



Representação, visualização e gestão de dados de redes móveis em sistemas de informação geográficos

GABRIELA PATRÍCIA PINTO MARINHO

Outubro de 2018

Representação, visualização e gestão de dados de redes móveis em sistemas de informação geográficos

Gabriela Patrícia Pinto Marinho

**Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia Informática, Área de Especialização em
Engenharia de Software**

Orientador: Nuno Miguel Gomes Bettencourt

Júri:

Presidente:

[Nome do Presidente, Categoria, Escola]

Vogais:

[Nome do Vogal1, Categoria, Escola]

[Nome do Vogal2, Categoria, Escola] (até 4 vogais)

Porto, outubro 2018

Resumo

No decorrer dos últimos anos tem-se verificado um crescimento nas dimensões e lógica das redes móveis, o que leva também ao aumento da complexidade e sofisticação dos equipamentos da mesma.

Com este crescimento, torna-se cada vez mais difícil realizar uma análise aos dados de configuração e performance de uma rede, de forma correta, centralizada e em tempo útil.

A presente dissertação tem como objetivo desenvolver uma solução de correlação, análise e visualização centralizada dos dados da rede, atribuindo mais valor à informação disponível sobre a mesma e resolvendo o problema de extração do conhecimento útil a partir da informação disponível. No decorrer deste trabalho são estudadas diferentes técnicas e formas de representação para grandes volumes de dados e avaliado o seu impacto na agilização das tarefas de análise de uma rede. Foram desenvolvidos três tipos de gráficos: histograma, gráfico de barras e *scatterplot*. Os gráficos desenvolvidos foram avaliados quanto à sua performance com conjunto de dados de diferentes dimensões.

Com o propósito de avaliar a performance da solução, bem como o desempenho dos diferentes tipos de visualização e a sua utilidade, foram efetuados inquéritos junto de potenciais utilizadores, tendo se concluído que estes melhoram e facilitam o processo de análise.

Palavras-chave: Rede Móvel, Performance, Visualização, Telecomunicações, Análise

Abstract

Over the last few years, there has been a growth in the dimensions and logic of mobile networks, which leads to an increase in the complexity and sophistication of the network equipment.

With this growth, it becomes increasingly difficult to properly analyse the configuration and performance data of a network correctly and in due time.

The purpose of this dissertation is to propose a solution that allows centralized correlation and visualization of the network data, by assigning more value to the information available on it and solving the problems of extracting useful knowledge from the available information.

In the course of this work, different techniques and representation methods for large volumes of data and their impact on the performance of network analysis tasks were studied. Three chart types were developed: histogram, bar chart and scatterplot. The developed charts were evaluated for their performance with data sets of different dimensions.

In order to evaluate both the performance of the solution and the different types of visualization, plus its usefulness to the user, inquiries were made to potential users and it has been concluded that the tool improves and simplifies the analysis process.

Keywords: Mobile Network, Performance, Visualization, Telecommunications, Analysis

Agradecimentos

Em primeiro lugar, agradeço ao Instituto Superior de Engenharia do Porto e a todos os seus docentes, em especial aos do Departamento de Engenharia Informática por todo o conhecimento transmitido ao longo dos cinco anos em que frequentei esta instituição e por toda a sua disponibilidade para com os alunos. Agradeço em especial ao professor Nuno Bettencourt por toda a ajuda e orientação fornecida durante a elaboração deste documento e de todo o trabalho a este associado.

Gostava também de agradecer à Celfinet pela oportunidade de desenvolver este trabalho em parceria com eles e em especial a todos os meus colegas de trabalho por toda a preocupação, motivação e disponibilidade que sempre tiveram para comigo.

Não posso também deixar de agradecer a todos os amigos que me acompanharam desde o primeiro dia neste instituto, fazendo com que estes cinco anos tenham sido inesquecíveis, e que de uma forma ou outra contribuíram para que eu complete mais esta etapa.

Por último, mas não menos importante, agradeço à minha família por todo o apoio que me prestaram ao longo de toda a minha existência. Agradeço aos meus pais, Alberto Marinho e Filomena Pinto, que sempre fizeram tudo o que se encontrava ao seu alcance para que eu atingisse todos os meus objetivos, aos meus irmãos, Hugo Marinho e Nuno Marinho, por serem o meu maior exemplo e por me fazerem sempre acreditar que podia fazer mais e que podia fazer melhor, à minha cunhada, Iana Matveeva, por todas as palavras de incentivo e ao meu namorado, Diogo Silva, por todo o amor, compreensão e apoio que me prestou ao longo de todo o meu percurso académico.

A todos, o meu muito obrigada!

Índice

1	Introdução	1
1.1	Contexto	1
1.2	Problema	3
1.3	Objetivos	4
1.4	Hipóteses	5
1.5	Abordagem preconizada	6
2	Estado de Arte	9
2.1	Visualização de Informação	9
2.1.1	Processo de visualização	10
2.1.2	Perceção	11
2.1.3	Técnicas de Visualização de Informação	12
2.1.4	Tipos de Representação	13
2.2	Consumo de energia	16
2.3	Algoritmos de Previsão	18
2.4	Ferramentas de representação geográfica	19
2.4.1	GeoMap	20
2.4.2	SmartNetwork	22
2.4.3	Comparação entre ferramentas geográficas	23
2.5	Ferramentas e tecnologias	24
2.5.1	PostgreSQL	24
2.5.2	Geoserver	24
2.5.3	PostGIS	25
2.5.4	ECMAScript 6	25
2.5.5	TypeScript	25
2.5.6	ReactJS	25
2.5.7	ESLint	25
2.5.8	OpenLayers	25
2.5.9	D3	26
2.6	Indicadores	26
2.7	Arquitetura de desenvolvimento	27
3	Contexto	29
3.1	The new concept development model (NCD)	30
3.1.1	Identificação de Oportunidade	31
3.1.2	Análise da Oportunidade	31

3.1.3	Geração de Ideias e Enriquecimento	31
3.1.4	Seleção de Ideias	32
3.1.5	Definição do Conceito	32
3.2	Benefícios para o cliente	33
3.3	Rede de valor	33
3.4	Método AHP (Analytic Hierarchy Process)	34
3.5	Proposta de valor	35
3.6	Modelo CANVAS.....	35
4	<i>Desenho</i>	39
4.1	Desenho da solução.....	39
4.2	Arquitetura da solução	41
5	<i>Implementação</i>	45
5.1	<i>Workflow</i>	45
5.2	<i>Widgets</i>	47
5.2.1	Gráfico de barras	50
5.2.2	Gráfico de scatterplot	52
5.2.3	Gráfico histograma	55
6	<i>Avaliação</i>	57
6.1	Inquéritos de satisfação	58
6.2	Questionários sobre o conteúdo e usabilidade	64
6.3	Testes de usabilidade	65
6.4	Comparação de dados de performance	65
6.5	Testes	66
7	<i>Conclusões</i>	67
	<i>Referências</i>.....	71
	<i>Anexos</i>	76
	Anexo A –Inquérito de Satisfação	76

Lista de Figuras

Figura 1 - Utilizadores de dispositivos móveis a nível mundial. (Statista, 2018).....	2
Figura 2 - Processo de visualização de informação. (Card, et al., 1999).....	10
Figura 3 - Técnicas de visualização de informação. (Keim & Ward, 2003)	12
Figura 4 - Exemplo de um gráfico de barras.	13
Figura 5 - Exemplo de Bullet Graph.	14
Figura 6 - Exemplo de Histograma.....	14
Figura 7 - Exemplo de gráfico de densidade.....	14
Figura 8 - Exemplo de Mapa de Pontos.	15
Figura 9 - Exemplo de Box Plot.	15
Figura 10 - Exemplo de <i>Heatmap</i>	15
Figura 11 - Exemplo de <i>Scatterplot</i>	16
Figura 12 - Exemplo de Diagrama de Venn.....	16
Figura 13 - Consumo de energia nas redes móveis (Fettweis & Zimmermann, 2008)....	17
Figura 14 - Exemplo de uma série estacionária e de uma série não-estacionária.	18
Figura 15 - <i>Flowchart</i> para auxílio na construção de modelos ARIMA.....	19
Figura 16 - Topologia de rede no GeoMap.	21
Figura 17 - Relações entre células vizinhas no GeoMap.....	22
Figura 18 - Processo de inovação (Nicola, 2017).	29
Figura 19 - Modelo NCD segundo Peter Koen.	30
Figura 20 - Modelo Canvas do negócio.....	37
Figura 21 - Protótipo de um cenário da aplicação a desenvolver.	40
Figura 22 - Diagrama de componentes do GeoMap.....	41
Figura 23 - Diagrama de componentes do componente GeoMapUI.	42
Figura 24 - Diagrama de componentes da opção arquitetural um.	42
Figura 25 - Diagrama de componentes referente à segunda opção arquitetural.	43
Figura 26 - Barra lateral GeoMap.	46
Figura 27 - Diagrama de atividades para a criação de um gráfico.....	47
Figura 28 - Diagrama de classes da solução a alto nível.	48
Figura 29 - Implementação inicial do menu de interação.	49
Figura 30 - Implementação final do menu de interação – “New widget”.....	49
Figura 31 - Implementação final do menu de interação – “User widgets”.....	50
Figura 32 - Diagrama de classes para o gráfico de barras.	50
Figura 33 - Primeira implementação do gráfico de barras.	51
Figura 34 - Implementação final do gráfico de barras.....	51
Figura 35 - Diagrama de classes para o gráfico <i>scatterplot</i>	53
Figura 36 - Primeira implementação do <i>Scatterplot</i>	53
Figura 37 - Funcionalidade "color ranges".....	54
Figura 38 - Menu de dados estatísticos.	54
Figura 39 - Diagrama de classes para o gráfico histograma.	55
Figura 40 - Implementação final do histograma.....	56

Figura 41 - Resultados obtidos sobre a análise de dados na ferramenta.	59
Figura 42 - Resultados obtidos sobre a capacidade de customização da solução.	59
Figura 43 - Resultados obtidos sobre a diversidade de gráficos disponíveis.	60
Figura 44 - Gráfico sobre a performance da solução consoante o volume de dados.	60
Figura 45 - Resultados obtidos sobre o quão intuitiva é a utilização da solução.	61
Figura 46 - Gráfico da necessidade de recorrer a outras ferramentas de análise.	61
Figura 47 – Gráfico da utilidade da ferramenta na análise de dados.	62
Figura 48 - Gráfico sobre a facilidade e redução do tempo de análise.	62
Figura 49 - Resposta sobre qual o maior valor que a solução acrescenta.	63

Lista de Tabelas

Tabela 1 - Comparação entre as características das ferramentas GIS.	23
Tabela 2 - Tecnologias utilizadas.	24
Tabela 3 - Comparação sacrifício/benefício.	33
Tabela 4 - Abordagens vs Caracterização das diferentes arquiteturas.	43
Tabela 5 - Exemplos de perguntas do inquérito de satisfação.....	58
Tabela 6 - Exemplo de questionário sobre o conteúdo.....	64
Tabela 7 - Resultados obtidos após o questionário de conteúdo e usabilidade.	65

Índice Listagem de Código

Listagem de código 1 - Exemplo de instanciação do componente dos widgets.	48
Listagem de código 2 - Instanciação da funcionalidade de brush.	52
Listagem de código 3 - Criação de uma escala no gráfico <i>Scatterplot</i>	53
Listagem de código 4 - Função de cálculo da distribuição acumulada.	56

Acrónimos e Símbolos

Lista de Acrónimos

ACF	Fator de Auto correlação
ARIMA	<i>Auto-Regressive Integrated Moving Average</i>
ARMA	<i>Auto-Regressive Moving Average</i>
BBOX	<i>Bounding-Box</i>
CMMI-DEV	Modelo integrado de Maturidade em Capacitação - Desenvolvimento
CSS	<i>Cascading Style Sheets</i>
CSV	<i>Comma-Separated Values</i>
DEV	Desenvolvimento
FEE	<i>Fuzzy Front End</i>
GIS	<i>Geographic Information System</i>
GSM	<i>Global System for Mobile communications</i>
HTML	Linguagem de Marcação de Hipertexto
ISO	Organização Internacional de Normalização
LTE	<i>Long-Term Evolution</i>
NCD	<i>New Concept Development</i>
NPD	<i>New Product Development</i>
PACF	<i>Partial Autocorrelation Factor</i>
PO	<i>Product Owner</i>
POC	<i>Proof Of Concept</i>
PROD	Produção
QC	Controlo de Qualidade

QoE	<i>Quality Of Experience</i>
QoS	<i>Quality Of Service</i>
RAN	<i>Radio Access Network</i>
SVG	<i>Scalable Vector Graphics</i>
UMTS	<i>Universal Mobile Telecommunications System</i>

1 Introdução

Neste capítulo será realizada uma breve introdução ao contexto no qual se enquadra a elaboração desta dissertação, de seguida será explicado qual o problema que se procura solucionar, passando depois para a definição de objetivos do trabalho, bem como um pequeno guia da abordagem a ser utilizada. O desenvolvimento deste trabalho será realizado em ambiente laboral, com integração na Celfinet¹, uma empresa da área de telecomunicações, orientada para a vertente das redes móveis centrada no desenvolvimento de software e de soluções de engenharia, onde se irá desenvolver uma ferramenta designada por Widgets.

1.1 Contexto

“Data usage has been increasing dramatically, a trend that is expected to continue in the year ahead.” (Wigginton, 2017)

Nos últimos anos, a utilização de dispositivos móveis como telemóveis, *tablets* e *smart watches* tem vindo a aumentar, como é possível comprovar ao analisar o gráfico da Figura 1, e estes estão cada vez mais enraizados na sociedade.

Em conjunto com este crescimento e com todos os avanços tecnológicos, começou a ser frequente a utilização de dispositivos móveis para cumprir diversas tarefas, como a realização de pagamentos de serviços ou compras (LLC., 2016). Com o crescimento da utilização deste tipo de dispositivos, surge também uma necessidade por parte do mercado de telecomunicações em acompanhar esta evolução, de modo a fornecer sempre o melhor serviço possível (Mercieca, et al., 2016). Os avanços que têm existido nesta área tecnológica possuem um impacto elevado na utilização de dispositivos de rede móvel, sendo um grande desafio para os diferentes operadores móveis.

¹ <https://www.celfinet.com/>

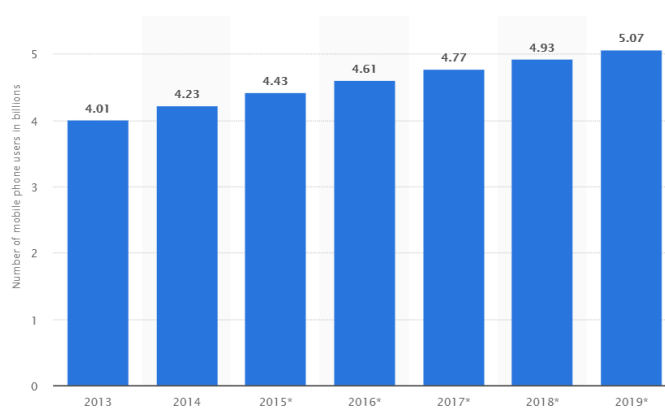


Figura 1 - Utilizadores de dispositivos móveis a nível mundial. (Statista, 2018)

Com o aumento do consumo de dados móveis por parte dos utilizadores, surge então a necessidade de um aumento da capacidade ao nível da rede móvel de modo a suportar chamadas de voz, *streams*², videochamadas, *downloads*³/*uploads*⁴ e mais um vasto leque de funcionalidades que fazem parte do dia-a-dia do consumidor (Gershon, 2001). A existência de uma rede móvel mais robusta e mais complexa, acrescenta um nível de dificuldade à sua configuração. Considerando a complexidade atual de uma rede de telecomunicações, é crucial conseguir correlacionar informação proveniente de diversas fontes, para que seja possível fornecer às equipas de engenharia uma forma mais simples de analisar e otimizar a mesma.

