tempo útil de viagem de 2 horas, 22 minutos e 17 segundos, e os restantes 22 minutos foram tempo de descanso do condutor no decorrer da viagem.

Planeou-se no Here API uma viagem com a mesma origem e o mesmo destino para a mesma altura do ano (19 de julho) de modo a coincidir com a estação sazonal, cujas condições intrínsecas podem direta ou indiretamente condicionar a viagem, de modo a mitigar possíveis discrepâncias entre as condições das duas viagens. Também se teve em consideração o peso da carga da viagem anteriormente realizada para o planeamento da viagem no Here API. A viagem planeada, com partida às 13:00:00, apresenta como hora de chegada às 15:15:25 do mesmo dia com um respetivo tempo de viagem previsto de 2 horas, 15 minutos e 25 segundos. Excluindo o tempo de descanso, o tempo útil da viagem anteriormente realizada demorou 6 minutos e 52 segundos a mais do que a viagem planeada para este ano, como ilustrado na figura 20.

```
Partida Viagem Real: 2020-07-19 12:59:05
Chegada Viagem Real: 2020-07-19 15:43:27
Tempo Total da Viagem Real-> 2:44:22
Tempo Útil da Viagem Real-> 2:22:17

Partida Sistema: 2022-07-19 13:00:00
Chegada Prevista Sistema: 2022-07-19 15:15:25
Tempo de Viagem Previsto pelo Sistema-> 2:15:25

Diferença Viagem Real com a Viagem Calculada pelo Sistema-> 0:06:52
```

Figura 20 - Dados reais e dados here API da viagem entre Mangualde e Salamanca

A duração da viagem realizada não apresenta um desvio significativo em relação ao previsto, com um atraso inferior a 7 minutos (atraso relativo de 4,81%).

Repetiu-se o procedimento para uma viagem realizada a 09 de fevereiro de 2021, entre Celorico de Beira e Valladolid. Esta viagem teve início às 09:59:13 e terminou às 13:07:38 do mesmo dia, com um tempo total da viagem de 3 horas, 23 minutos e 29 segundos, sendo que o tempo útil da viagem foi 2 horas, 52 minutos e 52 segundos foi o tempo útil pois uma houve uma paragem para descanso de cerca de 31 minutos.

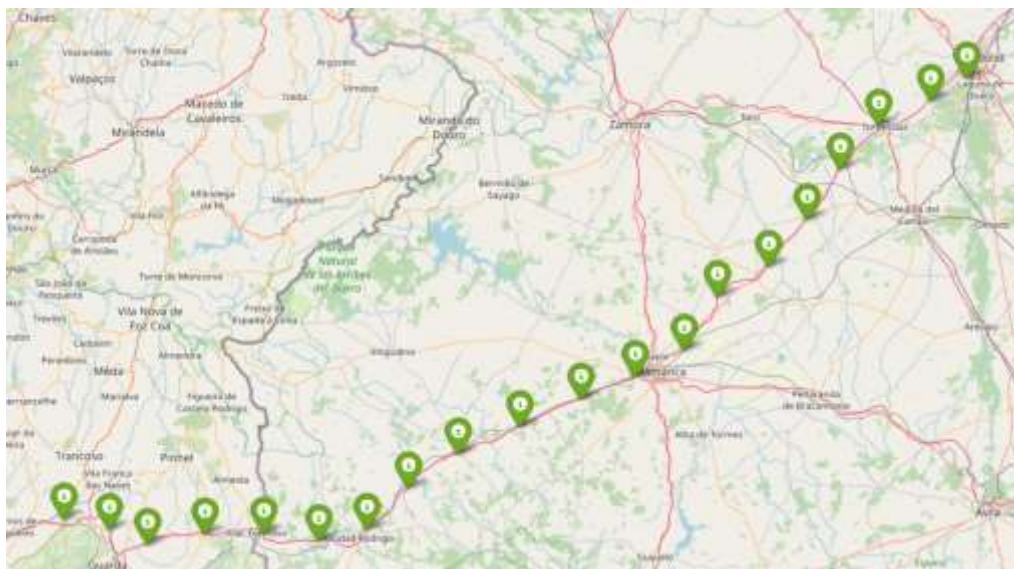


Figura 21 - Viagem entre Celorico de Beira e Valladolid sem considerar as condições climáticas

Comparou-se a mesma rota para a mesma altura com partida às 10:00:00. O Here API previu uma duração da viagem de 2 horas, 37 minutos e 48 segundos, com chegada às 12:37:48 do mesmo dia. A viagem histórica demorou 15 minutos e 04 segundos a mais a ser realizada, que se traduz num atraso de 8.73% em relação ao planeamento da viagem calculado pelo Here API.

```
Partida Viagem Real: 2021-02-09 09:59:13
Chegada Viagem Real: 2021-02-09 13:22:42
Tempo Total da Viagem Real-> 3:23:29
Tempo Útil da Viagem Real-> 2:52:52

Partida Sistema: 2023-02-09 10:00:00
Chegada Prevista Sistema: 2023-02-09 12:37:48
Tempo de Viagem Previsto pelo Sistema-> 2:37:48

Diferença Viagem Real com a Viagem Calculada pelo Sistema-> 0:15:04
```

Figura 22 - Dados reais e Here API da viagem entre Celorico da Beira e Valladolid

Embora na primeira instância não se tenha verificado um atraso significativo, na segunda instância averiguou-se um atraso de 8.73%.

Reiterou-se o processo para uma viagem realizada a 20 de outubro de 2020, entre Bragança e Medina del Campo. A viagem teve início às 06:36:12 e com uma duração total de 2 horas, 15 minutos e 52 segundos sem paragens, terminou às 08:52:04 do mesmo dia.

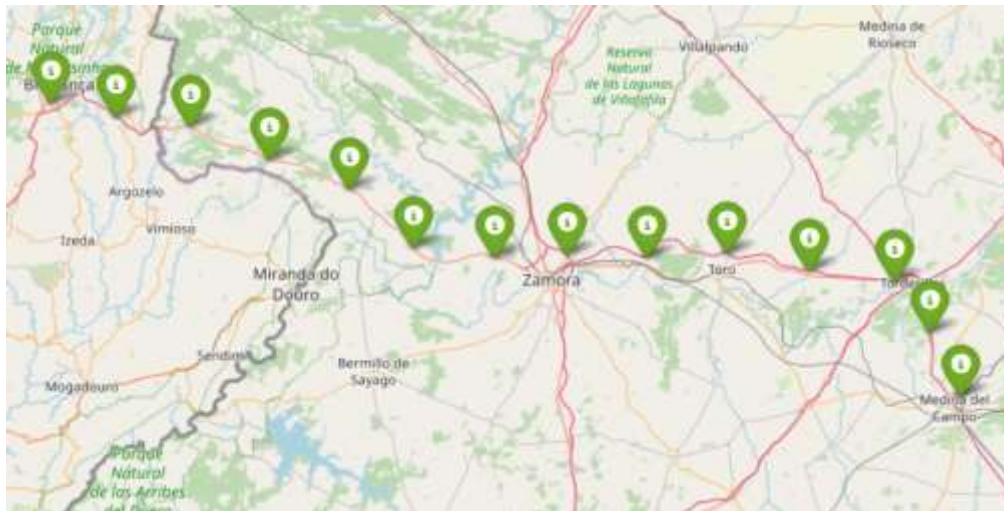


Figura 23 - Viagem entre Bragança e Medina del Campo sem considerar condições climáticas

Através do Here API, planificou-se uma viagem, seguindo a mesma rota, para a mesma altura com partida às 10:00:00. O Here API estimou a chegada da viagem para as 08:32:54 do mesmo dia, significando uma duração total de 1 hora 57 minutos e 54 segundos. A viagem histórica demorou 17 minutos e 58 segundos a mais a ser realizada, em relação à previsão do Here API, que se traduz num atraso de 13.22%.

```
Partida Viagem Real: 2020-10-20 06:36:12
Chegada Viagem Real: 2020-10-20 08:52:04
Tempo Total da Viagem Real-> 2:15:52
Tempo Útil da Viagem Real-> 2:15:52

Partida Sistema: 2022-10-20 06:35:00
Chegada Prevista Sistema: 2022-10-20 08:32:54
Tempo de Viagem Previsto pelo Sistema-> 1:57:54

Diferença Viagem Real com a Viagem Calculada pelo Sistema-> 0:17:58
```