Inicialmente, os operadores guardavam toda a informação relativa à sua rede móvel em mapas impressos, diagramas e relatórios. Esta informação era única e estava muitas vezes distribuída por diferentes departamentos dentro do operador. Isto significava que, quando ocorresse um problema na rede ou existisse a necessidade de realizar manutenção sobre esta ou até só mesmo aceder à informação de configuração de uma determinada antena, seria necessário localizar dentro da empresa o paradeiro do documento que se necessitava e de seguida proceder à sua interpretação e análise. A análise podia por vezes ser um processo penoso, uma vez que os dados nem sempre estavam atualizados, o que obrigava à realização de inspeções no terreno, representando um custo avultado (Longley, et al., 2005). Aliando a complexidade das redes móveis com a necessidade crescente no mercado das telecomunicações em reduzir os custos e consumos de energia, levantou-se a necessidade de investigação e inovação nesta área.

De modo a ser possível responder a esta necessidade de inovação, foi necessário recorrer à utilização de sistemas de informação geográfica. Estas plataformas são um ponto chave uma vez que permitem aos engenheiros *Radio Access Network* (RAN)

² Tecnologia utilizada para distribuir conteúdo (vídeo/áudio) para computadores e dispositivos móveis através da internet de uma forma contínua e quase imediata para o utilizador.

³ Obtenção de conteúdo de um servidor/internet.

⁴ Enviar conteúdo para um servidor/internet.

uma visualização da topologia de rede, tendo em conta os dados de configuração, desempenho e consumo da mesma.

1.2 Problema

“Connectivity, competition and convergence are redefining every aspect of the telecom sector, from the way networks are designed, built and maintained, to the content flowing through and, ultimately, the channels that enable users to access services.” (Mercieca, et al., 2016)

A complexidade do processo utilizado para análise, arquivo e correlação dos dados de uma rede móvel bem como os elevados custos a si associados levantou a necessidade de repensar o método utilizado para documentar e gerir as redes.

Foi com o intuito de solucionar e otimizar o processo referido no ponto 1.1 que surgiu a integração de ferramentas de *Geographic System Information* (GIS) nesta área.

Estas ferramentas possibilitam uma visualização de toda a rede móvel, bem como da sua configuração, disposta de uma forma intuitiva. Facilitam o entendimento e análise da informação, resolvendo os problemas de partilha da mesma e de dados desatualizados.

Hoje em dia, estas ferramentas são de uso cada vez mais comum, e funcionam como um auxílio para os engenheiros de RAN nas suas tarefas diárias de planeamento e otimização de rede, avaliação dos seus parâmetros e garantir o seu bom funcionamento. São também uma fonte de lucro para as organizações, uma vez que, o tempo despendido e o custo em inspeções no terreno são reduzidos.

Apesar da utilização de ferramentas do tipo GIS solucionar alguns dos problemas base da área de telecomunicações, estas por si só, não permitem a visualização de uma forma genérica de todos os parâmetros e configurações de uma rede.

Atualmente, a área de telecomunicações é responsável por cerca de 10% do consumo anual de energia ao nível global (Lambert, et al., 2012), sendo este um dos parâmetros de rede de mais difícil análise, uma vez que depende do valor de diversos outros componentes da rede, mesmo com recurso às ferramentas GIS.

“We’re now using AI to help make our global network more secure, self-healing and self-resilient.” (Yu, 2017)

Para endereçar as questões relacionadas com cobertura, uma representação geográfica da rede móvel bem como a sua configuração/topologia são aspetos fundamentais para um operador móvel.

Com o advento de recentes abordagens de *Machine Learning* ligadas à área da aprendizagem automática supervisionada, os operadores estão a apostar nos algoritmos de previsão e na otimização das suas redes com processos autónomos.

“In Ireland, the operator is working with Cisco in what Vodafone described as the first trial using machine-learning algorithms in a C-SON to determine where 3G traffic will peak in the subsequent hour through monitoring data processing and pattern recognition.” (Europe, 2017)

Tudo isto proporciona novos desafios na área da representação/visualização/gestão deste conteúdo, em conjunto com a sua representação geográfica.

O objetivo desta dissertação é conciliar um trabalho consistente e inovador ligado à área da aprendizagem automática, desenvolvido no departamento de Pesquisa e Desenvolvimento da Celfinet, juntamente com uma ferramenta de representação geográfica de informação. A solução a desenvolver deverá assentar sobre a representação gráfica e estatística dos valores obtidos através dos algoritmos de previsão de tráfego e modelos de consumo energético de estações base como dos valores reais dos parâmetros de rede.

Pretende-se também que a plataforma suporte a representação, visualização e gestão de dados de previsão de consumo, que irá abordar entre outros, a produção de gráficos e mapas temáticos numa representação geográfica de modo a facilitar o trabalho do dia a dia dos engenheiros de RAN.

1.3 Objetivos

“The term objective definition implies that the criteria, methodology, and techniques in the definition of droughts are set up in such a way that various people, interpreting them in the same way, will come to the same results for large droughts from the same basic data.” (Yevjevich, 1967)

O componente que irá ser desenvolvido tem como propósito integrar uma plataforma GIS e é dirigido a engenheiros de RAN que possuem conhecimentos básicos de informática, contudo é essencial garantir que esta não se torne algo de complexa utilização. O objetivo desta tese é o desenvolvimento de uma aplicação que facilite a monitorização e configuração de uma rede móvel, simplificando assim a tarefa diária dos engenheiros e reduzindo a hipótese de erro humano, combinado com uma boa performance e simplicidade de representação. Para atingir o objetivo principal, é crucial ter em conta os seguintes fatores: garantir que o tempo de aprendizagem desta ferramenta não seja elevado e que toda a informação seja apresentada de modo a que a sua compreensão e leitura seja simplificada.

Após a identificação do objetivo foi possível, através de reuniões pela parte da empresa com operadoras de telecomunicação, identificar os seguintes sub-objetivos:

- Componente de *widgets* para a representação dos dados de consumo de energia de sites de telecomunicações;
- Otimizar a experiência de utilização;
- Integração da interface de representação numa plataforma de gestão e configuração de uma rede de telecomunicações;
- Correlacionar informação de dados de configuração, dados de desempenho e de consumo de energia;
- Providenciar novos modos de visualização de modo a facilitar a análise de sites⁵, dentro de uma plataforma de representação geográfica;
- Visualização da correlação entre indicadores de performance da rede (acessibilidade, mobilidade e permanência da sessão).

1.4 Hipóteses

“As hipóteses, respostas possíveis e provisórias em relação às questões de pesquisa tornam -se também instrumentos importantes como guias na tarefa de investigação” (LAKATOS & MARCONI, 1995)

Com o objetivo de testar o trabalho desenvolvido e de acordo com os objetivos definidos na secção 1.3, foram formalizadas as hipóteses que serão descritas em seguida.

Um dos objetivos desejados para a ferramenta a desenvolver passa por avaliar que através da aplicação de métodos e tipos de representação claras e adequadas ao tipo de visualização é possível facilitar a interpretação e correlação de dados complexos do negócio, acrescentando-lhes mais valor. Tendo como base este requisito, foi possível formular a hipótese um:

1. **Hipótese Um:** Verificar a possibilidade de, através da informação fornecida pela aplicação, obter conclusões sobre o estado da rede móvel e possíveis anomalias na mesma. Esta hipótese tem como intuito analisar a adequabilidade e utilidade da solução;
 - a. **Hipótese nula:** pretende-se rejeitar a hipótese de a informação fornecida pela aplicação não permite tirar conclusões de uma análise à informação;

⁵ Infraestrutura de telecomunicações constituída na generalidade por uma estação base, antenas e sistemas de refrigeração, alarme e energia.

Com o trabalho desta dissertação, pretende-se avaliar como a performance da solução se irá comportar quando lidar com elevado número de dados e também com um menor volume, garantindo que o produto final da mesma possui uma performance rápida em qualquer um dos casos. Para tal foi possível elaborar a hipótese dois:

2. **Hipótese Dois:** Verificar a possibilidade de criação de uma solução que interaja com uma plataforma de GIS, sendo capaz de operar com um elevado volume de dados, sem problemas de *render* dos componentes, bem como de atualização do mapa/*widget*. Esta hipótese pretende testar a performance e a qualidade do software;
 - a. **Hipótese nula:** pretende-se rejeitar a hipótese de, consoante o volume de dados da aplicação é aumentado, os valores de performance da mesma vão diminuindo de forma abrupta, significando isto que a performance está a piorar de uma forma considerável com esse aumento;
 - b. **Hipótese alternativa:** pretende-se comprovar que, conforme o volume de dados vai aumentando, os valores de performance se mantêm, demonstrando que o componente continua a ter uma boa performance sem depender do volume de dados;

Por último é esperado que a solução a desenvolver seja capaz de eliminar a utilização de outras ferramentas para análise dos dados de configuração e performance de uma rede, bem como agilizar o processo e diminuir a possibilidade de erro humano na análise. Com base neste tópico, foi possível formular a seguinte hipótese.

3. **Hipótese Três:** Verificar que com o recurso aos widgets, o utilizador procura outras ferramentas complementares ou alternativas na realização do seu trabalho. Esta hipótese pretende testar a usabilidade e desejabilidade da solução;
 - a. **Hipótese nula:** Igual utilização de outras ferramentas de análise;
 - b. **Hipótese alternativa:** Maior utilização dos widgets;

1.5 Abordagem preconizada

A realização deste projeto iniciou-se pela identificação do problema a resolver, este deu-se através da manifestação de uma operadora de telecomunicações, e de uma definição clara do mesmo, passando de seguida para definição do contexto em que este está inserido para assim entender de uma forma mais clara o problema.

Com o problema identificado e contextualizado, foi então possível utilizar as necessidades expressas pelo cliente e passar à definição do objetivo principal deste trabalho.

Já com o objetivo bem definido, é importante realizar uma análise de valor detalhada ao mesmo para especificar em concreto qual o valor a ser produzido e entregue ao cliente bem como todos os benefícios e sacrifícios que isto trará para ambas as partes.

Apenas com uma análise de valor positiva é que se deve então avançar para a fase seguinte, a de pesquisa e análise dos conceitos teóricos e técnicos relacionados com a solução a desenvolver.

Foi também necessário formular as hipóteses que queremos testar e definir o método de realização do teste que irá validar o produto final deste trabalho.

Por último, é necessário realizar um possível desenho da solução.

2 Estado de Arte

Este capítulo encontra-se dividido em sete subcapítulos. Na primeira parte é realizada uma introdução às técnicas e métodos utilizados para a obtenção de uma representação e visualização de informação gráfica.

Na segunda parte será apresentada uma breve introdução aos algoritmos de previsão de tráfego e a sua importância no ramo das telecomunicações.

Na terceira parte será feita uma introdução aos conceitos relacionados com o consumo de energia nas estações base de uma rede móvel, bem como os métodos utilizados na previsão.

A quarta parte é dedicada às ferramentas de representação geográfica que existem no mercado, analisando as mesmas e realizando uma comparação entre estas ferramentas.

Na secção seguinte são introduzidas as tecnologias utilizadas para o desenvolvimento deste projeto, bem como uma secção sobre as grandezas que devem ser utilizadas para a avaliação do trabalho.

Por último é feita uma pequena introdução à arquitetura do sistema onde o desenvolvimento se irá realizar.

2.1 Visualização de Informação

“A visualização contribui de maneira mais significativa no processo de análise de dados do que na simples observação dos mesmos. Ao organizar dados segundo critérios específicos, com o objectivo final de visualizá-los, acaba-se por obter informações e possibilitar a construção de novos conhecimentos sobre as mesmas” (Alexandre & Tavares, 2007)

A visualização de informação pode ser considerada como sendo uma área emergente que estuda a utilização de formas visuais de representar informação abstrata (Rohrer & Swing, 1997). Segundo (Havre, et al., 2000) quando se pretende representar de forma visual informação é necessário obter um método que seja intuitivo e que em simultâneo tenha em consideração as capacidades percetuais e cognitivas dos utilizadores.

Segundo (Few, 2007) a visualização de informação possui um elevado conjunto de benefícios a si associados, sendo que os que de maior interesse realçar são:

- Permite entender a informação de uma forma mais fácil e rápida;
- Facilita o processamento de informação por parte do leitor;
- Auxilia no desenvolvimento das capacidades cognitivas;
- Auxilia no desenvolvimento dos recursos mentais;
- Simplifica a tomada de decisões;
- Simplifica a comunicação;
- Simplifica a análise dos dados;
- Diminui o tempo e esforço associado às tarefas anteriormente referidas.

Estes benefícios podem também contribuir como bons indicadores a ter em conta durante o processo de criação de um processo de visualização.

2.1.1 Processo de visualização

Segundo os autores (Ware, 2013) e (Card, et al., 1999), a visualização pode ser entendida como um mapeamento de informação para uma visualização passível de ser compreendida pelo ser humano.

O processo de visualização de informação, representado na Figura 2 flui dos dados fonte (*raw data*) e atravessa diversas transformações até chegar ao ser humano, podendo por exemplo variar o tipo de informação e a natureza da mesma. Analisando em mais detalhe a Figura 2, é importante referir que cada uma das setas curvas indicam uma ou mais transformações encadeadas. Já as setas provenientes do ser humano, estão a incidir diretamente nas transformações, com o intuito de representar que estas diferem consoante a pessoa em questão.

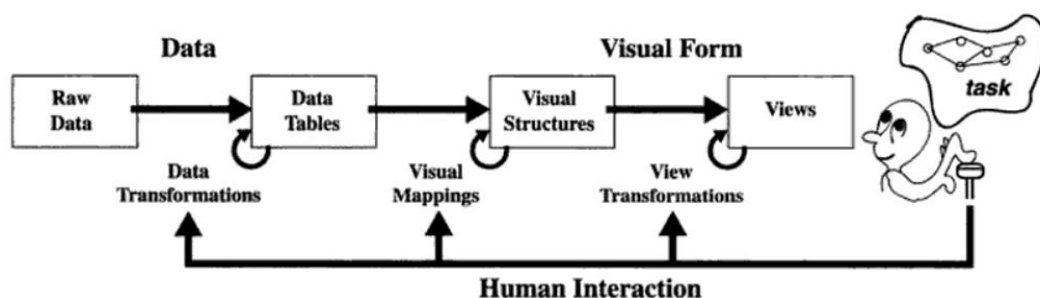


Figura 2 - Processo de visualização de informação. (Card, et al., 1999)

O processo desenvolve-se da seguinte forma. Primeiro, os dados fonte são mapeados para tabelas através de transformações.

De seguida, os mapas visuais (*Visual Mapping*) transformam os dados que se encontra em formato de tabela em estruturas visuais (*Visual Structures*) que combinam informação espacial com propriedades gráficas.

Por último, as transformações de vista (*View Transformations*) criam vistas com base em estruturas visuais através da especificação da posição, escala e recorte.

2.1.2 Perceção

A perceção visual é considerada como sendo o produto final da visão, e consiste na capacidade de interpretação da informação transmitida por um estímulo luminoso. Esta relaciona-se com a visualização de informação pois o intuito da mesma é criar representações que estimulem as propriedades de perceção do ser humano.

A perceção pode ser influenciada em função das características físicas do estímulo.

Segundo a teoria de Gestalt (Chang, et al., 2002), a perceção está ligada a um fator básico de forma e estabilidade e pode ser aplicada através dos seguintes princípios:

- **Pregnância:** esta lei defende que antes de se observar a parte, analisa-se inicialmente o todo;
- **Semelhança:** esta lei refere que todos os elementos que possuam características semelhantes (forma, cor, etc.) tendem a ser agrupados;
- **Proximidade:** esta lei estabelece que elementos que se encontrem a uma proximidade reduzida dentro do mesmo espaço temporal tendem a ser perceptualmente agrupados;
- **Continuidade:** esta lei realça a importância da fluidez numa estrutura. Funciona como um instinto de seguir uma certa direção que é sugerida pelo campo visual aquando da observação, ou seja, um elemento que possuir um padrão contínuo, sem interrupções, possui uma boa compreensão e comunicação dos dados;
- **Closure:** esta lei enuncia que o cérebro humano ao observar uma figura que possua formas inacabadas, tende a realizar o fecho dessas ligações através da análise à sua continuidade;
- **Unidade:** esta lei enuncia a capacidade humana de preencher os espaços vazios e visualizar o item como um todo;
- **Segregação:** esta lei realça a capacidade do cérebro humano em destacar as unidades de um todo.