Figura 24 - Dados reais e dados do Here API da viagem entre Bragança e Medina del Campo

Embora no primeiro caso não se tenha verificado um atraso significativo, neste verifica-se uma discrepância considerável entre a duração da viagem real e a estimativa do Here API. Este atraso, presente nas viagens reais, poderá ser resultante da influência dos fatores climáticos que tenham obrigado à redução da velocidade e consequentemente a um aumento da duração da viagem. Na secção seguinte serão comparadas novamente, a viagem entre Celorico da Beira e Valladolid, e a viagem entre Bragança e Medina del Campo, com o sistema MeteOrFleetMap. Este já toma em consideração as condições climáticas e a redução da velocidade que as mesmas impõem, averiguando se há uma aproximação dos tempos de viagem reais e planeados.

6.4 Duração viagem real vs prevista pelo MeteOrFleetMap, considerando condições climatéricas

Nesta secção, será utilizado o MeteOrFleetMap de modo a considerar as condições climatéricas aquando do planeamento da rota. O procedimento irá ser idêntico, porém procura-se averiguar a influência que as condições climatéricas possam ter no cálculo do tempo de duração da viagem e consequentemente no atraso relativo à viagem histórica. O objetivo é inquirir se o MeteOrFleetMap obtém tempos de viagem mais realistas e aproximadas àqueles obtidos nas viagens históricas, quando se tem em consideração as condições climatéricas no processo de planeamento.

Para as viagens, consideradas na secção anteriores, que apresentaram maior atraso (viagem entre Celorico da Beira e Valladolid, e viagem entre Bragança e Medina), será utilizado no MeteOrFleetMap as rotas utilizadas e aplicadas as condições climatéricas existentes no decurso da viagem, de modo a verificar se a aplicação da recomendação de velocidade nos locais com condições meteorológicas adversas fornece um tempo útil de viagem mais aproximado e realista ao tempo de viagem útil realmente efetuado.

Aquando da aquisição da rota, obtém-se as condições climatéricas e a criticidade meteorológica dos pontos em conformidade com o instante e local de passagem do veículo, aplicando-se, posteriormente, a recomendação de redução de velocidade para o segmento. O trajeto das viagens realizadas é exatamente igual ao trajeto que será utilizado no planeamento.

De modo a conseguir validar o impacto das condições climatéricas das viagens reais históricas do sistema de logística da Mobleet, recorreu-se ao Weather Spark [25] que fornece dados históricos qualitativos quanto a chuva, neve e vento, e serve para listar os dias onde se verificassem condições adversas para a realização dos testes. Recorreu-se também à vertente histórica do *site* do VisualCrossing [26] que fornece dados históricos quantitativos quanto à chuva, neve e vento.

Desta forma, procede-se à verificação dos dias com chuvas ou ventos fortes através do Weather Spark, analisam-se viagens que tivessem sido realizadas nesse dia, efetua-se o processo de segmentação dos pontos da rota e a classificação dos mesmos conforme o critério definido acima. Finalmente, à medida que a rota é segmentada, o MeteOrFleetMap aplica as recomendações de redução de velocidade nos pontos adversos e atualiza-se o instante de passagem em cada ponto, resultando num tempo de viagem atualizado.

Na viagem realizada entre Celorico da Beira e Valladolid que início às 09:59:13 e término às 13:22:42 do mesmo dia, com um tempo total de viagem de 3 horas, 23 minutos e 29 segundos, sendo que, desse tempo, apenas 2 horas, 52 minutos e 52 segundos compuseram o tempo útil da viagem. Em relação à previsão do Here API, este apresenta um tempo de viagem adicional de 15 minutos e 13 segundos que se traduz num atraso de 8.73%.

No MeteOrFleetMap foi planeada uma viagem com partida às 10:00:00. Aquando da hora de passagem entre Tordesilhas e Valladolid, verificaram-se níveis de chuva correspondentes ao índice 2 (assinalados a laranja na Figura 25), que, de acordo com a tabela 9, corresponde a uma recomendação de redução da velocidade de 25% nesses segmentos.

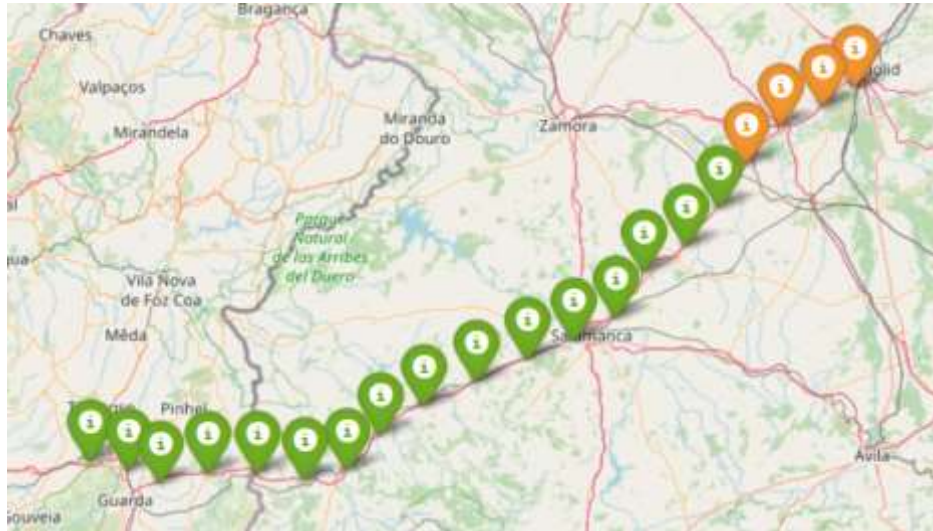


Figura 25 - Viagem entre Celorico da Beira e Valladolid considerando condições climáticas

A viagem prevista tomando em consideração a redução de velocidade causada pelos pontos adversos, apresenta uma chegada prevista para as 12:48:02 do mesmo dia, originando um tempo de viagem de 2 horas, 48 minutos e 02 segundos (ilustrado na figura 27). Este é cerca de 10 minutos superior ao tempo estimado pelo Here API, mas muito mais próximo do tempo real da viagem. Este apresenta um desvio de cerca de 4 minutos inferior aos 15 minutos previstos pelo Here API, correspondendo a uma variação de 2,81% ao invés de 8,73%. Ao tomar em consideração o impacto causado pelas condições climáticas consegue-se fornecer um instante de chegada mais realista e consequentemente um tempo de viagem mais exequível e aproximado da realidade.

```
Partida Viagem Real: 2021-02-09 09:59:13
Chegada Viagem Real: 2021-02-09 13:22:42
Tempo Total da Viagem Real-> 3:23:29
Tempo Útil da Viagem Real-> 2:52:52

Partida Sistema: 2023-02-09 10:00:00
Chegada Prevista Sistema: 2023-02-09 12:37:39
Chegada Prevista com atraso meteorologico Teste: 2023-02-09 12:48:02

Tempo de Viagem Previsto pelo Sistema-> 2:37:39
Viagem Com atraso Meteorologico-> 2:48:02
Atraso devido à Meteorologia-> 0:10:23

Diferença Viagem Real com a Viagem Calculada pelo Sistema-> 0:15:13
Diferença Viagem Real com a Viagem Calculada pelo Sistema com atraso Meteorológico-> 0:04:50
```

Figura 26 - Dados da viagem entre Celorico da Beira e Valladolid considerando condições climáticas

Como analisado na secção anterior, a viagem com partida em Bragança e chegada Medina del Campo resultou num tempo útil de viagem, de 2 horas, 15 minutos e 52 segundos.