2.1.3 Técnicas de Visualização de Informação

A visualização de informação está baseada em aglomerados de informação que não possuem toda a informação necessária para o seu entendimento. Com o intuito de ultrapassar essas dificuldades são aplicadas técnicas de representação:

- **Representação 2D/3D:** Esta técnica de representação é caracterizada por representações de gráficos de barras e por referenciais cartesianos (x,y);
- **Representação geometricamente transformada:** Esta técnica de representação procura dentro de um aglomerado de informação transformações possíveis. Uma das suas utilizações passa por analisar estatisticamente valores matriciais bem como a representação de coordenadas paralelamente;
- **Representações icônicas:** Esta técnica de representação pretende mapear os atributos da informação em ícones. Quando utilizada em conjuntos de dados muito preenchidos gera padrões de textura;
- **Representação de pixéis densos:** Esta técnica de representação permite mapear valores dimensionais num determinado pixel com uma determinada cor. Estes são agrupados por áreas e possibilitam a visualização de uma maior quantidade de informação;
- **Representação empilhada:** Esta técnica de representação divide a informação de forma hierárquica e apresenta-a empilhada segundo os critérios hierárquicos.

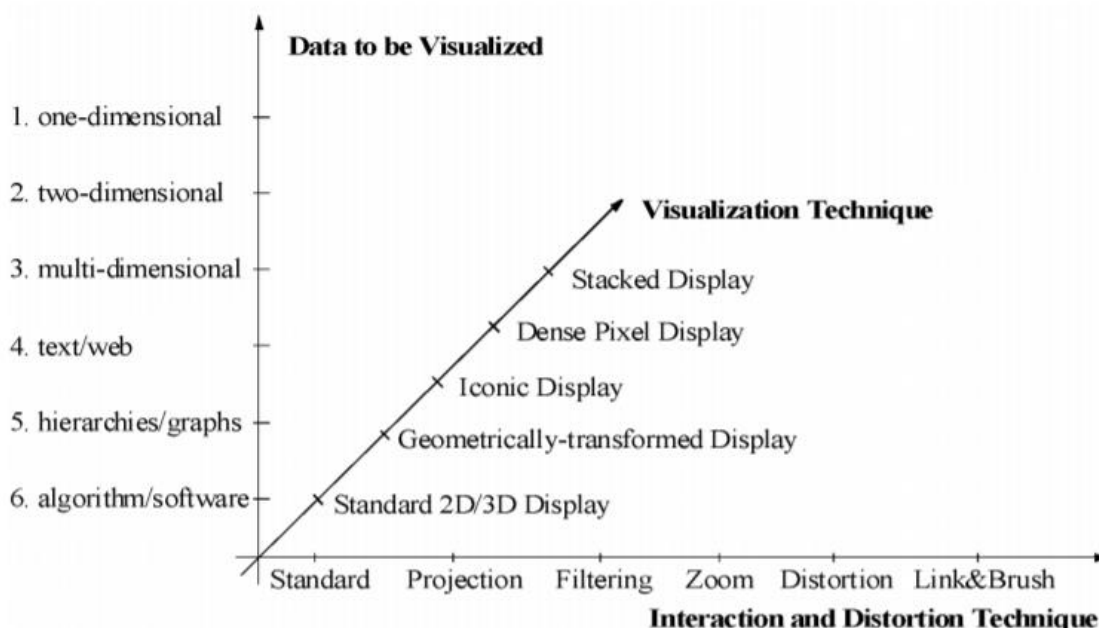


Figura 3 - Técnicas de visualização de informação. (Keim & Ward, 2003)

Essas técnicas de representação são classificadas com bases nos seguintes critérios, tipo de informação, técnica de visualização e a interação e técnica de distorção. Na Figura 3 é possível visualizar um referencial que correlaciona as grandezas utilizadas para a classificação das técnicas de visualização bem como os constituintes de cada uma.

2.1.4 Tipos de Representação

Existem diversas formas e métodos de representar inúmeros tipos de informação, contudo nem todas as formas se adequam a todos os tipos de dados e a todos os objetivos. Os tipos de representação que serão de seguida abordados foram os considerados mais relevantes pela equipa responsável pelo desenho de produto da organização.

O tipo de representação deve variar conforme o tipo de dados representado e o objetivo pretendido. De seguida serão referidos os tipos de representação mais comuns para as necessidades deste trabalho. Os gráficos de barra tanto podem ser representados com barras horizontais como verticais, por norma são utilizados para comparar valores numéricos entre categorias.

Uma das principais desvantagens desta representação é que a categorização se torna complicada quando se trabalha com um elevado número de barras. Na Figura 4 está visível um exemplo deste tipo de gráfico.

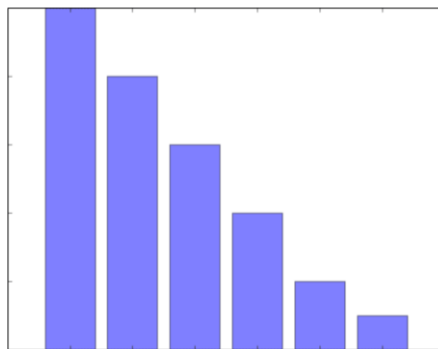


Figura 4 - Exemplo de um gráfico de barras.

Os *Bullet Graph*, representado na Figura 5, são utilizados na representação de dados de performance e possuem mais elementos gráficos de informação do que um simples gráfico de barras;

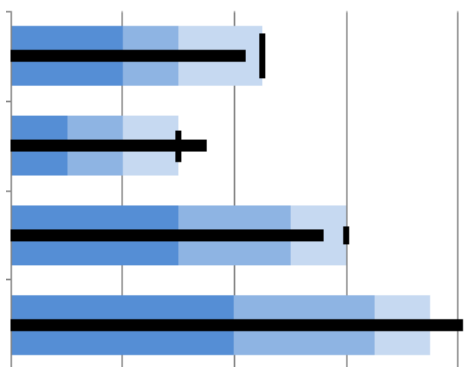


Figura 5 - Exemplo de Bullet Graph.

Os histogramas são utilizados para representar a variação de dados num determinado intervalo de tempo. Nesta representação cada uma das barras representa uma frequência para o dado intervalo. Estes são úteis para demonstrar a concentração dos dados. Na Figura 6 está apresentado um exemplo de histograma;

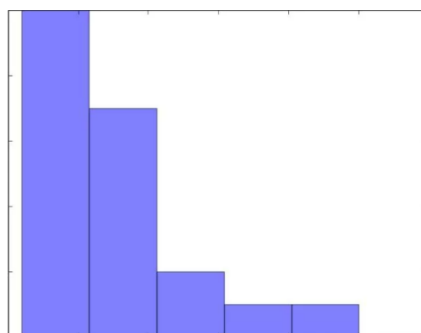


Figura 6 - Exemplo de Histograma.

O gráfico de densidade permite visualizar a distribuição dos dados num intervalo contínuo de tempo. É uma variação melhorada dos histogramas pois utiliza *kernel smoothing*⁶ o que lhe permite ter valores mais filtrados. Um exemplo deste tipo de gráfico está apresentado na Figura 7;

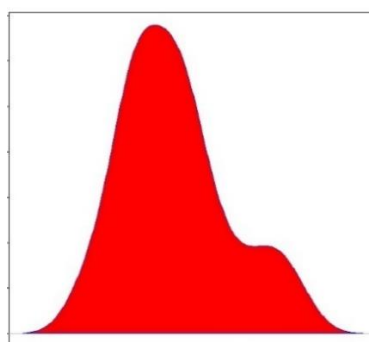


Figura 7 - Exemplo de gráfico de densidade.

⁶ Técnica estatística utilizada para estimar uma função de valores reais.

Os mapas de pontos são bastante úteis na representação de padrões no espaço e também na distribuição de informação. Esta representação tem duas variações: (i) um para um e (ii) um para muitos. São ideais para ver distribuições em contexto geográfico. Na Figura 8 está um exemplo de um mapa de pontos;



Figura 8 - Exemplo de Mapa de Pontos.

Os *Box Plot* são uma forma simples de representar a informação por quartis. Este tipo de representação tem como principal vantagem a baixa ocupação de espaço, o que é útil quando se faz uma comparação entre vários conjuntos de dados. Também podem ser utilizados para representar distribuições. Na Figura 9 está apresentado um exemplo deste tipo de gráfico.

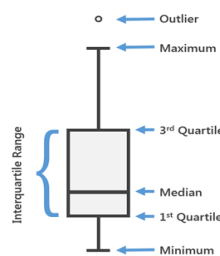


Figura 9 - Exemplo de Box Plot.

O mapa *Heatmap*, apresentado na Figura 10, mostra a informação representada através de variações de cor. Estes podem ser aplicados a tabelas para facilitar a análise de dados que possuem múltiplas variáveis. São indicados para identificar a variância entre várias variáveis e também para encontrar padrões;

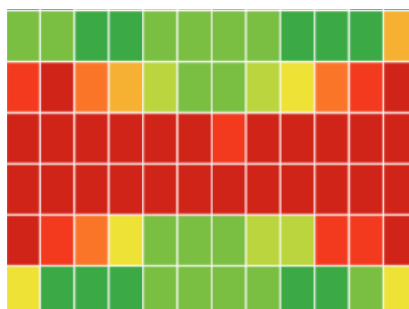


Figura 10 - Exemplo de *Heatmap*.

O *Scatterplot* utiliza conjuntos de pontos posicionados sobre um referencial cartesiano e identificados através de coordenadas para representar correlações entre duas variáveis. Na Figura 11 é apresentado um exemplo deste gráfico;

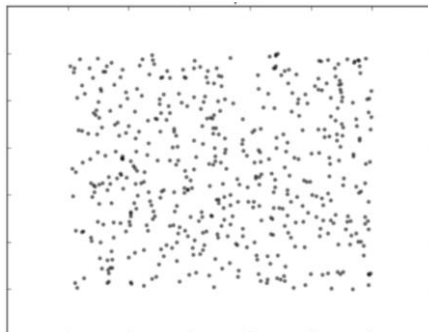


Figura 11 - Exemplo de *Scatterplot*.

O Diagrama de Venn, gráfico apresentado na Figura 12, mostra todas as relações lógicas possíveis entre diferentes conjuntos de dados, que são representados por círculos.

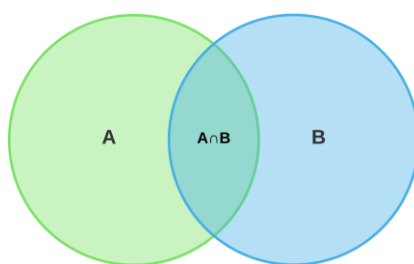


Figura 12 - Exemplo de Diagrama de Venn.

Estas são apenas algumas das diversas formas de representação a serem consideradas consoante o tipo de dados que for necessário representar e qual for o propósito da representação.

2.2 Consumo de energia

“As informações são da Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE), que informa ainda que a Telefônica e a Claro estão entre as cinco empresas que usam mais energia no mercado livre na categoria “consumidores especiais”, aqueles compradores de 500 kW a até 3 MW.” (Telesintese, 2017)

Nos últimos anos, o consumo de energia tem-se tornado cada vez mais num tópico de elevada preocupação para a área das telecomunicações, devido aos elevados custos operacionais e ao elevado impacto ambiental que tem no planeta. (Galvão Mourato, 2017)

Apesar da evolução tecnológica nos presentear com equipamento cada vez mais eficiente e sofisticado, a elevada necessidade e exigência por parte do consumidor requer que os sistemas funcionem de uma forma cada vez mais rápida. Esta necessidade, por sua vez conduz a um aumento contínuo do consumo de energia nesta área. Podemos ver na Figura 13 um exemplo desse aumento, nas redes da operadora Vodafone.

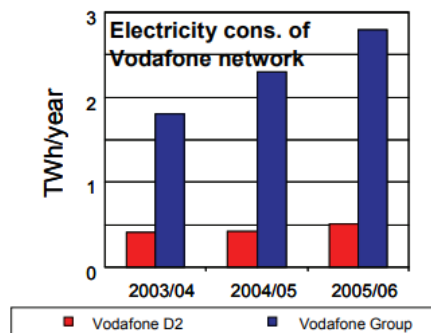


Figura 13 - Consumo de energia nas redes móveis (Fettweis & Zimmermann, 2008).

Para iniciar um processo de poupança de energia, nomeadamente no ramo das telecomunicações, é importante conhecer quais os parâmetros de uma estação base com um maior impacto no consumo da mesma, por exemplo é possível reduzir o consumo de energia se tivermos em conta a localização da estação base.

Ao consideramos uma estação base localizada numa zona industrial onde maioritariamente existem escritórios e fábricas, é de esperar que o tráfego seja bastante elevado durante o período diurno, coincidente com os horários laborais, mas bastante mais reduzido no período noturno, uma vez que os locais de trabalho se encontram encerrados.

Se pensarmos numa estação base situada numa zona residencial, o padrão de utilização será simétrico, uma vez que o expectável é que exista um elevado tráfego no período noturno (final de tarde e início de noite) quando as pessoas se encontram em casa. Obtendo o perfil de mobilidade dos utilizadores e tráfego associado, será mais simples encontrar estratégias de diminuição do consumo energético.

De modo a elaborar um modelo para otimização do consumo para estações base que utilizem as tecnologias *Global System for Mobile Communications* (GSM), *Universal Mobile Telecommunications System* (UMTS) e *Long-Term Evolution* (LTE) é necessário: (i) analisar a configuração da estação; (ii) analisar o perfil de tráfego da estação e (iii) analisar os componentes de hardware da estação.

Quando o modelo estiver elaborado e aplicado, é então necessário realizar uma análise dos resultados de modo a estabelecer qual a melhor estratégia a aplicar para a redução do consumo energético, isto sem nunca comprometer a qualidade de serviço (QoS).

2.3 Algoritmos de Previsão

“Predicting the evolution of network traffic over time can be extremely helpful in mid to long term system capacity planning. Given a set of traffic observations spread across time in equally distant intervals (e.g. daily observations), it is possible to try to predict the evolution of traffic in the future based on its previous behaviour.” (Monteiro, 2016)

Realizar uma previsão sobre o tráfego de rede gerado pelos utilizadores e o consumo energético de uma rede móvel ao longo de um determinado período de tempo é um aspeto fulcral na perspetiva dos operadores. Deste modo é possível obter um processo autónomo que visa permitir um planeamento a médio ou longo prazo da capacidade de uma rede, bem como do seu consumo de energia.

Para a realização de uma previsão, tem-se um vasto número de modelos matemáticos, cada um com as suas especificidades. Como no âmbito desta dissertação a previsão será relacionada com o tráfego gerado e consumo energético de uma rede móvel, apenas é considerado *o Auto-Regressive Integrated Moving Average (ARIMA)*.

Os modelos ARIMA pertencem à classe mais geral e flexível dos modelos de previsão. Estes podem ser aplicados a séries temporais que sejam estacionárias ou não estacionárias. O ARIMA possui também um papel de elevada importância na leitura de informação, bem como na realização da previsão para valores futuros. As previsões realizadas com recurso a este modelo têm como base valores passados da própria variável e dos seus erros (Fidalgo, 2017).

ARIMA significa *Auto-Regressive (AR) integrated (I) moving average (MA)* e é uma generalização dos modelos *Auto-Regressive Moving Average (ARMA)* com a vertente de integração.

Para aplicação de modelos ARMA é necessário seguir um conjunto de passos:

1. Inicialmente, é necessário elaborar uma representação gráfica dos valores que se pretende analisar. Após a elaboração do gráfico, é então necessário identificar a sazonalidade da série e se esta é ou não estacionária. Na Figura 14 seguinte é apresentado um exemplo de uma série estacionária (gráfico apresentado à esquerda) e de uma série não estacionária (gráfico apresentado à direita)

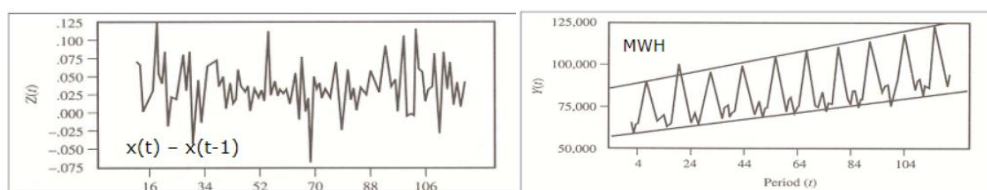


Figura 14 - Exemplo de uma série estacionária e de uma série não-estacionária.

- a. No caso de se trabalhar sobre uma série não estacionária é necessário proceder à sua integração sucessiva até se tornar estacionária. Para realizar a integração da série podemos utilizar as seguintes técnicas:
 - i. Subtrair a média e dividir pelo desvio padrão;
 - ii. Aplicação de transformações logarítmicas ou potências;
 - iii. Aplicação de diferenciação para garantir a que a série é estacionária e/ou para extrair a sazonalidade;
2. Observar o fator de auto correlação (ACF) e o fator parcial de auto correlação (PACF) de modo a identificar o tipo de modelo ARMA;
3. Determinar os parâmetros do modelo ARMA;
4. Construir o modelo;
 - a. Realizar a previsão;
 - b. Validar o modelo;
 - c. Avaliar o desempenho do modelo;

O fluxograma da Figura 15 apresenta o processo que é necessário seguir para obter uma previsão adequada com recurso aos modelos ARIMA.

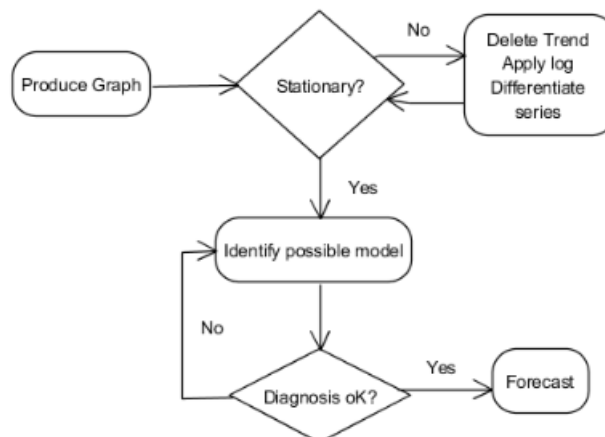


Figura 15 - Flowchart para auxílio na construção de modelos ARIMA.

Pode se concluir que estes algoritmos tem um processo de complexidade reduzida, pode ir sendo testado e melhorado até estar o mais adaptado ao conjunto de dados em que estiver a ser utilizado.

2.4 Ferramentas de representação geográfica

“Today, a typical GIS is capable of handling all of the major types of geographic information and of performing a vast array of functions, from visualization and transformation to detailed analysis and modeling” (Goodchild, 2009)

Nesta secção serão abordadas algumas ferramentas de representação geográfica que são comumente utilizadas no ramo de telecomunicações. Após a apresentação das ferramentas, será também realizada uma breve comparação entre as funcionalidades das mesmas.

Os softwares utilizados na área de telecomunicações não possuem informação disponível gratuitamente no mercado, por isso apenas foram selecionadas duas ferramentas GIS às quais foi possível aceder à informação. A primeira ferramenta abordada, o GeoMap, é um produto interno da Celfinet, sendo por isso mais simples conseguir ter acesso a informações sobre a mesma.

2.4.1 GeoMap

O GeoMap é uma ferramenta GIS que foi desenvolvida especificamente para a área de telecomunicações. Esta está integrada no VISMION, uma solução desenhada para fornecer aos operadores de redes móveis um conjunto de ferramentas que os auxiliem na manutenção da configuração de rede sem ter custos elevados. O GeoMap é uma forma simples de consultar geograficamente a configuração de rede de um operador.

Após realizar uma análise a esta ferramenta e realizar algumas breves entrevistas com engenheiros de RAN, foi então possível identificar alguns dos seus principais benefícios:

- Permite a visualização geográfica da rede móvel de um operador;
- Permite a filtragem de informação visível baseada nos cenários mais comuns (operador, *vendor*, área, *host*, tecnologia, banda, estado da célula e ambiente da célula);
- Permite a correlação de informação proveniente de diferentes fontes, fornecendo às equipas de engenharia e de gestão um entendimento sobre a configuração de rede (de uma forma física e lógica) e sobre o desempenho de *Network Quality of Service (QoS)/Quality of experience (QoE)*;
- Tem algoritmos de planeamento de células da vizinhança e de códigos para efeitos de otimização de rede;
- Tem algoritmos de diagnóstico de rede para auxílio na mitigação de problemas de QoS/QoE;
- Permite a representação de informação de métricas (scanner e equipamento do utilizador) e de eventos (voz e dados) provenientes de *drive tests*⁷;

⁷ Método utilizado para medir a cobertura, capacidade e qualidade de serviço de uma rede móvel.

- Permite a representação de informação de topologia de rede através de temáticos que permitem uma simples visualização por parâmetro;
- Permite atualizações automáticas da rede.

O GeoMap possui um elevado conjunto de funcionalidades. De seguida serão apresentadas as funcionalidades consideradas mais relevantes, agrupadas por áreas de modo a facilitar a sua compreensão.

Para corresponder às necessidades relativas à área de topologia da rede, foram disponibilizadas funcionalidades que permitem a representação e filtragem de sites, células das várias gerações móveis (2G, 3G, 4G) e de elementos por camadas. Na Figura 16, é possível visualizar a janela de detalhes de um elemento selecionado da rede. Esta janela permite obter detalhes sobre os universos de dados disponíveis para cada elemento da rede (sites, células e vizinhas).

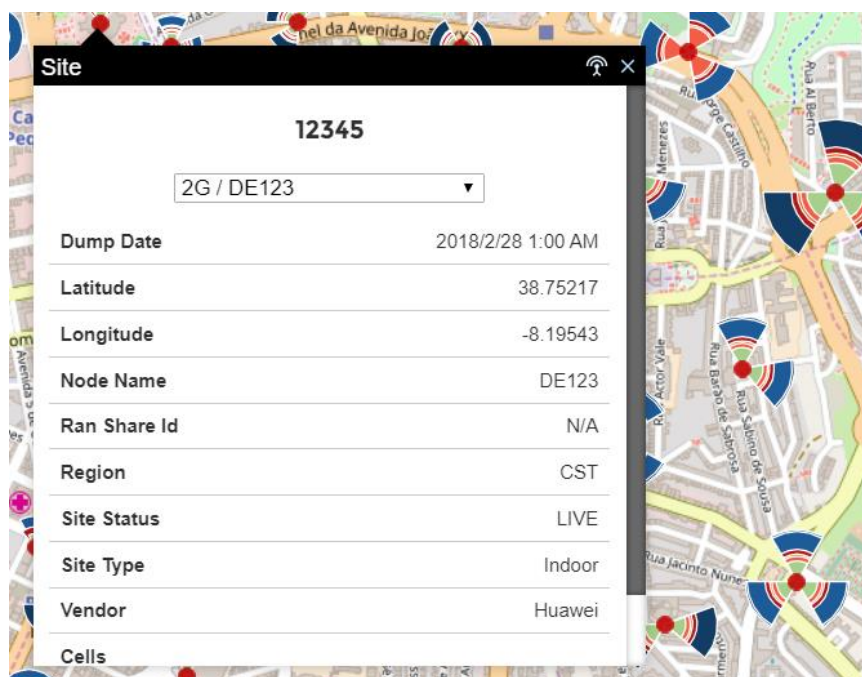


Figura 16 - Topologia de rede no GeoMap.

Para corresponder às necessidades relativas à área de configuração da rede, foram disponibilizadas funcionalidade que permitem visualizar a relação entre vizinhas, através de camadas, a visualização de inconsistências na rede bem como um inventário de todo o software e hardware presentes da rede móvel. Ainda para responder às necessidades desta área, foi adicionada a opção de geração de mapas temáticos que apresentam de forma visual informação dos diversos universos de dados.

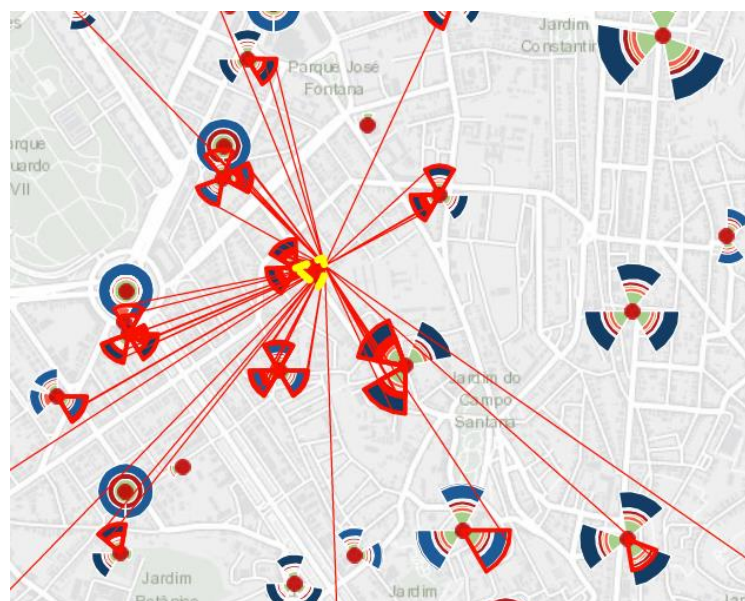


Figura 17 - Relações entre células vizinhas no GeoMap.

As relações entre células vizinhas também são de elevada importância para uma rede de telecomunicações e como tal, existem também nesta *framework* formas de simplificar a interação com as mesmas, nomeadamente a geração de temáticos para cada tipo de relação, que pode ser observada na Figura 17, a filtragem das mesmas e a exportação para CSV (*Comma-separated values*).

Para responder às necessidades de otimização e/ou análise da rede, existe uma opção de visualização do perfil de terreno entre pontos geográficos previamente definidos, bem como a previsão da área de cobertura de uma célula com base na sua informação física disponível. Em termos de otimização da rede, o GeoMap disponibiliza dois algoritmos, um referente ao planeamento de códigos e outro referente ao planeamento de relações de vizinhança. O utilizador tem a possibilidade de importar informação que não se encontra presente no modelo de dados através da importação de ficheiros CSV e GeoTiff, criar os seus próprios polígonos para análises customizadas e exportar informação para uso externo.

2.4.2 SmartNetwork

SmartNetwork é uma ferramenta GIS desenvolvida para a área de telecomunicações com o intuito de auxiliar os operadores na partilha de informação pelas suas equipas de trabalho de uma forma mais rápida. (metricell, 2017)

Após realizar uma análise à documentação desta ferramenta, foi possível identificar alguns dos seus principais benefícios:

- Permite a visualização geográfica da rede móvel de um operador;

- Permite a filtragem de informação visível (*site*, células e estados da mesma e eventos);
- Parâmetros para a otimização de rede;
- Tem algoritmos de diagnóstico de rede para auxílio na mitigação de problemas de QoS/QoE;
- Permite a representação de informação de topologia de rede através de temáticos por parâmetro.

O SmartNetwork possui um elevado conjunto de funcionalidades, como a representação automática de elementos por camadas que visa facilitar as questões relacionadas com topologia de rede, bem como funcionalidades de representação tanto de relações ente vizinhas como de inconsistências na rede mapeadas através de temáticos que auxiliam as questões de configuração da rede. Para solucionar questões relacionadas com o perfil do terreno e limitações por áreas, esta ferramenta possui opções de criação e visualização de polígonos, bem como do perfil do terreno entre pontos geográficos previamente definidos permitindo também estimar as áreas de cobertura das células. A plataforma em questão também suporta importação de ficheiro, mas apenas do tipo CSV.

2.4.3 Comparação entre ferramentas geográficas

Segue-se a comparação entre as diferentes ferramentas de modo a decidir qual se enquadra melhor nos requisitos e necessidades deste projeto. Para isso é necessário definir um conjunto de fatores relevantes que nos auxiliem no processo de escolha. Este processo de decisão terá em consideração os seguintes fatores: (i)número de funcionalidades adequadas, (ii)custo associado à utilização da ferramenta e (iii)resultado de testes à experiência de utilização. Na Tabela 1 são apresentadas as principais características que uma ferramenta geográfica deve ter na área de telecomunicações, englobando as funcionalidades e benefícios principais. A tabela será utilizada para realizar uma comparação lado a lado entre as ferramentas.

Tabela 1 - Comparação entre as características das ferramentas GIS.

Características	GeoMap	SmartNetwork
Visualização geográfica da rede de um operador móvel	X	X
Filtragem de informação visível	X	X
Correlação de informação de diferentes fontes	X	—
Algoritmos de planeamento	X	—
Parâmetros para otimização de rede	X	—
Algoritmos de diagnóstico	X	X
Representação de informação de <i>drive test</i>	X	X
Informação de topologia de rede	X	X
Camadas	X	X
Otimização de rede	X	X

Características	GeoMap	SmartNetwork
Temáticos	X	X
Polígonos	X	X

Analisando a Tabela 1, relativa às funcionalidades, conseguimos verificar que a ferramenta GeoMap preenche todas as principais funcionalidades enunciadas, ao contrário da ferramenta concorrente que não preenche alguns dos campos referidos. Em termos da comparação de custo entre as duas ferramentas, para o âmbito desta tese que se encontra a ser desenvolvida na Celfinet, criadora e proprietária do GeoMap, o custo de utilização da ferramenta SmartNetwork seria sempre superior uma vez que teriam de adquirir uma licença desse produto.

2.5 Ferramentas e tecnologias

No desenvolvimento foram então utilizadas as diferentes ferramentas e tecnologias referidas na Tabela 2.

Tabela 2 - Tecnologias utilizadas.

Camada	Software	Linguagens	Tecnologias/Ferramentas
Apresentação	Microsoft Visual Studio Code	ECMAScript 6; TypeScript; CSS; HTML;	ReactJS; ESLint; OpenLayers;
Lógica	Microsoft Visual Studio	C#	LINQ; REST
Dados	PostgreSQL	PL/pgSQL	Geoserver; PostGIS

2.5.1 PostgreSQL

O PostgreSQL é um sistema gratuito de gestão de base de dados de objetos relacionais que tem um esforço de manutenção bastante reduzido. Este sistema de gestão de base de dados é bastante flexível permitindo, entre outras coisas, definir tipos de dados, de índices e até funções em diversas linguagens de programação.

2.5.2 Geoserver

O Geoserver é um servidor *open-source* que permite a criação de mapas em diferentes formatos de uma forma simples e rápida uma vez que possui integração com uma biblioteca de mapas, e também permite representar e editar informação geográfica sobre estes.

2.5.3 PostGIS

O PostGIS é uma extensão para o PostgreSQL que suporta o armazenamento, gestão, tratamento e análise de dados espaciais. Esta extensão tem uma utilização simples e permite suportar operações geoespaciais, conseguindo suportar a análise e processamento de objetos GIS bem como a execução de *querys* sobre dados de localização.

2.5.4 ECMAScript 6

O ECMAScript é uma linguagem *standard* derivada do JavaScript, orientada a objetos e que é comumente utilizada no desenvolvimento de aplicações web, resolvendo alguns dos antigos problemas identificados ao JavaScript.

2.5.5 TypeScript

É uma linguagem de programação desenvolvida pela Microsoft e é considerada como sendo um *superset* do JavaScript, tendo como objetivo fornecer recursos que o JavaScript não possui, como a alocação de um tipo aos dados e uma sintaxe e estruturação orientada a objetos.

2.5.6 ReactJS

O ReactJS é uma biblioteca Javascript, gratuita é utilizada para criar componentes e interfaces que permitem a criação de código reutilizável e que reduz os problemas de performance na manipulação do DOM (Modelo de objeto de documento) que existia no JQuery.

2.5.7 ESLint

É uma ferramenta gratuita que analisa código JavaScript com o intuito de encontrar erros de codificação, padrões problemáticos de programação ou código que não siga determinadas normas pré-definidas.

2.5.8 OpenLayers

É uma biblioteca que facilita a representação de informação espacial num mapa dinamicamente numa página Web representando informação vetorial, informação

de *rasters*⁸ com diferentes camadas e informação proveniente de diversas fontes de dados.

2.5.9 D3

O D3 é uma biblioteca de Javascript que permite personalizar a visualização de informação com recurso a HTML, SVG (Scalable Vector Graphics) e CSS. Este é um recurso gratuito e permite a manipulação de informação de uma forma flexível.