Considerando o histórico da informação meteorológica referente ao período em que decorreu a viagem, após a passagem pela localidade de Tagarabuena, e até ao destino da viagem, verificaram-se níveis de chuva correspondentes ao índice 2 (assinalados a laranja na Figura 27), o que corresponde à aplicação de uma recomendação de redução da velocidade de 25% nesses segmentos, no cálculo do sistema.

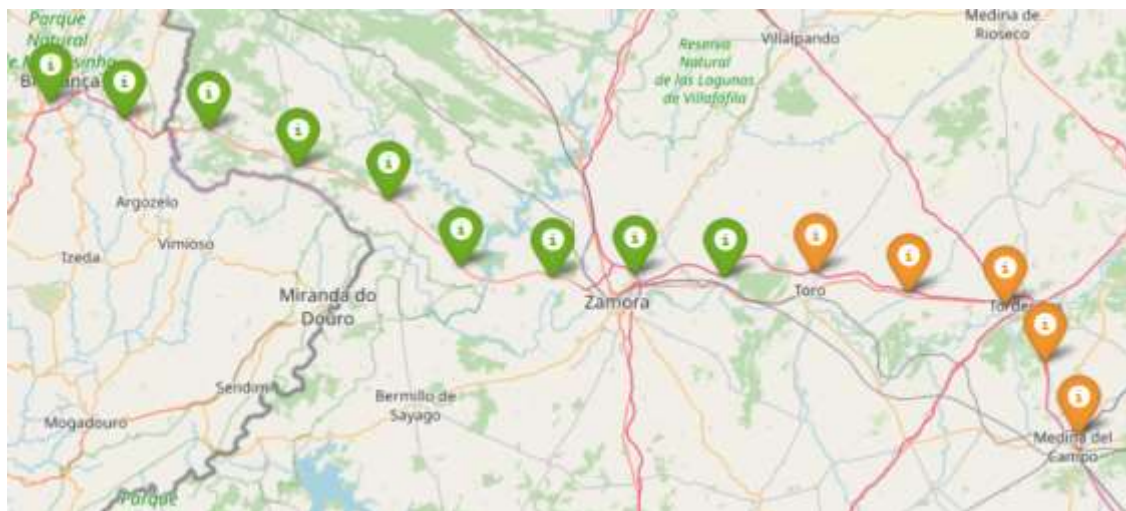


Figura 27 - Viagem entre Bragança e Medina del Campo considerando condições climáticas

Como na seção anterior, idealizou-se uma viagem, com a mesma origem e destino com partida às 06:35:00, e com chegada idealizada para as 08:32:54 do mesmo dia, não atendendo ao atraso causado pelas condições adversas, resultando num tempo de viagem de 1 hora, 57 minutos e 54 segundos. Considerando as condições climáticas e ponderado a recomendação de redução de velocidade nos segmentos onde se verificam a presença de condições climáticas adversas, a viagem teria uma chegada às 08:50:34 do mesmo dia, originando um tempo de viagem de 2 horas, 15 minutos e 34 segundos. O atraso causado pelas condições climáticas adversas seria de 17 minutos e 40 segundos.

Sem considerar as condições climáticas a viagem histórica demorou 17 minutos e 58 segundos a mais que o tempo previsto pelo sistema, que se traduz num atraso de 13.22%. No entanto, ao considerar as condições climáticas adversas e aplicando a redução de velocidade nos segmentos com índice 2, obtém-se uma discrepância praticamente nula onde o atraso da viagem histórica anteriormente realizada em comparação ao MeteOrFleetMap é de 0.22%

```

Partida Viagem Real: 2020-10-20 06:36:12
Chegada Viagem Real: 2020-10-20 08:52:04
Tempo Total da Viagem Real-> 2:15:52
Tempo Útil da Viagem Real-> 2:15:52

Partida Sistema: 2022-10-20 06:35:00
Chegada Prevista Sistema: 2022-10-20 08:32:54
Chegada Prevista com atraso meteorologico Teste: 2022-10-20 08:50:34

Tempo de Viagem Previsto pelo Sistema-> 1:57:54
Viagem Com atraso Meteorologico-> 2:15:34
Atraso devido à Meteorologia-> 0:17:40

Diferença Viagem Real com a Viagem Calculada pelo Sistema-> 0:17:58
Diferença Viagem Real com a Viagem Calculada pelo Sistema com atraso Meteorológico-> 0:00:18

```

Figura 28 - Dados da viagem entre Bragança e Medina del Campo considerando condições climatéricas

Verifica-se que com a aplicação da recomendação de redução de velocidade devido às condições meteorológicas adversas e com a ponderação os atrasos em cada um dos segmentos, obtém-se um tempo de duração da viagem mais aproximado à realidade, realçando a relevância da incorporação da componente meteorológica no planeamento de rotas para veículos pesados de mercadoria.

Desta forma, conquanto possa não corresponder à duração exata de uma viagem, devido a vários fatores, o sistema, ao incorporar parâmetros meteorológicos, fornece uma estimativa ponderada mais próxima realidade, do que uma vertente que não tenha em consideração estes parâmetros.

6.5 Influência da variação da altitude no planeamento da rota

Cargas específicas como hélices de turbinas eólicas, que tem grandes dimensões e peso, tornam o planeamento e seleção de uma rota logisticamente mais difíceis, dado a impossibilidade de percorrerem determinados terrenos ou zonas de elevada inclinação, ou curvas muito apertadas. Fatores orográficos, como curvas apertadas e inclinações acentuadas, nomeadamente subidas, causam um maior gasto de combustível, e no caso das descidas igualmente acentuadas, pode haver um maior desgaste dos travões do veículo.

A orografia também apresenta uma maior relevância no planeamento de rotas para veículos pesados de mercadoria, dadas as maiores dimensões deste tipo de veículo e respetivas cargas. Da orografia, a variação acentuada de altitude demonstra ser um fator que deve ser tomado em consideração porque pode não só dificultar o percurso, como tornar um ponto de uma rota intransitável.

De forma a verificar o impacto da variação de altitude no planeamento de rotas para veículos pesados, elaborou-se uma rota na zona urbana de Escapães, em que o veículo passasse sobre uma zona que contivesse uma subida com uma inclinação bastante acentuada. A figura 30 ilustrada a rota mencionada, sendo que a verde se encontra assinalada a rota ideal, e a azul

está assinalada a rota alternativa. O início da rota (esquerda) é idêntico às duas opções verificando-se uma sobreposição dos pontos azuis sobre os pontos verdes.