2.6 Indicadores

“No entanto, nem sempre a tecnologia disponível preenche as necessidades dos seus utilizadores, seja por meio dos limites impostos por funções que a interface em questão não permite efectuar, pelo tempo demasiado moroso atribuído à realização de tarefas, ou pelo nível de dificuldade associado à sua usabilidade.” (Duarte Condesso Gomes, 2012)

Sendo que o objetivo deste trabalho consiste no desenvolvimento de uma plataforma independente e genérica de criação e sugestão de widgets para auxílio na configuração de uma rede móvel, bem como comprovar a utilidade da mesma é importante avaliar as seguintes grandezas:

- **Utilidade:** aquando do desenvolvimento de uma aplicação é necessário avaliar a utilidade da mesma para o seu público alvo, ou seja, se a informação apresentada é relevante e se a utilização da mesma traz benefícios ao dia-a-dia da organização;
- **Usabilidade:** na implementação da aplicação é necessário considerar e avaliar a qualidade da sua usabilidade, como por exemplo minimizar a sobrecarga do utilizador e a consistência abordando sempre as boas práticas da regra ISO (Organização Internacional de Normalização) 9241;
- **Desejabilidade:** é importante avaliar se a aplicação a desenvolver é apelativa para o utilizador, ou seja, por vezes existem aplicações bastante completas em termos de conteúdo e funcionalidades, mas que possuem uma usabilidade, performance entre outros aspetos de tão fraca qualidade que acabam por não ser apelativas para o utilizador;
- **Performance:** no desenvolvimento de uma aplicação é sempre necessário ter em conta a performance da mesma. No caso desta solução em concreto, a necessidade torna-se ainda mais elevada, uma vez que se lida com a representação e gestão de um elevado volume de dados. Estas

⁸ <https://goo.gl/52tBdK>

avaliações podem ser realizadas com recurso a métodos como os testes de carga e testes de resistência;

- **Qualidade do software:** é de elevada importância integrar desde a fase inicial de desenho e desenvolvimento de uma aplicação a implementação e boas práticas de engenharia, como por exemplo padrões de software, CMMII-DEV (Modelo integrado de Maturidade em Capacitação - Desenvolvimento) e recursos às normas ISO;
- **Adequabilidade:** é necessário garantir que a informação que está a tentar ser transmitida através da solução (dados estatísticos, anomalias, etc.) está a ser corretamente entendida pelo utilizador.

A observação destes indicadores será crucial para garantir a obtenção de uma melhor solução de visualização e análise. Estes serão utilizados durante a fase de desenvolvimento da solução, servindo de guia para a criação do software. Apenas foram abordados estes por serem os que têm mais relevância para o tipo de trabalho a desenvolver.

2.7 Arquitetura de desenvolvimento

Para um desenvolvimento adequado deste projeto, é necessário que este percorra pelo menos três ambientes que facilitem o processo de desenvolvimento e a realização do controlo de qualidade do software. Os três ambientes utilizados na organização onde decorreu este trabalho são o ambiente de Desenvolvimento (DEV), o ambiente de *Quality Control* (QC) e o ambiente de Produção (PROD).

O ambiente de desenvolvimento encontra-se instalado em Lisboa, na sede da Celfinet, sendo que todos os outros escritórios desta organização têm acesso ao mesmo através de uma ligação VPN. O ambiente de desenvolvimento utiliza a técnica de integração contínua o que permite que o desenvolvimento realizado seja adicionado à aplicação com regularidade, permitindo assim validar a integração deste com a aplicação.

O ambiente de QC é utilizado para estabilizar as funcionalidades desenvolvidas antes de serem entregues ao cliente. Os principais objetivos deste ambiente são:

- Teste de *releases*;
- Controlo de problemas;
- Certificação da integridade dos diversos módulos da aplicação;
- Realização de *hotfixes*.

O ambiente de Produção está instalado nos escritórios de cada cliente da Celfinet, sendo que para aceder ao mesmo é necessário possuir um computador fornecido pelo cliente, com as respetivas configurações para aceder ao ambiente. Este

ambiente é utilizado para apresentações do produto ao cliente e para que este o possa testar.

Durante o processo de desenvolvimento de uma ferramenta, esta deve passar pelos três ambientes referidos, de modo a assegurar que todos os processos são realizados e que a versão final que será entregue ao cliente se encontrar a funcionar sem falhas.

3 Contexto

O desenvolvimento e lançamentos de novos produtos no mercado tem a si associado um elevado consumo de recursos juntamente com custos acrescidos e também um elevado risco económico e de imagem para a organização. Com o intuito de os minimizar, surgiu um processo de inovação, visível na Figura 18, que passa por uma melhoria contínua das técnicas utilizadas para o desenvolvimento de novos artefactos.

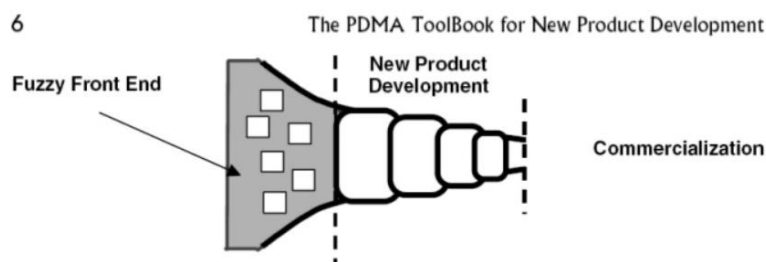


Figura 18 - Processo de inovação (Nicola, 2017).

Este processo, encontra-se dividido nas três seguintes fases:

- **FEE (*Fuzzy Front End*):** Fase do processo na qual a ideia surge. Nesta fase é comum surgirem diversas questões/dúvidas sobre as ideias que foram identificadas ou geradas. No contexto deste trabalho foi nesta fase que foram levantados os requisitos da ferramenta;
- **NPD (*New Product Development*):** Fase do processo onde o produto é desenvolvido, que no trabalho desta dissertação corresponde a todo o desenvolvimento realizado;
- **Comercialização:** Fase do processo onde é realizada a promoção e venda do produto. No caso deste projeto, esta fase ainda não está iniciada, mas passará por demonstrar ao cliente a ferramenta e avaliar o seu interesse.

3.1 The new concept development model (NCD)

“The front end is a critical component of the innovation process; choices made at the front end will ultimately determine which innovation options can be considered for development and commercialization.” (Koen, et al., 2014)

Segundo Peter Koen o modelo “The new concept development” é um modelo que deve ser adotado num processo de inovação. Este modelo encontra-se dividido em três principais áreas:

- **Motor do modelo (engine):** é a parte central do modelo e tem em consideração a visão, estratégia e a cultura. Funciona como um núcleo responsável por agregar os principais fatores utilizados na abordagem ao problema;
- **Parte interna do modelo:** nesta parte são definidos os cinco elementos do *front end*;
- **Parte externa do modelo:** esta parte é constituída por todos os fatores externos que de alguma forma influenciam o problema.

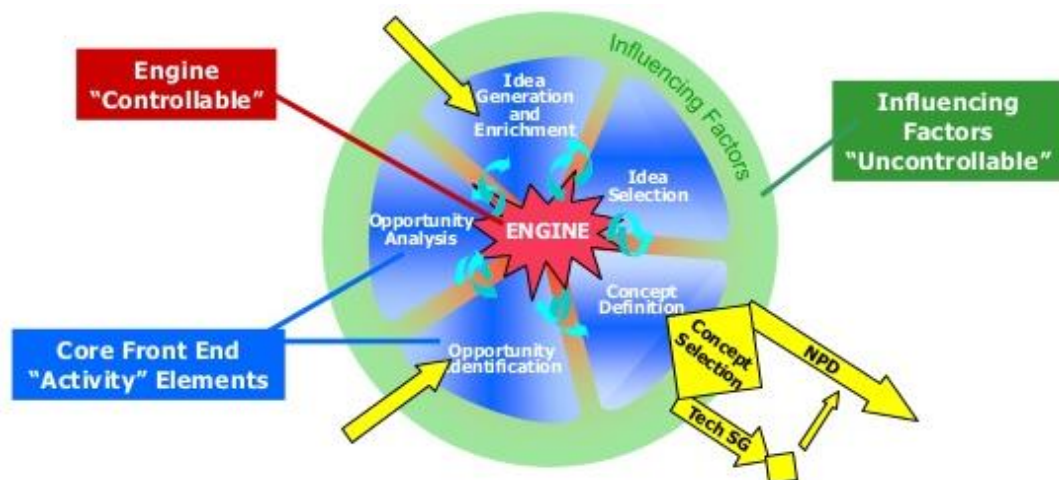


Figura 19 - Modelo NCD segundo Peter Koen⁹.

O NCD pode ter início em duas fases: Geração de ideia e Enriquecimento (*Idea Generation and Enrichement*) ou na Identificação de Oportunidade (*Opportunity Identification*), ambos identificados com uma seta com a direção de entrada e terá obrigatoriamente que sair na fase de Definição de Conceito (*Concept Definition*) conforme pode ser visualizado na Figura 19.

No caso concreto do produto abordado nesta dissertação, o ciclo inicia-se na fase de identificação de oportunidade, uma vez que este se encontra a ser desenvolvido

⁹ <http://frontendinnovation.com/fei/what-is-the-new-concept-development-ncd-model>

por uma empresa influente na área de telecomunicações e que já possui um produto de renome, instalado em diversos clientes.

3.1.1 Identificação de Oportunidade

A oportunidade surgiu com base na necessidade dos operadores de telecomunicações conseguirem ter uma melhor visualização e gestão da sua rede, para que assim lhes seja mais simples analisar métricas e identificar quais os pontos que podem estar com um comportamento anormal.

O principal aspeto que é desejado é atribuir mais valor aos dados e fornecer informação avançada e com isso auxiliar na redução do tempo de análise de informação respeitante ao comportamento da rede.

3.1.2 Análise da Oportunidade

Após a identificação da oportunidade é necessário realizar uma análise à mesma com o propósito de produzir a sua modelação em termos de oportunidades de negócio e de tecnologias a utilizar.

Em termos do projeto em questão, a análise consiste em entender as ofertas existentes no mercado, tanto do âmbito de negócio como a nível tecnológico, e pensar na melhor forma de conseguirmos ter uma proposta competitiva.

É também nesta fase que é realizado o PoC (*Proof of Concept*), que consiste na elaboração de um modelo prático que seja capaz de provar o conceito teórico estabelecido através da demonstração da metodologia, tecnologias e conceitos que são parte envolvente do projeto (Cruz, 2016). No contexto desta dissertação, será realizado um PoC para comprovar que a interação entre a ferramenta de análise e a ferramenta de GIS é possível.

3.1.3 Geração de Ideias e Enriquecimento

A geração de ideias ocorreu ao longo de várias reuniões realizadas com os seguintes grupos:

- Equipa de POs (*Product Owners*) da Celfinet;
- Cliente;
- Equipa de desenvolvimento.

Estas reuniões foram fulcrais para entender os principais objetivos do cliente para esta plataforma, as ideias que a própria empresa terá para a plataforma bem como a

sincronização com a equipa de desenvolvimento para analisar a exequibilidade das mesmas.

Deste *brainstorming* foi possível obter as seguintes ideias:

- Componente genérico de *widgets* para interação e integração com uma ferramenta de GIS;
- Implementação de um processo de sugestão de *widgets*;
- Implementação de análises através de séries temporais;
- Análise dos métodos de representação mais adequados para a representação de cada tipo informação;
- Análise de metodologias de performance para a representação e manuseamento de grandes volumes de dados num mapa;

3.1.4 Seleção de Ideias

Nesta fase, é agendada uma reunião com todas as partes interessadas incluindo membros da equipa de desenvolvimento, devido ao cariz tecnológico do componente. Nesta reunião são reanalisadas as ideias provenientes da fase anterior de modo a chegar a um acordo entre todas as partes tendo também em conta o budget existente e a alocação de recursos dele proveniente.

Após a reunião ficam selecionadas como base do componente as seguintes ideias:

- Componente genérico de *widgets* para interação e integração com uma ferramenta de GIS;
- Implementação de um processo simplificado de sugestão de *widgets*;
- Análise dos métodos de representação mais adequados para a representação de cada tipo informação;
- Análise de metodologias de performance para a representação e manuseamento de grandes volumes de dados num mapa;

3.1.5 Definição do Conceito

Após a ideia que surgiu na fase inicial deste ciclo estar especificada é então realizada uma apresentação da mesma aos órgãos administrativos da empresa. Com este projeto pretende-se desenvolver um componente reutilizável e genérico, ou seja, que não esteja intrinsecamente ligado a um certo conceito de telecomunicações.

Este componente deve suportar elevados volumes de dados, não deixando que isso afete a sua performance, deve também ter sugestões de quais as melhores formas de representação dos diferentes tipos de informação de uma rede.

3.2 Benefícios para o cliente

“The creation of value is key to any business, and any business activity is about exchanging some tangible and/or intangible good or service and having its value accepted and rewarded by customers or clients, either inside the enterprise or collaborative network or outside.” (Nicola, et al., 2012)

O valor percebido pode variar consoante o cliente, uma vez que este reflete a relação entre o custo e o valor que este, o cliente, atribui ao produto em si. No caso desta solução o valor percebido possui um valor elevado, pois este é um ponto fulcral para a resolução de um problema de múltiplos e elevados impactos na organização do cliente.

Esta solução apresenta-se com um elevado valor para os operadores de telecomunicações, uma vez que resolve três problemas nucleares desta área: (i)reduzir a utilização de ferramentas externas para realização da análise de rede, pois a solução em questão será parte integrante da ferramenta interna para a configuração e manutenção de rede. Esta solução irá também (ii)facilitar e diminuir o esforço necessário na análise de métricas para a manutenção de rede, bem como por sua vez (iii)ter um impacto nos custos anuais de consumo da rede.

O elevado interesse demonstrado por uma das principais operadoras de telecomunicações na solução Widgets, ajuda também a realçar o elevado valor deste produto inovador.

Na Tabela 3 é possível verificar a comparação sacrifício/benefício para o cliente visto do prisma do mesmo.

Tabela 3 - Comparação sacrifício/benefício.

	Produto	Relação
Benefícios	Redução do erro humano	Aumento da satisfação do cliente
	Redução de custos	Fortificação da imagem da empresa
	Otimização do trabalho	
	Aumento da rapidez	
	Redução das deslocações aos sites	
Sacrifícios	Tempo de aprendizagem	-

3.3 Rede de valor

“People naturally network as they work so why not model itself as network”. (V. Allee)

Uma rede de valor é constituída por interligações de interações e papéis, que se encontram associados ao desenvolvimento de um determinado negócio. Este tipo de modelação é orientado às pessoas e às suas funções dentro da atividade de negócio, refletindo a transformação de valores tangíveis e intangíveis entregáveis.

Para o caso concreto desta dissertação e do seu modelo de negócio, descrito no Contexto , será necessário um relacionamento de confiança nas trocas de valores seguintes:

- **Operadoras de telecomunicações:** Interagem com a rede de negócio no papel de cliente. São quem vai decidir sobre o produto e sobre os benefícios para a organização e os seus clientes de adquirirem o mesmo;
- **Engenheiros de RAN:** Interagem com a rede de negócio no papel de utilizadores do produto. São parte integrante da definição das necessidades às quais o produto deve corresponder;
- **Equipa de Desenvolvimento:** Interagem com a rede de negócio no papel de desenvolvedores da arquitetura e implementação da plataforma tentando ao máximo responder a todas as necessidades do cliente. Podem também fazer parte do processo de levantamento de requisitos;
- **Equipa de Vendas:** Interagem com a rede de negócio no papel de responsáveis pelo levantamento dos requisitos no cliente. São também responsáveis pela divulgação e comercialização do produto;
- **Equipa de *Product Owners*:** Interagem com a rede de negócio no papel de responsáveis pelo desenho do produto e orientação da equipa de desenvolvimento.

3.4 Método AHP (Analytic Hierarchy Process)

“We are all fundamentally decision makers. Everything we do consciously or unconsciously is the result of some decision. The information we gather is to help us understand occurrences, in order to develop good judgements to make decisions about these occurrences.” (Saaty, 2008)

O principal objetivo deste trabalho é providenciar uma ferramenta que seja capaz de representar dados geográficos de configuração de uma rede de telecomunicações, fornecendo uma representação gráfica e/ou estatística que irá permitir uma mais simples a análise e entendimento dos dados.