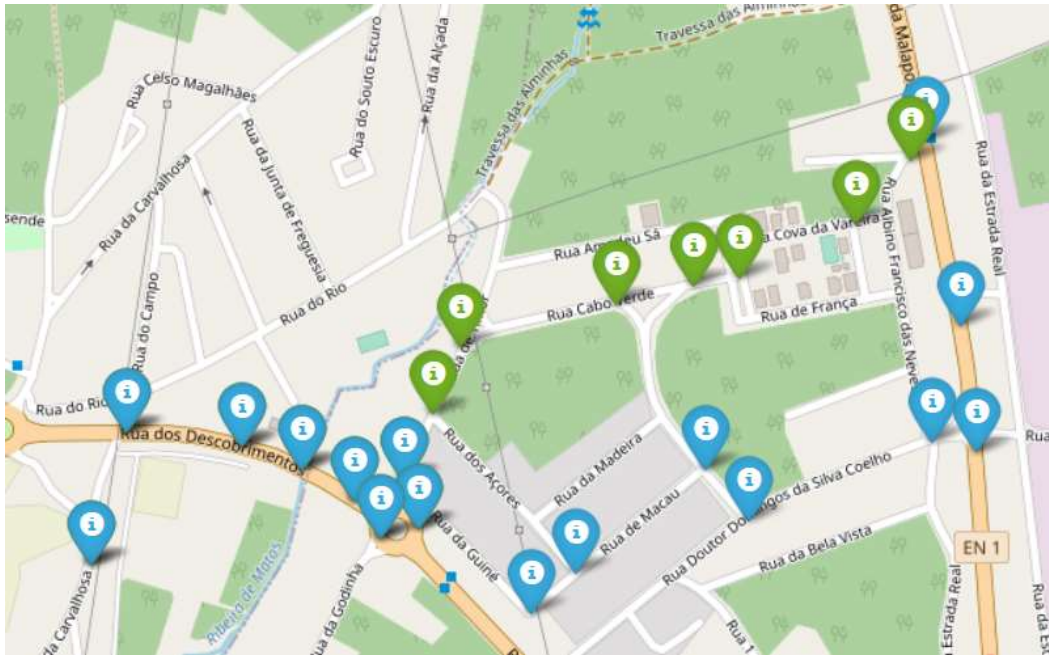


Figura 29 - Rota na zona urbana de Escapães

As rotas do Here API e do MeteOrFleetMap foram planejadas para o mesmo dia com início às 09:00:00. A rota proposta pelo Here API termina às 09:04:50 do mesmo dia significando um tempo de viagem de 4 minutos e 50 segundos. No decorrer da viagem, na rota ideal, é visível a presença de uma subida com uma inclinação de 22%.

O MeteOrFleetMap, ao verificar existência de um ponto cuja subida apresenta uma inclinação de 22% (ilustrado na figura 29), retira esse ponto, e calcula uma rota alternativa com a mesma origem e destino. A chegada foi estimada para as 09:06:01 do mesmo dia traduzindo um tempo de viagem de 6 minutos e 1 segundo. Na rota alternativa, a inclinação dos segmentos não excedeu os 9%. O atraso entre a rota ideal e a rota alternativa foi de 1 minuto e 11 segundos.

Viagem Original			
	TipoEstrada	Altitude	VariacaoAlt
0	bus_stop	202	0
1	primary	216	+6.0%
2	car	215	-0.0%
3	car	215	0%
4	primary	224	+9.0%
5	primary	224	0%
6	primary	224	0%
7	residential	224	0%
8	residential	224	0%
9	residential	224	0%
10	residential	241	+6.0%
11	residential	271	+22.0%
12	residential	271	0%
13	residential	293	+8.0%
14	residential	293	0%
Partida: 2022-09-10 09:00:00			
Chegada: 2022-09-10 09:04:50			
Tempo de Viagem: 0:04:50			
Viagem Alternativa			
	TipoEstrada	Altitude	VariacaoAlt
0	bus_stop	202	0
1	primary	216	+6.0%
2	car	215	-0.0%
3	car	215	0%
4	primary	224	+9.0%
5	primary	224	0%
6	primary	224	0%
7	residential	224	0%
8	residential	243	+6.0%
9	residential	243	0%
10	residential	269	+9.0%
11	residential	269	0%
12	residential	292	+7.000000000000001%
13	primary	299	+7.000000000000001%
14	primary	297	-1.0%
15	residential	293	-1.0%
Partida: 2022-09-10 09:00:00			
Chegada: 2022-09-10 09:06:01			
Tempo de Viagem: 0:06:01			

Figura 30 - Dados da Rota ideal e da Rota alternativa na zona urbana de Escapães

Como já mencionado, a rota ideal apresenta um segmento onde se regista uma subida com uma variação de inclinação de 22%. Na zona urbana em questão, dada a elevada inclinação, um veículo com 2 atrelados ou com uma carga mais pesada teria dificuldade em percorrer a subida provocando um maior desgaste no mesmo, ou até não possuir potência suficiente para a transitar. Com condições climáticas adversas, estaríamos perante um cenário onde se verifique ambas as vertentes de criticidade, ou seja, um ponto de elevada inclinação com chuva ou neve no piso. Neste caso, para além do esforço adicional que o veículo tem de realizar, tem uma menor aderência ao piso, dificultando o objetivo de percorrer a subida e congestionando, possivelmente, o trânsito. As recomendações de redução de

velocidade devido às condições meteorológicas adversas mencionadas nas subsecções anteriores, devem ser ajustadas para segmentos ou pontos de uma rota como este.

Mesmo que para evitar o segmento onde se verificava uma subida com inclinação acentuada (22%), se tenha de optar por uma rota que não seja a mais rápida, o custo associado ao gasto de combustível adicional ou à manutenção do veículo devido ao desgaste das pastilhas e discos dos travões, provavelmente não compensa a duração adicional que a rota alternativa dispõe. Para cargas especiais e/ou mais pesadas, a rota alternativa apresenta uma solução mais segura e viável para a realização da viagem.

Similarmente às condições meteorológicas, estes pontos devem ser tomados em consideração e tratados como pontos críticos. A duração da viagem não é o único parâmetro a considerar aquando do planeamento de uma viagem. Existem fatores orográficos adicionais, como curvas apertadas e inclinações acentuadas que devem ser considerados e justifiquem o recálculo da rota.

7 Conclusões

No contexto da logística de transportes de mercadorias, é fundamental o cumprimento do horário de chegada. As soluções convencionais de planeamento de uma rota, dado uma origem, um destino e uma determinada hora de partida, embora permitam fornecer tempos de viagem e respetiva trajetória, não tomam em consideração informação relevante, como a orografia, as condições climáticas e o tipo de veículo utilizado, resultando em tempos de viagem acima do previsto, e com consequências ao nível do cumprimento de hora de chegada, e da qualidade do serviço de transporte.

A proposta MeteOrFleetMap é uma solução que, ao integrar uma solução de planeamento de viagens, com sistemas que disponibilizam informação climática e de orografia, permite tomar em consideração estes fatores que influenciam o decorrer de uma viagem, de modo a apresentar estimativas de tempos de entrega mais próximos dos reais. O MeteOrFleetMap, devido ao impacto que estes fatores podem ter na viagem, propõe uma rota diferente da inicialmente prevista, se esta apresentar uma menor duração.

Após o estudo de soluções de mercado relativas ao planeamento de rota e gestão de logística de transportes, elegeram-se ferramentas de cálculo meteorológico, nomeadamente, o Weatherbit, o OpenWeatherMap, o AccuWeather, o VisualCrossing, o Mobleet Weather API, ferramentas de cálculo de orografia, como a OpenTopoData, a OpenRouteService, a OpenElevation, e ferramentas de planeamento de rota, sendo esta o Here API. Inicialmente, no desenvolvimento do protótipo utilizaram-se as APIs meteorológicas mencionadas e a OpenTopoData por serem ferramentas acessíveis e de baixo custo. Posteriormente, estas ferramentas foram substituídas pelo Mobleet Weather API, devido à obtenção da licença do mesmo, que devolvia a informação climática e orográfica, e o índice meteorológico do local. Para o planeamento da rota utilizou-se o Here API porque, de entre as soluções de mercado disponíveis, era a única que disponibilizava um planeamento direcionado para veículos pesados de mercadoria e não apresenta restrições quanto ao local de planeamento. Estas várias fontes de dados foram integradas numa solução direcionada para a gestão e planeamento de rotas de uma frota de veículos pesados de mercadorias, que incorpora componentes meteorológicas e orográficas.

Por questões de flexibilidade na incorporação da informação externa climática, orográfica e de planeamento de rota, a arquitetura da proposta é baseada numa abordagem de adaptadores, que recolhe e adapta os dados de cada fonte para um formato consistente e uniforme, facilitando assim a incorporação de novas fontes de dados. É possível utilizar esta abordagem em outros os tipos de fontes de dados externas (meteorológica, orográfica e planeamento de rota), porém apenas se utilizou nas fontes climática e orográficas. Para o

planeamento da rota, como o Here API era a única solução elegível, não houve necessidade de criar um adaptador para esta componente. A arquitetura também inclui um sistema de filas responsável por processar, em background, os pedidos à medida que estes são enviados para a fila e assim minimizar as chamadas às API's ao reaproveitar informação orográfica ou meteorológica (de um passado próximo) armazenada localmente.