Considerando que o contexto deste trabalho irá tratar com informação de uma rede de telecomunicações, existe um elevado volume de dados, por isso um dos fatores importantes a ter em conta será a performance de diferentes tipos de implementação.

Outro fator crucial a tomar em consideração, será ligado aos métodos de representação utilizados. É essencial que o método escolhido seja adequado ao tipo de dados que está a representar, ou seja, se o utilizador consegue através da análise do mesmo concluir a mensagem que estamos a tentar transmitir.

Ainda relacionado com a representação será também necessário analisar a utilidade dos dados que estão a ser representados para o core do negócio, bem como a precisão dos mesmos.

3.5 Proposta de valor

“the value proposition defines the specific strategy to compete for new customers” (Jalili and Rezaie, 2010)

Uma proposta de valor é uma reunião de todos os elementos que geram valor para um determinado segmento de clientes. Esta análise é de elevada importância, pois é um método de demonstrar ao cliente como é que o produto em questão se diferencia dos existentes no mercado.

Este projeto irá permitir ao cliente usufruir de uma ferramenta de *widgets* que irá conter variadas formas de representação de diversos parâmetros da rede de telecomunicações. Estes vão proporcionar uma análise mais simples da rede, através da sugestão das melhores formas de representação para uma certa variável bem como através do realçamento de valor anormais. Tudo isto traduz-se em ganhos financeiros diretos e indiretos bem como na otimização e simplificação das tarefas de manutenção de rede.

3.6 Modelo CANVAS

“A business model describes the rationale of how an organization creates, delivers, and captures value” (Osterwalder, et al., 2011)

Num negócio é importante compreender a forma como a empresa se deve estruturar de modo a conseguir produzir valor. Para isso recorre-se a modelos de negócio. Uma das formas mais simples de conseguir avaliar o impacto que determinadas áreas possuem sobre um negócio é através da construção de um modelo CANVAS. Este modelo permite-nos conjugar os principais “meios para entregar valor às partes interessadas relevantes e capturar valor para a organização” (EINOV, 2017/2018).

O modelo CANVAS encontra-se dividido em nove pontos que se podem categorizar em:

- **Back stage:**
 - **Parcerias-chave:** Constituído por todos os fornecedores que possam trazer algo de valor ao negócio e por todos os parceiros que essenciais para o bom funcionamento do negócio;
 - **Atividades-chave:** Funções necessárias para o funcionamento da proposta de valor;
 - **Recursos-chave:** Que tipo de recursos são necessários para o funcionamento do negócio (Recursos humanos, financeiros, entre outros);
 - **Estrutura de custos:** Quais os custos dos recursos e atividades chave do negócio;
- **Front stage:**
 - **Proposta de valor:** Que valor vai ser entregue ao cliente de modo a resolver os seus problemas e necessidades;
 - **Relações com clientes:** Que tipo de relação vai existir como o cliente e como será realizada;
 - **Canais:** Através de que canais vamos levar o nosso negócio até ao seu segmento de mercado;
 - **Segmentos de mercado:** Dentro do mercado, qual é o sub-mercado do nosso negócio;
 - **Fontes de receita:** Como é que o negócio irá gerar valor.

Na Figura 20, está representado o modelo de negócio relativo à plataforma a ser desenvolvida no âmbito desta dissertação.

Após a descrição deste capítulo, foi possível realizar a identificação e análise da oportunidade inerente ao trabalho a ser desenvolvido, bem como selecionar as principais ideias sobre o projeto. Com os pontos anteriores definidos, foi possível redigir uma proposta de valor para a ferramenta a desenvolver como também identificar todas as suas partes interessadas e o valor que esta irá gerar.

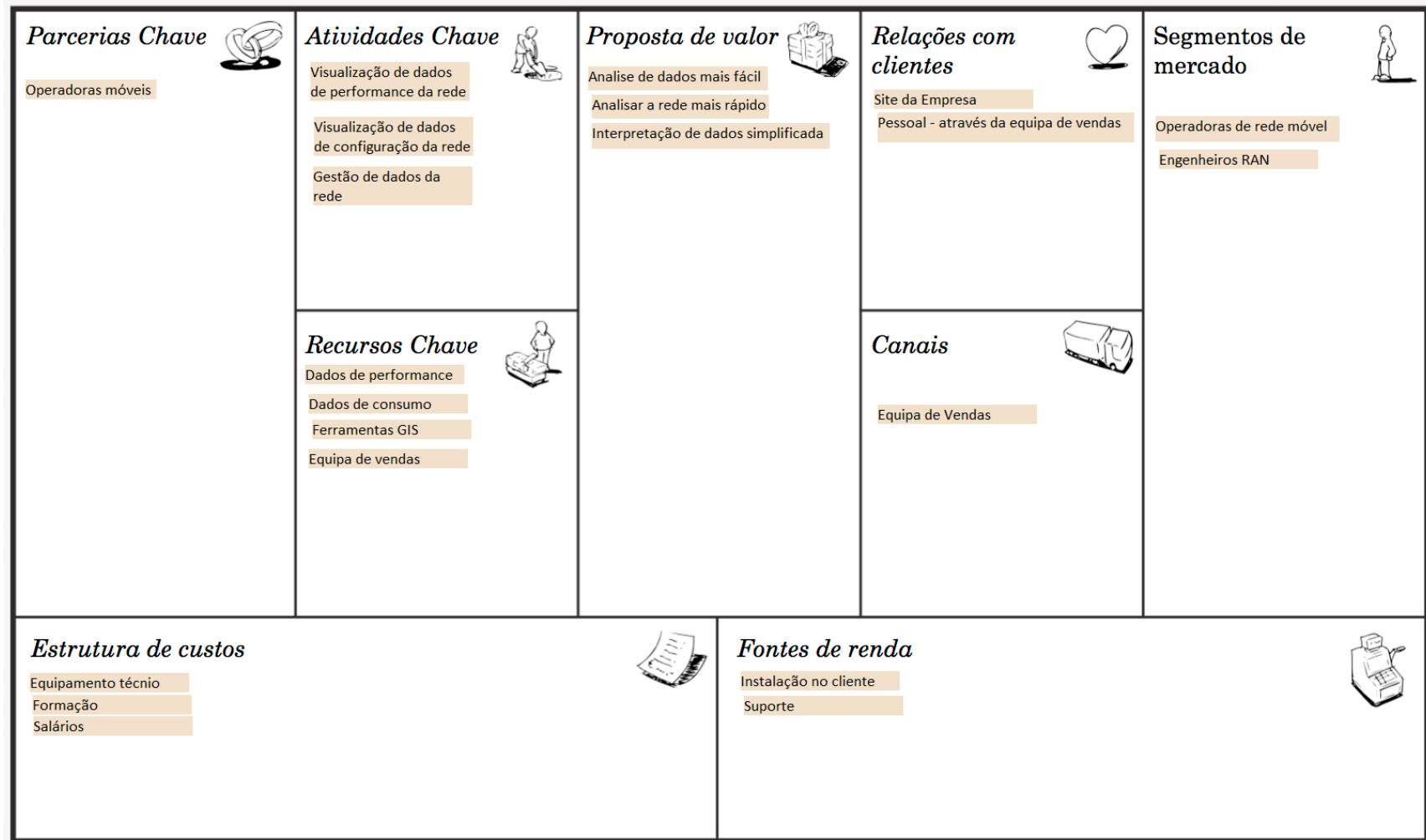


Figura 20 - Modelo Canvas do negócio

4 Desenho

Neste capítulo será apresentado o design da solução para o problema exposto, bem como as possíveis arquiteturas para o sistema.

4.1 Desenho da solução

O design desta solução pretende garantir um elevado nível de funcionalidade, usabilidade e performance da aplicação, devendo responder aos seguintes requisitos:

- Representação da informação no formato de *widget*;
- *Widgets* movíveis dentro da ferramenta;
- Representação de dados de configuração da rede;
- Representação de dados de performance da rede;
- Correlação de informação da rede;
- Representação estatística da informação;
- Interação dinâmica com a ferramenta de GIS;
- Capacidade de suportar elevados volumes de dados sem deteriorar a performance.

A decisão inicial passou pela definição do tipo de aplicação a desenvolver, sendo que o intuito é que esta, para além de não conter nenhuma lógica de negócio, e por isso poder ser utilizada em diversos contextos, funcione como um componente integrante de uma solução já existente, abordada no subcapítulo 2.4.1. O desenvolvimento do componente dos *Widgets*, fundamenta-se na necessidade de otimizar eficazmente o processo de análise e gestão de uma rede móvel, através de uma solução passível de ser customizada.

Na Figura 21, é possível visualizar um protótipo da aplicação a desenvolver e de como o componente de *Widgets* irá integrar a ferramenta GIS.

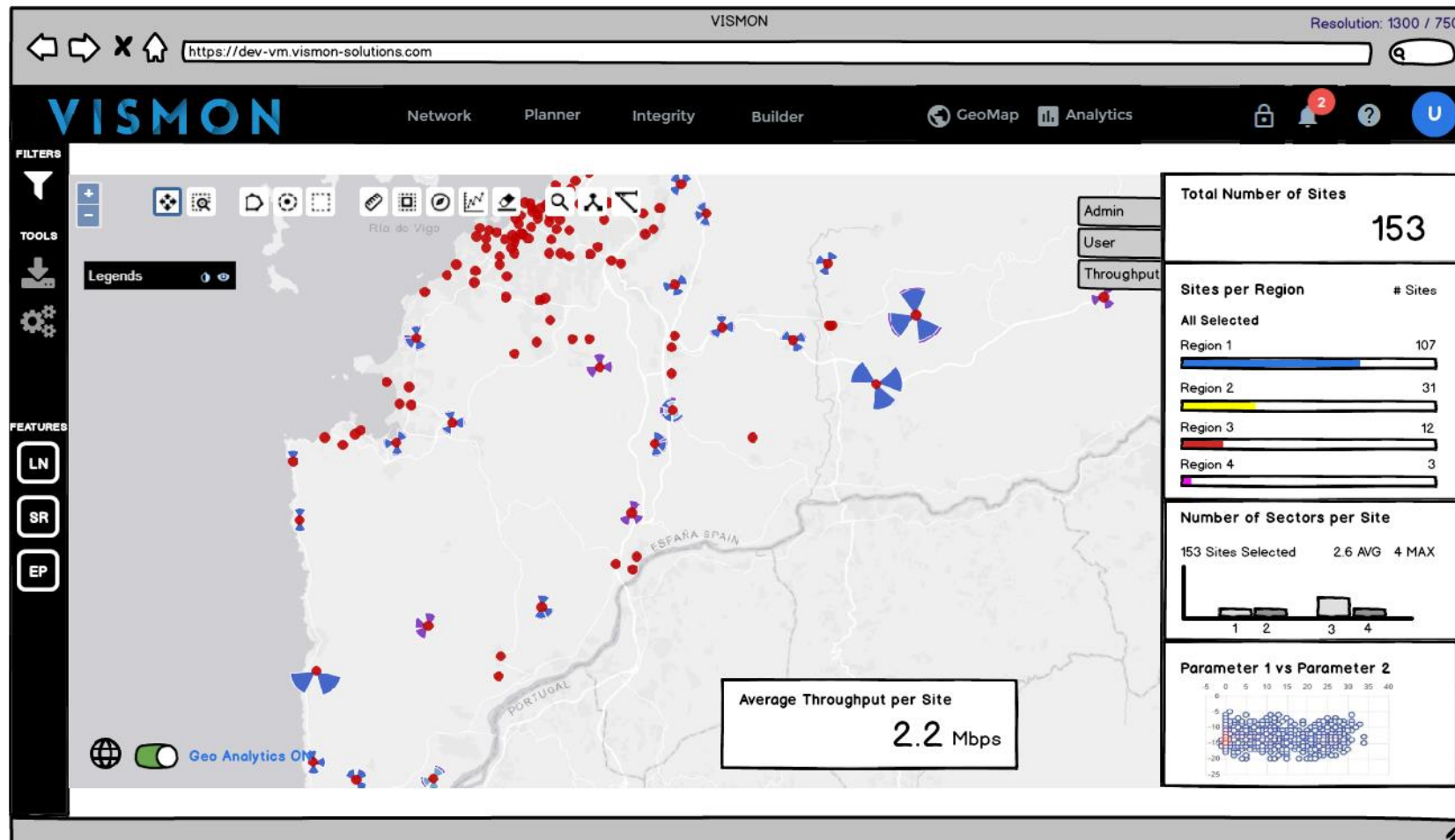


Figura 21 - Protótipo de um cenário da aplicação a desenvolver.

É possível concluir que o pretendido é um componente com uma interface simples, que seja aplicado sobre o mapa e cujas dimensões não sejam muito elevadas, de modo a não reduzir a visibilidade do mapa.

4.2 Arquitetura da solução

A solução irá ser parte integrante de uma ferramenta de GIS já existente. Na Figura 22 está apresentado o diagrama de componentes dessa ferramenta, sendo que a solução a desenvolver se enquadra dentro do componente GeoMapUI.

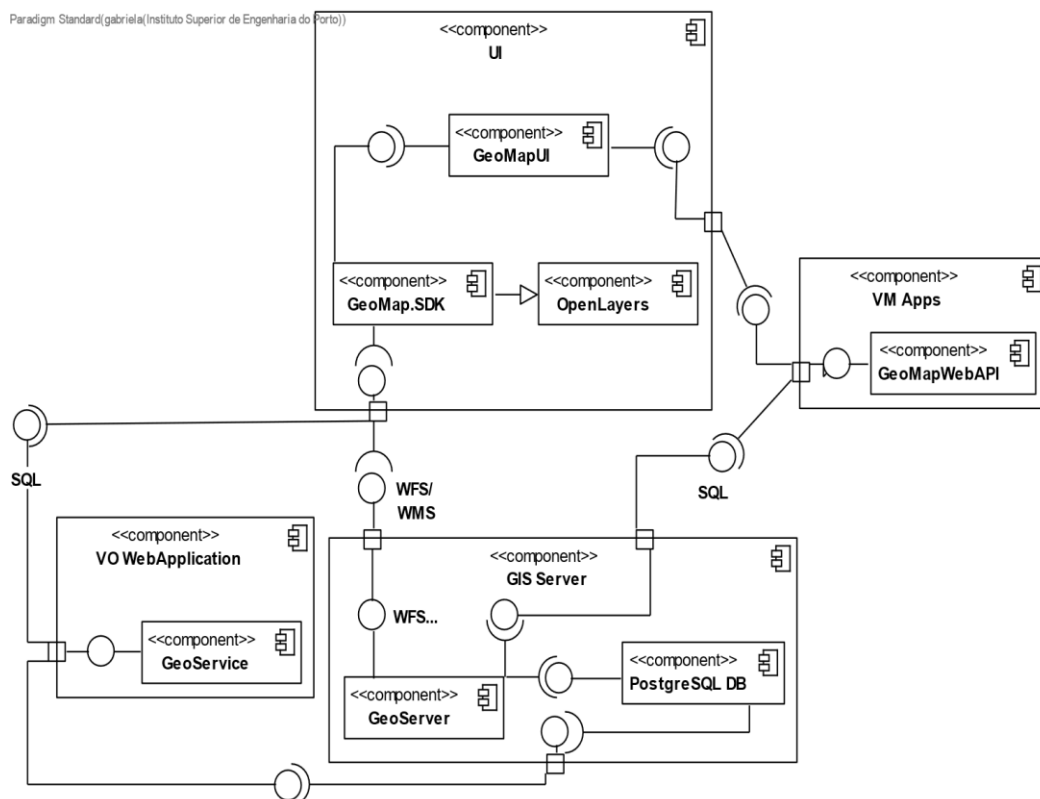


Figura 22 - Diagrama de componentes do GeoMap.

O GeoMapUI utiliza diversos packages npm na sua implementação, sendo packages gerais do npm como alguns desenvolvidos internamente na organização com o intuito de obter componentes reutilizáveis e genéricos.

É dentro desse conjunto que se irá enquadrar o componente a desenvolver, pois pretende-se que o mesmo seja reutilizável e genérico para no futuro poder integrar outros módulos do Vismon.