O processo de planeamento de uma rota começa pela determinação da rota ideal e da duração mais curta. Para tal o MeteOrFleetMap segmenta os vários pontos, seja por distância ou por tempo, para os quais posteriormente se determina a criticidade derivado das condições climáticas e orográficas desses pontos, determinando consequentemente o impacto da criticidade no decorrer da viagem. Caso se verifiquem pontos críticos acima do aceitável, a rota deve ser recalculada, evitando esses pontos intransitáveis.

Foi desenvolvida uma REST API com alguns dos requisitos concretizados, que comunica diretamente com a Mobleat, onde recebe dados relativos a pontos ou rotas. Esta pode devolver as condições meteorológicas e informação orográfica nos pontos, calcular pontos adversos nas rotas e calcular igualmente o atraso causado diretamente pela criticidade dos pontos.

No planeamento de uma viagem, o MeteOrFleetMap, quando não se verificam condições adversas, mantém-se a previsão de rota e duração prevista pelo sistema de planeamento de rotas utilizado. Na presença de condições adversas, este identifica os locais afetados e recalcula o seu impacto na duração da viagem. Quando este impacto é significativo, acima de um determinado limiar, ou quando algum dos locais da viagem se torna intransitável, derivado das condições climáticas, o MeteOrFleetMap propõe uma rota alternativa se esta for mais rápida. Este comportamento esperado foi validado, através da utilização dos dados de viagens efetuadas, no que concerne aos aspetos climáticos como aos orográficos.

O MeteOrFleetMap, ao obter tempos de viagem, calcula o atraso causado pelas condições climáticas, e quando possível propõe uma rota alternativa com menor tempo, consegue apresentar tempos de chegada mais precisos, cumprir a entrega num menor espaço de tempo, e realizar um planeamento de rota mais otimizado, sujeito a menos imprevistos. Ao considerar e propor rotas alternativas que evitem inclinações acentuadas consegue também uma otimização de consumo de combustível e desgaste do veículo.

Para confirmar o bom funcionamento do sistema, realizaram-se várias validações. Inicialmente comparou-se o planeamento de uma rota entre dois pontos e respetivos tempos de viagem entre o sistema desenvolvido e a ferramenta de planeamento de rotas Here API. Obtiveram-se resultados idênticos, pelo que não se verificaram quaisquer discrepâncias no momento de cálculo de rota entre as duas soluções.

Seguidamente, validou-se e demonstrou-se que se pode calcular e fornecer uma rota alternativa com respetivos dados (tempos de viagem, hora de chegada, etc.) no caso da

presença de um ponto crítico intransitável na rota ideal. Aquando da deteção de condições climatéricas ou características orográficas adversas que cumpram os critérios mínimos de aceitação, também são calculadas rotas alternativas capazes de fornecer tempos de viagem menores, que a rota inicialmente considerada como ideal. Com esta validação também se conseguiu provar que, por vezes, embora uma rota ideal apresente condições adversas transitáveis, existem rotas alternativas que apresentam tempos de viagem mais curtos.

Trabalho futuro

O MeteOrFleetMap efetua a segmentação dos pontos de uma rota por tempo e/ou distância, mas seria pertinente tomar em consideração o histórico de viagens ou o relato dos condutores que as efetuam, e assinalar na rota os pontos onde, com maior frequência, verificaram condições adversas ou fora do comum, de modo que sejam considerados mesmo quando no planeamento não estejam na segmentação da rota.

Também é pertinente avaliar e ajustar a percentagem da recomendação de redução da velocidade, de acordo com o tipo e particularidades da via de cada local (ponto). Por exemplo, caso se verifique um índice 2 num troço de uma autoestrada, as condições climatéricas da via podem não justificar uma redução de velocidade tão acentuada, ou seja, ao invés de se aplicar uma redução de 25%, em autoestradas pode ser aplicada uma redução de 18%. Já em caso de zonas urbanas, um ponto adverso com índice 2 pode justificar uma aplicação de redução de velocidade superior a 25%. Utiliza-se a mesma lógica para os índices 3 e 4. Pode ser implementado um algoritmo de *Machine Learning* que faça estes ajustes consoante a informação histórica de viagens anteriores.

Este projeto teve como foco fundamental a sua aplicação ao contexto de veículos pesados de mercadorias, no entanto, proponho, com o ajuste dos parâmetros que impactam o decorrer da viagem, que esta solução possa ser adaptada para o planeamento de rotas de veículos de diferentes tipologias.

Referências

- [1] “FleetPal,” 2021. [Online]. Available: <https://fleetpalconnect.com/>.
- [2] “Holman,” 2021. [Online]. Available: <https://www.holman.com/>.
- [3] “Fleetio,” 2021. [Online]. Available: <https://www.fleetio.com/>.
- [4] “Chevin,” 2021. [Online]. Available: <https://www.chevinfleet.com/>.
- [5] “Fleetistics,” 2021. [Online]. Available: <https://www.fleetistics.com/>.
- [6] “Mobleet,” 06 2022. [Online]. Available: <https://www.mobleet.pt/>.
- [7] “Google Maps,” 2022. [Online]. Available: <https://www.google.pt/maps/>.
- [8] “OpenStreetMap,” 2022. [Online]. Available: <https://www.openstreetmap.org>.
- [9] “Here API,” 2022. [Online]. Available: <https://developer.here.com/>.
- [10] “Morecast,” 2022. [Online]. Available: <https://morecast.com/>.
- [11] “Drive Weather,” 2022. [Online]. Available: <https://driveweatherapp.com/>.
- [12] “Temperatura no motor,” 2022. [Online]. Available: <https://garagem360.com.br/baixa-temperatura-do-motor/>.
- [13] “Temperatura e humidade nos veículos,” 2022. [Online]. Available: <https://www.eurotransporte.pt/noticia/7/2895/travoes-cuidados-acrescidos-nos-veiculos-comerciais/>.
- [14] “Altitude e pressão atmosférica,” 2022. [Online]. Available: <https://quatrorodas.abril.com.br/auto-servico/como-a-altitude-afeta-o-desempenho-de-um-carro/>.
- [15] “IPMA API,” 2021. [Online]. Available: <https://api.ipma.pt/>.
- [16] “AccuWeather,” 2021. [Online]. Available: <https://developer.accuweather.com/>.
- [17] “OpenWeatherMap,” 2021. [Online]. Available: <https://openweathermap.org/>.
- [18] “Weatherbit,” 2021. [Online]. Available: <https://www.weatherbit.io/>.
- [19] “VisualCrossing,” 2021. [Online]. Available: <https://www.visualcrossing.com>.
- [20] “AerisWeather,” 2021. [Online]. Available: <https://www.aerisweather.com>.
- [21] “openelevation,” 07 2022. [Online]. Available: <https://open-elevation.com/>.
- [22] “opentopodata,” 07 2022. [Online]. Available: <https://www.opentopodata.org/>.
- [23] “openrouteservice,” 07 2022. [Online]. Available: <https://openrouteservice.org/>.
- [24] “rabbitmq,” 06 2022. [Online]. Available: <https://www.rabbitmq.com/>.
- [25] “Weather Spark,” 08 2022. [Online]. Available: <pt.weatherspark.com>.
- [26] “VisualCrossing History,” 08 2022. [Online]. Available: <https://www.visualcrossing.com/weather-history>.

- [27] “Mobleet Weather API,” 2022. [Online]. Available: https://mobleet.primelayer.pt/get_meteo_index.

Apêndices

Apêndice A - Requisitos do Protótipo

Para o MeteOrFleetMap foi identificado um conjunto de funcionalidades, tendo sido classificadas de acordo com o grau de prioridade, segundo o método MoSCoW (Must have, Sould Have, Could Have. Won't have). O método de MoSCoW classifica a prioridade dos requisitos da seguinte forma: “Tem de Ter” assinala os requisitos indispensáveis da aplicação, cuja prioridade é máxima, que sem os quais não funciona, “Deve Ter” indica requisitos importantes, mas não vitais ao funcionamento da aplicação, “Pode Ter” refere-se a requisitos desejáveis embora não essenciais, e “Não terá” representa funcionalidades ou iniciativas que não devam ser incluídas na solução.

Tabela 11 - Totalidade dos requisitos do protótipo do sistema

Código	Descrição	Prioridade
RF01	Obter rota ideal entre dois pontos numa determinada data	Tem de ter
RF02	Obter rotas alternativas	Tem de ter
RF03	Determinar pontos de passagem de uma rota	Tem de ter
RF04	Determinar a criticidade de um ponto	Tem de ter
RF05	Determinar o impacto da criticidade dos pontos na duração de uma rota	Tem de ter
RF06	Obter uma rota entre dois pontos evitando pontos críticos	Tem de ter
RF07	Obter as condições meteorológicas e orográficas num ponto	Tem de ter
RF08	Obter as condições meteorológicas e orográficas de uma lista de pontos	Tem de ter
RF09	Calcular pontos adversos numa rota	Tem de ter

RF10	Calcular atraso devido às condições meteorológicas	Tem de ter
RF11	Determinar a criticidade de uma lista de pontos	Tem de ter
RF12	Segmentar pontos de uma rota por distância	Tem de ter
RF13	Segmentar pontos de uma rota por tempo	Tem de ter
RF13	Segmentar pontos de uma rota pela conjugação da distância e do tempo	Tem de ter
RF14	Obter parâmetros meteorológicos de um ponto	Tem de ter
RF15	Aceder ao histórico de viagens	Tem de ter
RF16	Normalizar parâmetros das fontes de dados externas em nomenclaturas e unidades de medida comuns	Tem de ter
RF17	Fazer Integração do Sistema de Logística da Mobleet	Tem de ter
RF18	Integrar os dados das Route API's	Tem de ter
RF19	Integrar os dados das Weather API's	Tem de ter
RF20	Integrar os dados das Terrain API's	Tem de ter
RF21	Autenticar Empresa	Tem de ter
RF22	Consultar <i>Tokens</i>	Tem de ter
RF23	Cancelar <i>Tokens</i>	Tem de ter

Apêndice B - REST API

Este apêndice descreve o desenvolvimento da REST API que disponibiliza algumas das funcionalidades concretizadas no protótipo implementado.

Funcionalidades / Requisitos

Ao definir-se os requisitos do protótipo elegeram-se os mais relevantes que foram implementados e disponibilizados pelo REST API, que servem de recurso ao Mobleet. No Apêndice A estão tabelados os requisitos desenvolvidos no projeto. Neste cenário o payload do Here API é comunicado pelo Mobleet API e recebido pela REST API.

Tabela 12 - Requisitos funcionais da REST API

Código	Descrição	Prioridade
RF07	Autenticar Empresa	Tem de ter
RF08	Consultar <i>Tokens</i>	Tem de ter
RF09	Cancelar <i>Tokens</i>	Tem de ter
RF10	Obter as condições meteorológicas e orográficas num ponto	Tem de ter
RF11	Obter as condições meteorológicas e orográficas de uma lista de pontos	Tem de ter
RF12	Calcular pontos adversos numa rota	Tem de ter
RF13	Calcular atraso devido às condições meteorológicas	Tem de ter

Criaram-se duas tabelas, nomeadamente ‘Empresa’ que retrata as entidades que irão realizar os pedidos à API, contendo apenas um identificador único, e ‘Token’ que representa a chave de utilização do serviço por parte de uma entidade, que contém um identificador único, a chave forasteira da empresa a que está associada, a data de início, a data de término e um contador de chamadas à API (associado ao cálculo meteorológico e orográfico de pontos numa rota). Uma empresa pode ter vários *Tokens* associados a si, sendo que a cada *Token* apenas corresponde uma empresa. Cada empresa apenas pode ter um *Token* ativo de utilização. O contador de chamadas à API de um *Token* servirá para averiguar o número de chamadas feitas por parte de uma empresa durante um determinado período e posteriormente cobrar a mesma consoante esse número de pedidos.

RF07 - Autenticar empresa

Name	RF07 – Autenticar empresa
Summary	Verifica, autentica e renova o <i>Token</i> de uma empresa
Requirements	
API EndPoint	
Mapping	POST /login/id='123'&renew='True'
Expected Input	id – Identificador único de uma empresa renew – <i>Flag</i> de renovação de <i>Token</i>
Expected Output	<pre>{ "\$schema": "http://json-schema.org/draft-04/schema#", "type": "object", "properties": { "Mensagem": {"type": "string"}, "Token": {"type": "string"} } }</pre>

Recebe como parâmetro o identificador único da empresa e uma *Flag* binária associada à renovação do *Token*. Se a *Flag* estiver negativa, é devolvido o *Token* ativo da empresa caso esta o possua, caso contrário é informada que não detém nenhum *Token*. Se a *Flag* estiver positiva, caso a empresa já possua um *Token*, é estendida a sua validade em duas semanas. Em caso de não deter um *Token* é gerado um novo, associado à empresa que realizou o pedido.

RF08 - Consultar Tokens

Name	RF08 – Consultar <i>Tokens</i>
Summary	consulta de <i>Tokens</i> por empresa
Requirements	
API EndPoint	
Mapping	GET /tokens/consult/id='123'&dateI='2022-01-01'&dateF='2022-02-01'
Expected Input	id – Identificador único de uma empresa dateI – Data inicial do intervalo de tempo a realizar a consulta dateF - Data final do intervalo de tempo a realizar a consulta

Expected Output	<pre> { "\$schema": "http://json-schema.org/draft-04/schema#", "type": "object", "properties": { "Mensagem": {"type": "string"}, "Tokens": { "type": "object", "properties": { "0": { "type": "object", "properties": { "TokenId": {"type": "string"}, "TokenInicio": {"type": "string"}, "TokenFim": {"type": "string"}, "Contador": {"type": "integer"} } } } }, "Somatorio": {"type": "integer"} } } </pre>
-----------------	--

Recebe como parâmetro o identificador único da empresa e duas datas. É devolvida uma listagem de todos os *Tokens* da empresa e um somatório de chamadas à Mobleet Weather API, no intervalo de tempo compreendido entre as duas datas fornecidas.

RF09 - Cancelar Tokens

Name	RF09 – Cancelar <i>Tokens</i>
Summary	Este método permite do <i>Token</i> ativo por empresa
Requirements	
API EndPoint	
Mapping	POST /token/cancel/id='123'
Expected Input	id - Identificador único de uma empresa
Expected Output	<pre> { "\$schema": "http://json-schema.org/draft-04/schema#", "type": "object", "properties": { "Mensagem": {"type": "string"} } } </pre>

Recebe apenas como parâmetro o identificador único da empresa, cancelando o Token ativo associado a esta, caso este exista.