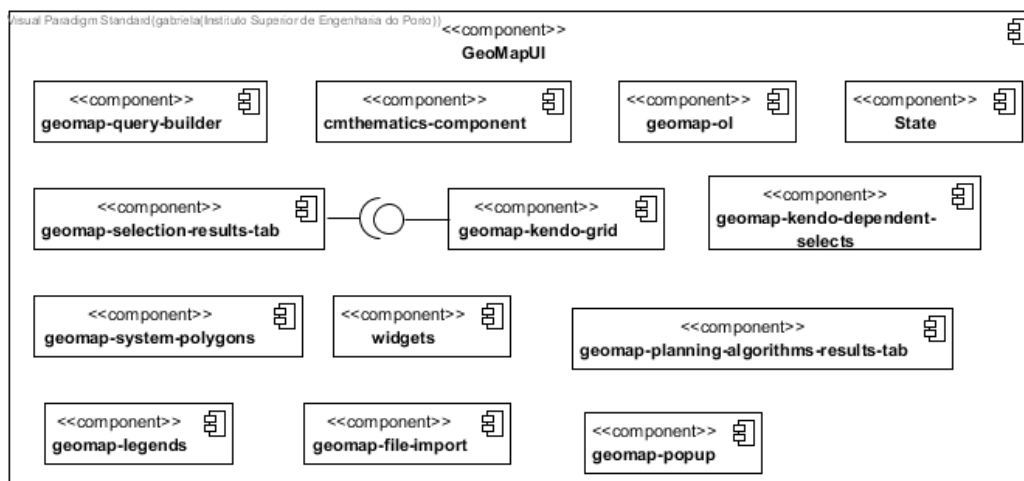


Figura 23 - Diagrama de componentes do componente GeoMapUI.

Na Figura 23, é possível visualizar uma representação dos componentes que fazem parte integrante do componente GeoMapUI. Todos esses componentes são desenvolvidos internamente na organização.

Em termos arquiteturais, os Widgets possuem duas opções distintas para a sua arquitetura, que serão apresentadas em seguida.

Na primeira opção, apresentada na Figura 24 o componente iria consumir informação diretamente do conjunto de dados guardados no estado da aplicação, permitindo o acesso direto tanto aos dados de topologia que o utilizador está a visualizar, como aos dados importados via ficheiros CSV, ficheiros esses que permitem ao utilizador enriquecer a rede móvel com nova informação.

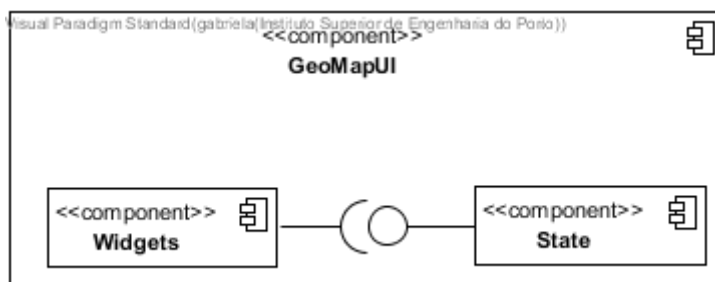


Figura 24 - Diagrama de componentes da opção arquitetural um.

Esta abordagem arquitetural um implica que todo o processamento seja realizado do lado do cliente, o que com a evolução da aplicação poderá resultar numa má performance da mesma.

A segunda opção de arquitetura, apresentada no diagrama de componentes da Figura 25, seria a ferramenta de widgets consumir informação do componente GeoServer, que por sua vez tem acesso aos dados da Database de PostgreSQL. Esta opção beneficia de conseguir aceder a todos os dados de topologia da rede.

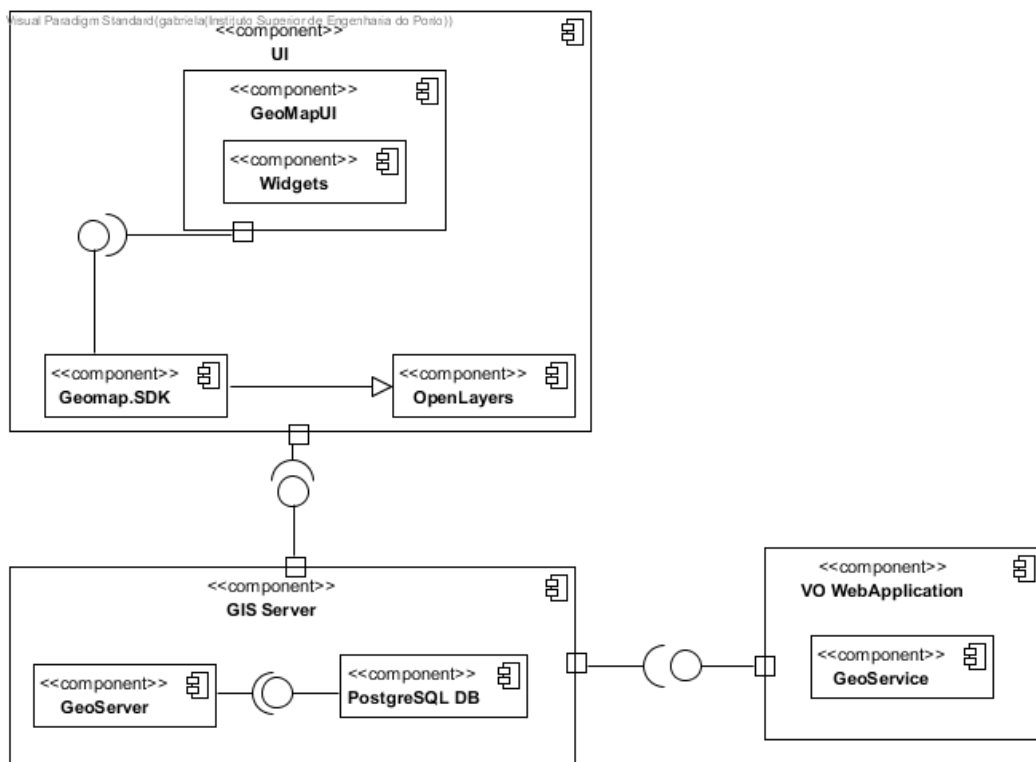


Figura 25 - Diagrama de componentes referente à segunda opção arquitetural.

As principais desvantagens associadas à segunda opção arquitetural são que, através desta, apenas se consegue aceder aos dados de topologia. Assim como a dificuldade de personalização associada à mesma.

Tabela 4 - Abordagens vs Caracterização das diferentes arquiteturas.

Opção	Vantagens	Desvantagens
Primeira	Centralização dos pedidos	Não suporta pedidos do tipo BBOX
Primeira	Menos camadas de interação	Não suporta rasters
Primeira	-	Performance
Segunda	Pedidos iterativos	Tecnologia específica
Segunda	Cache de layers	Mais camadas de interação
Segunda	Suporte rasters	Redundância

Na Tabela 4 é possível ver as vantagens e desvantagens associadas a cada uma das opções. Comparando as duas opções, é possível verificar que a primeira solução abordada tem como vantagem a centralização dos pedidos realizados, bem como a existência de menos uma camada de interação.

As suas desvantagens passam por não suportar pedidos com BBOX (*Bounding Box*), não suportar processamento de imagens (*rasters*) e numa pior performance. Já a segunda opção, tem a vantagem de realizar pedidos iterativamente consoante a manipulação do mapa, o suporte de imagens (*rasters*) e a otimização dos pedidos uma vez que mantem em cache as *layers* utilizadas.

Como desvantagens, o GeoServer é uma tecnologia específica, o que implica a utilização de mais uma camada de interação, este necessita obrigatoriamente de uma *layer* para cada ficheiro CSV que o utilizador fosse importar para a ferramenta de GIS, e possui um número finito de *layers* que é capaz de suportar.

Sendo assim, é possível concluir que a utilização de apenas uma destas opções não é viável.

A opção ideal e a seguir passa por fundir as duas soluções arquiteturais apresentadas, sendo assim possível que as duas colmatem as suas falhas.

A solução a desenvolver deverá então consumir informação do estado a aplicação como do GeoServer, ficando um responsável pelos dados provenientes dos ficheiros de CSV importados pelo utilizador e outra exclusivamente com os dados de topologia da rede móvel.

5 Implementação

Neste capítulo são descritas as tecnologias utilizadas no desenvolvimento da solução assim como a arquitetura resultante e a solução final. Será explicada a arquitetura definida para atingir o desenho desejado e o *workflow* da solução.

Este projeto foi desenvolvido em ReactJS, com recurso ao ECMAScript 6 para implementação do código JavaScript, recorrendo também aos tipos de dados disponibilizados pelo TypeScript para adicionar um maior controlo sobre as estruturas de dados. Como auxiliar na codificação, foi utilizado o plugin ESLint para garantir uma maior uniformidade ao longo de todo o código do projeto. Os dados consumidos pela aplicação desenvolvida foram extraídos da ferramenta Geoserver e de bases de dados PostgreSQL. Como o trabalho está a ser integrado numa ferramenta de representação geográfica, foi também necessário recorrer ao plugin PostGIS, que auxilia no tratamento de informação geográfica em bases de dados, para conseguir extrair e manusear os dados necessários. Todas as alterações que a ferramenta desenvolvida realiza no mapa, acontecem com recurso ao OpenLayers. O desenvolvimento dos gráficos foi realizado com recurso à biblioteca D3.

5.1 *Workflow*

A Figura 26 representa uma captura de ecrã da ferramenta de GIS, onde é possível visualizar o menu de interação com o componente, bem como o produto final do componente desenvolvido ao longo deste trabalho, estando este assinalado na Figura 26 por um retângulo azul. Para iniciar o componente desenvolvido no âmbito desta dissertação é necessário aceder à barra lateral da aplicação, assinalada na Figura 26 por um retângulo vermelho, que irá permitir aceder e gerir o componente. O ícone para aceder ao menu de utilização da ferramenta de widgets é parte integrante do menu lateral da aplicação de GIS, e pode ser visualizado na Figura 26, assinalado por um quadrado verde.

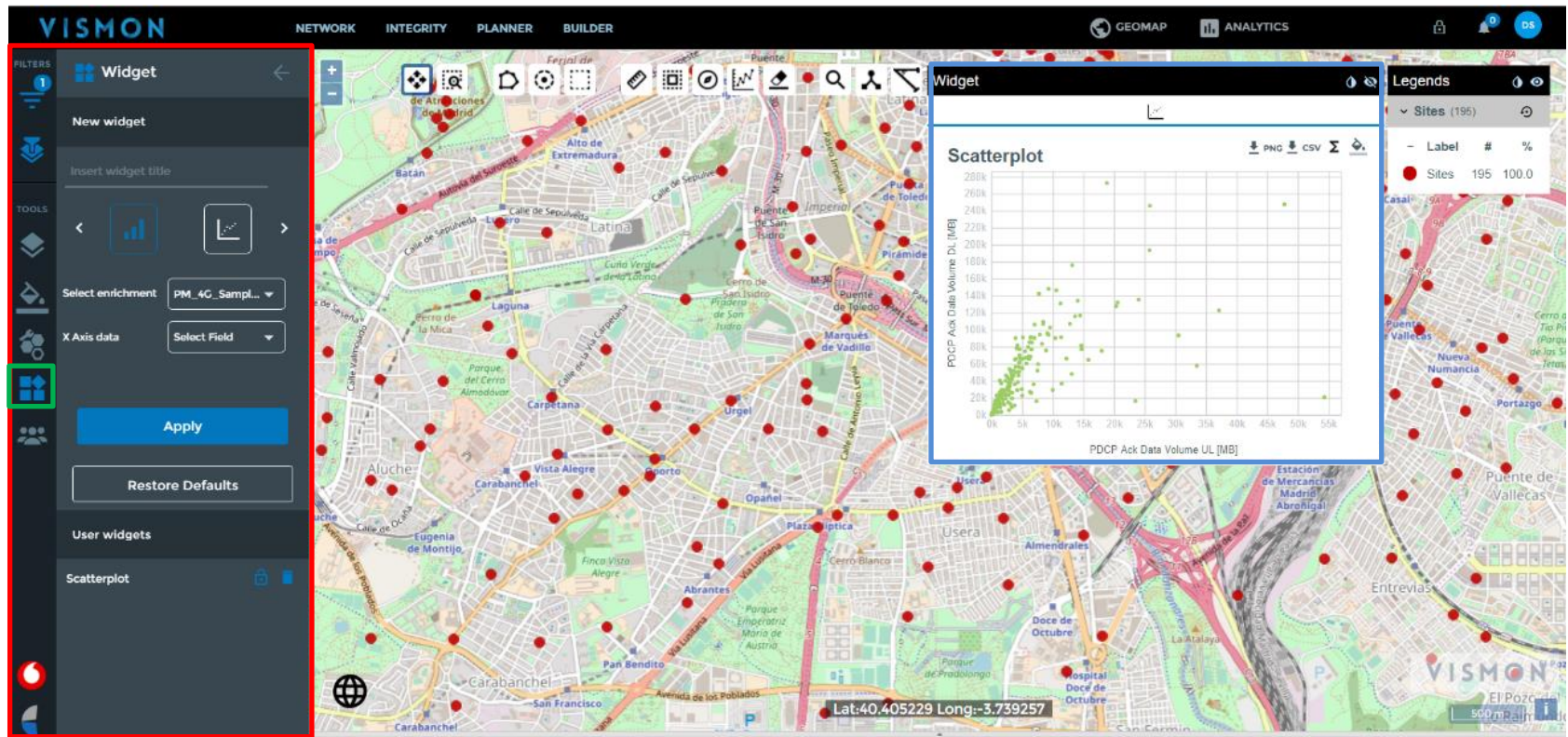


Figura 26 - Barra lateral GeoMap.

Ao carregar sobre o ícone assinalado, o utilizador terá acesso ao menu onde poderá selecionar o tipo de gráfico e os valores que pretende visualizar. A solução suporta três tipos de gráficos: o gráfico de barras, o gráfico *Scatterplot* e o histograma.

O fluxo de utilização, representado no diagrama de atividades da Figura 27, passa por definir o título do gráfico, de seguida escolher qual o tipo de gráfico que pretende representar passando então para a escolha da fonte de dados e a informação a representar no mesmo. O gráfico de barras e o histograma apenas disponibilizam a seleção de uma variável, já o *Scatterplot* permite selecionar duas variáveis para visualização.

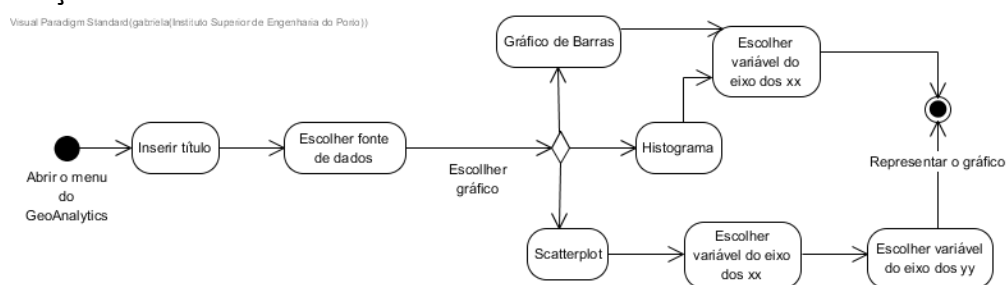


Figura 27 - Diagrama de atividades para a criação de um gráfico.

Depois de preencher todos os campos anteriormente referidos, o utilizador carrega no botão de “Aplicar” para apresentar o gráfico. Os gráficos criados são representados na área de “User widgets”, apresentada na Figura 31, onde é possível manipular cada um individualmente. O menu de interação possui uma opção de “Restore Defaults” que apaga todos os gráficos gerados e restaura a informação presente no menu.

5.2 Widgets

O desenvolvimento deste projeto foi realizado de forma iterativa. O primeiro ponto passou por desenvolver alguns tipos de gráficos para a plataforma e depois avaliar o seu comportamento consoante o volume de dados e o tipo de informação a representar. Inicialmente foram desenvolvidos os seguintes tipos de gráficos:

- Gráfico de barras;
- Gráfico *heatmap*;
- Gráfico *scatterplot*;

Estes tipos de gráficos foram testados com conjuntos de dados reduzidos, não tendo sido detetadas dificuldades de visualização em nenhuma das opções. Quando se aumentou o conjunto de dados, foi possível verificar que o *heatmap* não seria uma opção viável, pois este tornava-se ilegível.