RF10 - Obter as condições meteorológicas e orográficas num ponto

Name	RF10 – Obter as condições meteorológicas e orográficas num ponto
Summary	Este método permite obter as condições meteorológicas e orográficas num ponto
Requirements	Validação do <i>Token</i> da empresa que realiza o pedido
API EndPoint	
Mapping	GET /weather/point/lat='40.192'&lon='-8.411'&dt='2022-02-0518:00:00'&search='True'
Expected Input	lat – Latitude do ponto a verificar lon – Longitude do ponto a verificar dt – Momento (data e horário) a obter as condições climáticas no ponto search - Indicador que verifica a existência de chamadas ao ponto já armazenadas na base de dados
Expected Output	<pre>{ "\$schema": "http://json-schema.org/draft-04/schema#", "type": "object", "properties": { "Mensagem": {"type": "string"}, "Ponto": { "type": "object", "properties": { "Latitude": {"type": "string" }, "Longitude": {"type": "string" }, "dt": {"type": "string" }, "temp": {"type": "number" }, "rain": {"type": "integer"}, "wind_speed": {"type": "number" }, "wind_deg": {"type": "integer"}, "visibility": {"type": "integer"}, "snow": {"type": "integer"}, "humidity": {"type": "integer"}, "pressure": {"type": "integer"}, "alt": {"type": "string" }, "traf_index": {"type": "integer"}, "TipoEstrada":{"type": "string" } } } } }</pre>

Recebe como parâmetro latitude e longitude de um ponto, uma data e um horário, e uma *Flag* binária de renovação do ponto denominada de “*search*”. Inicialmente é feita uma verificação do *Token* da empresa quanto à sua validade. Seguidamente, os dados do ponto (latitude e longitude) e os dados temporais (data e horário) são cruzados para averiguar se existe informação armazenada localmente (base de dados), por questão de poupança de

recursos. Caso não tenha sido realizada é guardada informação recente relativamente a esse ponto, é feita uma chamada à Mobleet Weather API e devolvida a informação quanto à meteorologia e orografia do ponto à data e hora desejada. O contador do *Token* é incrementado uma vez pela chamada. A *Flag* binária que é recebida apenas força o processo de verificação local caso seja positiva. A *Flag* “*search*” por defeito tem o valor “*True*”

RF11 - Obter condições meteorológicas e orográficas de uma lista de pontos

Name	RF11 – Obter condições meteorológicas e orográficas de uma lista de pontos
Summary	Este método permite obter as condições meteorológicas e orográficas de uma lista de pontos
Requirements	Validação do <i>Token</i> da empresa que realiza o pedido
API EndPoint	
Mapping	POST /weather/points/pts='40.911, -8.411, 2022-01-0118:00:00;41.235, -8.963, 2022-01-0219:00:00'&search='True'
Expected Input	pts – Conjunto de pontos a receber e obter as condições climáticas. Compostos por latitude, longitude, data e hora. search - Indicador que verifica a existência de chamadas ao ponto já armazenadas na base de dados
Expected Output	<pre>{ "\$schema": "http://json-schema.org/draft-04/schema#", "type": "object", "properties": { "Mensagem": {"type": "string"}, "Pontos": { "type": "object", "properties": { "0": { "type": "object", "properties": { "latitude": {"type": "string"}, "longitude": {"type": "string"}, "dt": {"type": "string"}, "temp": {"type": "number"}, "rain": {"type": "number"}, "wind_speed": {"type": "number"}, "wind_deg": {"type": "number"}, "visibility": {"type": "number"}, "snow": {"type": "number"}, "humidity": {"type": "number"}, "pressure": {"type": "number"}, "alt": {"type": "number"}, "TipoEstrada": {"type": "string"}, </pre>

```

    "traf_index": {"type": "integer"}
  },
  "1": {
    "type": "object",
    "properties": {
      "Latitude": {"type": "string" },
      "Longitude": {"type": "string" },
      "dt": {"type": "string" },
      "temp": {"type": "number" },
      "rain": {"type": "integer"},
      "wind_speed": {"type": "number" },
      "wind_deg": {"type": "integer"},
      "visibility": {"type": "integer"},
      "snow": {"type": "integer"},
      "humidity": {"type": "integer"},
      "pressure": {"type": "integer"},
      "alt": {"type": "string" },
      "traf_index": {"type": "integer"},
      "TipoEstrada": {"type": "string" }
    }
  }
}
}
}
}

```

Obter condições meteorológicas e orográficas de uma lista de pontos – Recebe como parâmetro um conjunto de latitudes, longitudes, datas e horas. É um método com um tratamento idêntico ao anterior com a exceção de iterar sobre os vários pontos recebidos por parâmetro. É devolvida a informação meteorológica e orográfica do conjunto de pontos compreendidos nos parâmetros. Será incrementado o contador do *Token* tanto quanto o número de pontos compreendidos na lista. Da mesma forma que o método anterior, é recebida uma *Flag* “*search*” que apenas força o processo de verificação do ponto ao sistema de logística da Mobleet caso seja positiva. A *Flag* “*search*” por defeito tem o valor “*True*”.

RF12 - Calcular pontos adversos numa rota

Name	RF12 – Calcular pontos adversos numa rota
Summary	Este método calcular e devolver os pontos adversos dada uma rota
Requirements	Validação do <i>Token</i> da empresa que realiza o pedido
API EndPoint	
Mapping	POST /trip/response=''&threshold='2'&criteria='distance'

Expected Input	response – Payload em JSON que recebe as instruções e indicações relativas à rota. Threshold – Limite numa escala de 1 a 5 que classifica um ponto na rota como adverso. Criteria – índices de segmentação da rota entre pontos (<i>distance, time, both</i>)
Expected Output	<pre>{ "\$schema": "http://json-schema.org/draft-04/schema#", "type": "object", "properties": { "Mensagem": {"type": "string"}, "Pontos": { "type": "object", "properties": { "0": { "type": "object", "properties": { "latitude": {"type": "string"}, "longitude": {"type": "string"}, "dt": {"type": "string"}, "temp": {"type": "number"}, "rain": {"type": "number"}, "wind_speed": {"type": "number"}, "wind_deg": {"type": "number"}, "visibility": {"type": "number"}, "snow": {"type": "number"}, "humidity": {"type": "number"}, "pressure": {"type": "number"}, "alt": {"type": "number"}, "TipoEstrada": {"type": "string"}, "traf_index": {"type": "integer"} } }, "1": { "type": "object", "properties": { "Latitude": {"type": "string" }, "Longitude": {"type": "string" }, "dt": {"type": "string" }, "temp": {"type": "number" }, "rain": {"type": "integer"}, "wind_speed": {"type": "number" }, "wind_deg": {"type": "integer"}, "visibility": {"type": "integer"}, "snow": {"type": "integer"}, "humidity": {"type": "integer"}, "pressure": {"type": "integer"}, "alt": {"type": "string" }, "traf_index": {"type": "integer"}, "TipoEstrada": {"type": "string" } } } } } } }</pre>

Calcular pontos adversos numa rota – Recebe como parâmetro um payload em JSON relativo a uma rota do Here API, um *threshold* e um critério de divisão de pontos. Após a verificação do *Token* quanto a sua validade, é dividida a rota (contida no payload) segundo o

critério de divisão que varia entre distância (20 em 20 quilómetros), tempo (15 em 15 minutos) ou uma junção dos dois (é marcado um ponto caso sejam feitos 20 quilómetros ou 15 minutos). Para cada um dos pontos são calculados as suas condições meteorológicas e orografia através da Mobleet Weather API e obtido o seu índice meteorológico. Caso o índice seja maior que o *threshold*, o ponto é considerado adverso. Finalmente é devolvida a lista dos vários pontos adversos encontrados na rota e respetiva informação meteorológica e orográfica. Caso não existam pontos adversos a empresa é devidamente informada. O contador do *Token* é incrementado o tanto quanto o número de pontos compreendidos na rota.

RF13 - Calcular atraso devido às condições meteorológicas

Name	RF13 – Calcular atraso devido às condições meteorológicas
Summary	Este método permite calcular o atraso de uma rota considerando as condições meteorológicas da mesma
Requirements	Validação do <i>Token</i> da empresa que realiza o pedido
API EndPoint	
Mapping	POST /vel/response=''&threshold='60'
Expected Input	response – <i>Payload</i> em JSON que recebe as instruções e indicações relativas à rota. Threshold – Limite máximo em minutos que o atraso da viagem, causado pelas condições climáticas, pode atingir
Expected Output	<pre>{ "\$schema": "http://json-schema.org/draft-04/schema#", "type": "object", "properties": { "Pontos": { "type": "object", "properties": { "0": { "type": "object", "properties": { "Hora chegada Inicial ao Ponto": {"type": "string"}, "Hora de chegada Real ao Ponto": {"type": "string"}, "Atraso": {"type": "integer"}, "traf_index": {"type": "integer"} } }, "1": { "type": "object", "properties": { "Hora chegada Inicial ao Ponto": {"type": "string"}, "Hora de chegada Real ao Ponto": {"type": "string"}, "Atraso": {"type": "integer"}, "traf_index": {"type": "integer"} } }, "2": { "type": "object", </pre>

	<pre> "properties": { "Hora chegada Inicial ao Ponto": {"type": "string"}, "Hora de chegada Real ao Ponto": {"type": "string"}, "Atraso": {"type": "integer"}, "traf_index": {"type": "integer"} } }, }, "Partida": {"type": "string" }, "Chegada Inicial": {"type": "string" }, "Chegada real": {"type": "string" }, "Atraso(segundos)": {"type": "integer"}, "Mensagem": {"type": "string" } } } </pre>
--	---

Calcular atraso relativo às condições meteorológicas – Recebe como parâmetro um payload em JSON relativo a uma rota do Here API e um *threshold* relativo ao atraso limite que pode ser causado (em minutos) pela diminuição da velocidade. Após ser feita a verificação do *Token* da empresa, são calculados os pontos da viagem recebida a partir de um intervalo distância. Posteriormente é calculado para o próximo ponto, o seu índice meteorológico de 1 a 5, sendo 1 um ponto sem qualquer anomalia meteorológica e 5 um ponto totalmente intransitável. O índice meteorológico indica a percentagem de redução da velocidade do veículo entre o ponto anterior e o próximo ponto, isto é, tendo em consideração o ponto seguinte relativo ao ponto em que o veículo possa estar, a redução da velocidade do veículo é proporcional ao índice do ponto. Caso o índice seja 1 não há qualquer redução da velocidade, caso seja 2 há uma diminuição de 25%, caso 3 reduz-se 50%, caso 4 há uma redução de 75% e em caso 5 é automaticamente pedido para recalculer a rota dado que esse ponto é intransitável. É obtido o tempo de atraso do segmento e esse tempo é adicionado ao tempo previsto em que o veículo passaria no próximo ponto. São calculadas as condições meteorológicas e orográficas nos próximos pontos tendo em consideração o atraso dos pontos anteriores. É realizado um somatório dos tempos adicionais em cada segmento da viagem, provocado pela diminuição da velocidade. Caso a diferença entre a chegada que considera o atraso causado pelas condições meteorológicas e a chegada inicialmente prevista exceda o *threshold*, o prazo limite de entrega não será cumprido pelo que se deve proceder ao recálculo da rota. O método devolve para cada ponto o tempo de partida, o tempo de chegada definido inicialmente prevista pelo Here API, a chegada real e o atraso em segundos. Devolve também, relativo à viagem total, o tempo de partida, o tempo de chegada inicialmente previsto pelo Here API, o tempo real de chegada, o atraso total em segundos e uma mensagem que indica a eventual necessidade de recalculer a rota.

Apêndice C - Avaliação API's Meteorologia

Posteriormente estabeleceram-se parâmetros para a classificação das APIs, e para cada um desses parâmetros foi atribuída uma classificação de 1 a 5 correspondente do grau de classificação de cada um. Os parâmetros eleitos foram os seguintes:

- Suporte – Referente à documentação disponível nos sites de cada API. A facilidade de encontrar a informação desejada e como esta está estruturada. Também se refere a eventuais instruções que auxiliem a implementação das chamadas às APIs (1- Totalmente incompreensível e difícil de navegar, 2- Pouco compreensível e difícil de navegar, 3- Razoavelmente Compreensível embora difícil de navegar, 4- Compreensível e de navegação razoável, 5- Totalmente compreensível e fácil de navegar)
- *Pricing* – Relativo ao leque de opções fornecidas de pricing (1- Uma, 3-Grátis-Profissional-Empresarial, 5-Mais do que as opções básicas) *
- Facilidade de implementação – Facilidade de realização de chamadas (1- Difícil, 3-Médio, 5-Fácil) *
- Dados Históricos – Dados históricos adicionais para além daqueles mencionado nas tabelas acima que possam ser adaptados para um projeto futuro (1- Sem qualquer adição, 2- Poucas adições, 3-Algumas adições, 4-bastantes adições, 5-Muita informação adicional)
- Previsão Forecast – Dados que correspondem aos que são pretendidos para o projeto, para realizar a previsão de uma viagem (1- Ausência total dos dados, 2-Poucos dados, 3-Quantidade satisfatória de dados, 4-Muitos dados, 5-Presença total dos dados)

*Para estes parâmetros é redundante ou difícil definir pontos intermédios entre o ponto médio e o extremo.

Para cada parâmetro foi atribuída uma cotação, confirmada pelo representante da RedOcean, tendo em conta o grau de importância dos mesmos.

Com uma maior cotação (65%), tem-se a Previsão Forecast que compreende os dados nucleares do projeto, daí ter um maior peso.

Ao Suporte e a Facilidade de implementação foram atribuídos 5% dada a pouca relevância para o trabalho que está a ser desenvolvido.

Finalmente definiram-se 10% e 15% para os Dados Históricos e Pricing respetivamente sendo que estes poderão ser pertinentes para projetos ou referencias futuras.

Tabela 13 – Chamada meteorológica para o histórico dos 5 dias anteriores

Parâmetros	Peso
Suporte	5%
<i>Pricing</i>	15%
Facilidade de implementação	5%
Dados Históricos	10%
Previsão Forecast	65%

Foram atribuídos valores, como definido acima, a todas as características para cada *API* com o objetivo de determinar um valor final. Para obter este resultado, vai ser necessário a realização de cálculos entre os valores atribuídos a cada funcionalidade e a respetiva ponderação. O produto final obtido vai servir para uma comparação mais direta das *APIs*.

Tabela 14 – Chamada meteorológica para o histórico dos 5 dias anteriores

Parâmetros/APIs	Accu Weather	Open WeatherMap	Weatherbit	Visual Crossing
<i>Suporte</i>	4	4	4	2
<i>Pricing</i>	5	5	5	3
<i>Facilidade de implementação</i>	3	5	5	5
<i>Dados Históricos</i>	1	1	4	5
Previsão Forecast	1	4	5	5
Avaliação $\sum(x*y)$	1.85	3.9	4.85	4.55

Seguidamente serão efetuados cálculos para cada *API* com o propósito de perceber qual a completa para o estudo. A equação abaixo representa a fórmula foi utilizada, que pode ser descrita como um somatório de produtos entre o valor da *API* num parâmetro e a ponderação do mesmo, representados respetivamente por x e y .

$$\sum (x * y)$$

O VisualCrossing e o Weatherbit destacam-se de forma positiva em relação às restantes frameworks. Por outro lado, o AccuWeather destacou-se igualmente por razões opostas, obtendo 1.85 na cotação geral. A grande discrepância entre os resultados destas *API* deve-se à avaliação atribuída no parâmetro de “Previsão Forecast”, visto que é o mais pertinente e relevante.

Todas estas soluções apresentam pelo menos três planos, sendo estes o gratuito, um plano intermédio, e um último plano empresarial normalmente mais caro, mas com mais funcionalidades e recursos disponíveis.

Para o projeto em questão decidiu-se utilizar a vertente gratuita de cada uma das APIs selecionadas, pelo que o AeriWeather foi descartado por não apresentar uma possibilidade de utilização gratuita.

Associado ao plano gratuito é fornecida uma chave da API que deve ser utilizada aquando da realização de uma chamada à mesma, e a essa chave está igualmente associado um limite de chamadas.

O limite de chamada de cada uma das APIs está representado na tabela abaixo.

Tabela 15 – Chamadas do plano gratuito de cada API

API	Chamadas do plano gratuito
Accuweather	50/dia
Weatherbit	500/dia
VisualCrossing	1 000/dia ^{2*}
OpenWeatherMap	86 400/dia (60/minuto)

² não se refere ao número de chamadas, mas ao valor do custo de chamada. Existem chamadas que custam mais que as outras. Este tema será abordado mais à frente.