Foi então decidido avançar com a integração do gráfico de barras e do *scatterplot* na solução a desenvolver e iniciar a integração da mesma com a ferramenta de representação geográfica. Após isso foi gerada a primeira versão do componente e realizada a sua integração no GeoMap.

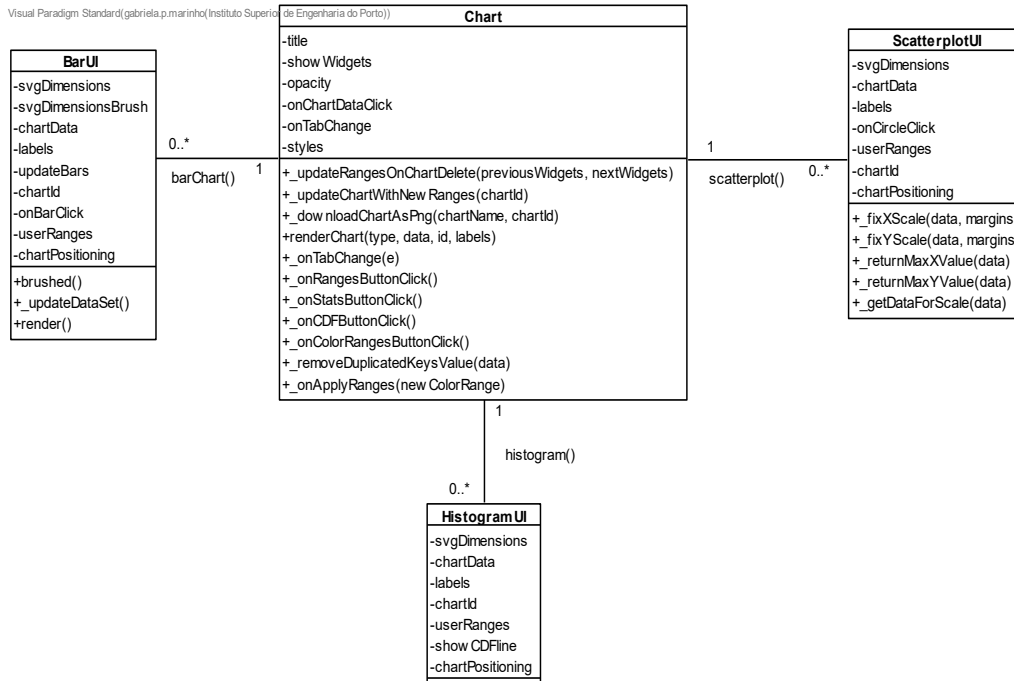


Figura 28 - Diagrama de classes da solução a alto nível.

Para se conseguir desenvolver a aplicação da forma mais genérica possível, optou-se por definir uma classe principal, a classe “Chart”, que é responsável por instanciar os diferentes tipos de gráficos. Na Figura 28, está representado um diagrama de classes a alto nível, incluindo as principais classes da aplicação. A classe “BarUI” que é responsável por instanciar o gráfico de barras, a classe “ScatterplotUI” que é responsável por instanciar o gráfico “Scatterplot” e a classe “HistogramUI” que é responsável pela instanciação do gráfico histograma. Todas as classes mencionadas pertencem ao componente “Widgets” que é parte integrante do componente GeoMapUI, que se encontram descritos no subcapítulo de Desenho da solução.

```

const widgets = [
  {
    chartType: 'Bar',
    chartData: barChartData,
    title: 'Bar Chart Example',
    xAxisLabel: 'KPIsLTE_site - DL Thput Per UE [Mbps]',
  }
];

```

Listagem de código 1 - Exemplo de instanciação do componente dos widgets.

Para utilizar a ferramenta desenvolvida é necessário enviar-lhe um objeto que contenha a seguinte informação: tipo de gráfico que é pretendido desenhar, a

informação a representar, o título e as legendas. A estrutura do objeto é a representada na Listagem de código 1.

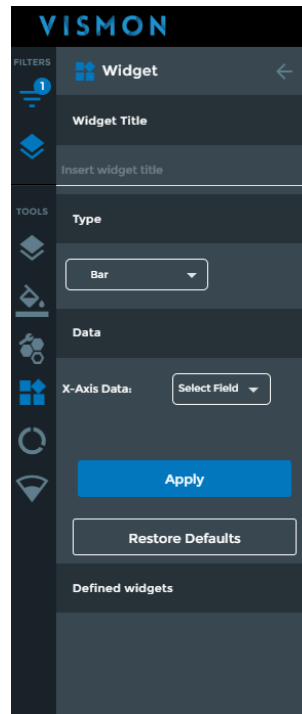


Figura 29 - Implementação inicial do menu de interação.

Esta informação é enviada da ferramenta de GIS para o componente desenvolvido através de um menu de interação, que permite escolher a informação acima mencionada. Na Figura 29 podemos visualizar a versão inicial desse menu. O menu utilizado para a interação com o componente dos Widgets foi um dos primeiros pontos a ser melhorado.

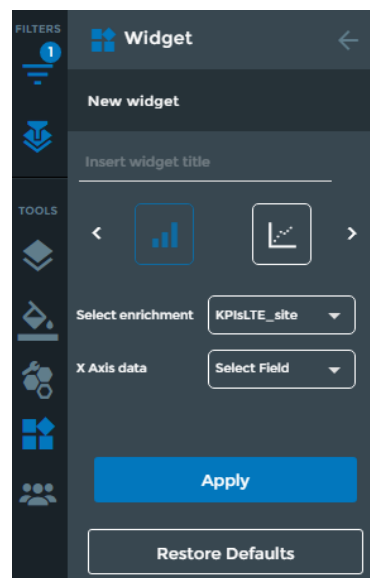


Figura 30 - Implementação final do menu de interação – “New widget”.

As alterações efetuadas tiveram impacto no método de escolha do gráfico pretendido e na reorganização das secções, passando o menu a estar dividido em apenas duas secções, a “New widget” como podemos verificar na Figura 30 e a de “User widgets” que pode ser vista na Figura 31. A área representada na Figura 31 é onde o utilizador pode visualizar os gráficos criados e eliminar os mesmos.

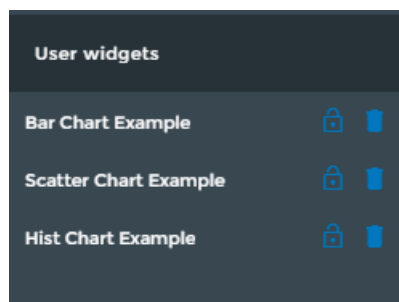


Figura 31 - Implementação final do menu de interação – “User widgets”.

De seguida, vai ser abordada a implementação de cada um dos tipos de gráfico e realizada uma breve explicação sobre as suas funcionalidades e sobre as tecnologias utilizadas no seu desenvolvimento.

5.2.1 Gráfico de barras

Na Figura 32, está representado o diagrama de classes correspondente à criação de um gráfico de barras.

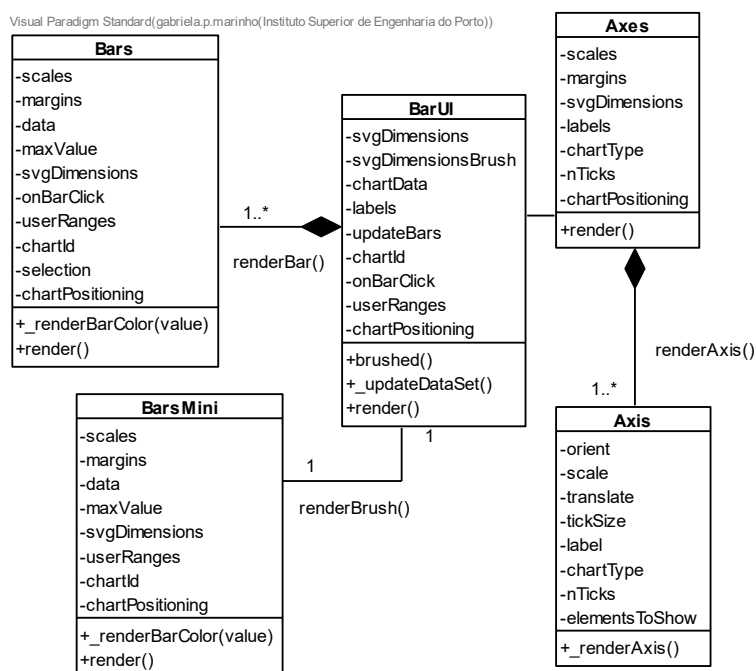


Figura 32 - Diagrama de classes para o gráfico de barras.

A classe “BarUI” é responsável por instanciar a classe “Axes”, que tem por sua vez a responsabilidade de desenhar os eixos do referencial, e a classe “Bars” fica responsável por desenhar as barras. Com base nesta organização de classes, foi possível iniciar a implementação do gráfico. Numa primeira fase este apenas tinha disponível uma funcionalidade, representada pelo ícone de uma régua, que se encontra assinalada por um retângulo vermelho na Figura 33.



Figura 33 - Primeira implementação do gráfico de barras.

Esta funcionalidade permitia reduzir o número de barras apresentadas no ecrã, sendo que a redução apenas podia ser realizada da direita para a esquerda.

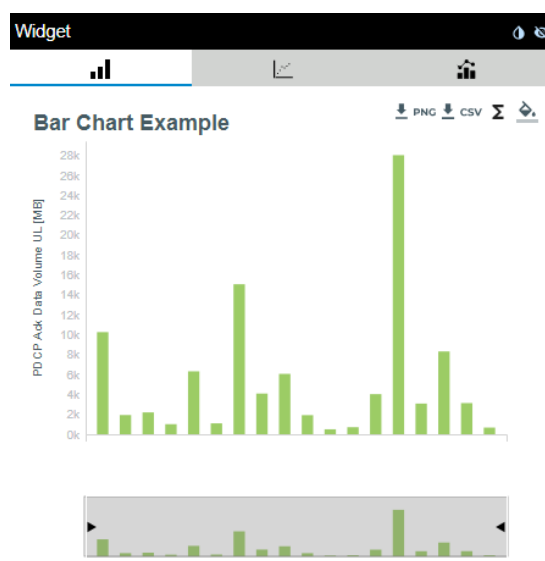


Figura 34 - Implementação final do gráfico de barras.

Numa segunda fase de implementação, a interface do gráfico de barras foi redesenhada, e a funcionalidade que permitia reduzir o número de barras visíveis foi melhorada, como se pode visualizar na Figura 34.

Na implementação inicial a funcionalidade de redução do número de barras, apenas permitia reduzir as barras a partir da extremidade direita do gráfico, sendo que na versão mais recente esta funcionalidade, denominada de “Brush”, permite ajustar as duas extremidades do conjunto de dados, como também permite deslizar o intervalo definido sobre o gráfico, aplicando a técnica de representação de pixéis densos da secção de Técnicas de Visualização de Informação.

O *brush* foi a solução utilizada para ultrapassar as dificuldades de visualização do gráfico de barras quando o conjunto de dados a visualizar é elevado. Esta funcionalidade é criada com recurso à classe “BarsMini”, que cria uma versão miniatura do gráfico de barras permitindo ao utilizador navegar sobre esta. O *brush* é uma função específica da biblioteca D3, na qual se pode seleccionar o eixo sobre o qual esta deve ser aplicada e o intervalo de valores abrangido pela zona sombreada (*extent*).

No extrato de código apresentado na Listagem de código 2, é possível ver um exemplo de instanciação dessa função.

```
const brush = d3
  .brushX()
  .extent([
    [margins.left, 0],
    [svgDimensionsBrush.width, (svgDimensionsBrush.height-49)]
  ])
  .on("brush", this.brushed);
```

Listagem de código 2 - Instanciação da funcionalidade de brush.

5.2.2 Gráfico de scatterplot

Na Figura 35, está representado o diagrama de classes correspondente à criação do gráfico *Scatterplot*. A classe “ScatterplotUI” é responsável por instanciar os eixos, classe “Axes”, do referencial e definir as escalas que vão ser utilizadas para desenhar o gráfico.

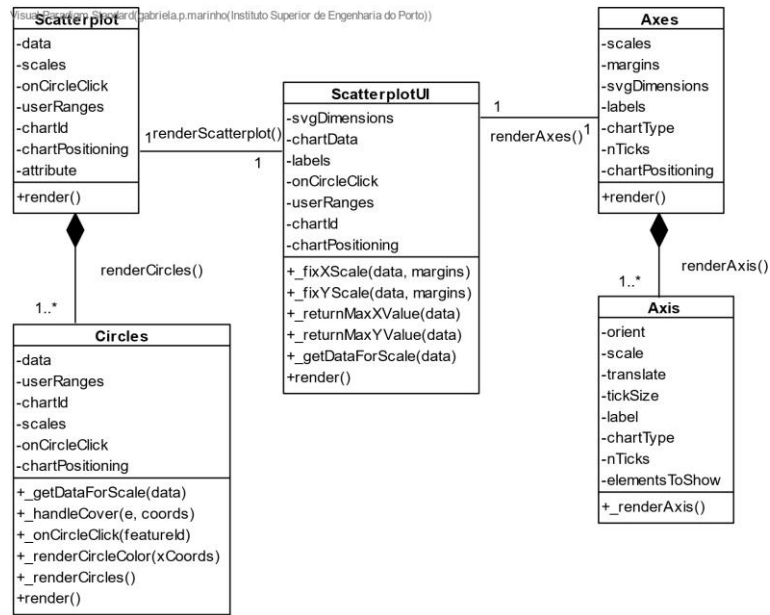


Figura 35 - Diagrama de classes para o gráfico *scatterplot*.

Na Listagem de código 3, apresenta-se um exemplo dos parâmetros utilizados para a criação da escala a utilizar. A escala é criada com recurso a funções internas da biblioteca D3, onde apenas é necessário definirem-se os valores mínimos e máximos do domínio e o intervalo de pixéis que estarão disponíveis.

```

_fixXScale(stateData, margins, svgDimensions) {
  return d3.scaleLinear()
    .domain([0, this._returnMaxXValue(stateData) * 1.05])
    .range([margins.left, svgDimensions.width - margins.right]);
}

```

Listagem de código 3 - Criação de uma escala no gráfico *Scatterplot*.

A classe “Scatterplot” tem a responsabilidade de instanciar os círculos, classe “Circle”, nas coordenadas respetivas, consoante o conjunto de dados fornecido.

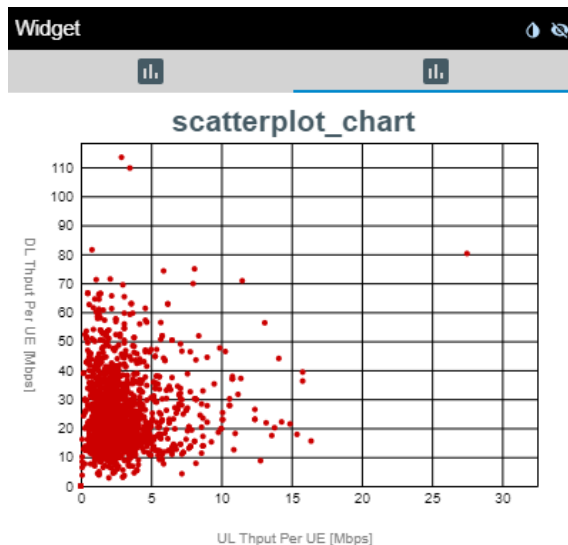


Figura 36 - Primeira implementação do *Scatterplot*.

A implementação inicial deste gráfico foi realizada visando apenas a representação gráfica de um conjunto de dados, como é visível na Figura 36, não possuindo nenhuma funcionalidade extra que acrescentasse valor à informação.

Após a implementação inicial, surgiu a necessidade de acrescentar mais valor à ferramenta e ao Scatterplot, tendo por isso sido adicionadas novas funcionalidades transversais aos outros tipos de gráficos. Na Figura 37, podemos visualizar umas das novas funcionalidades implementadas, denominada por “color ranges”, e que permite a um utilizador definir intervalos de cor e aplicá-los ao gráfico com o intuito de auxiliar e facilitar a análise da informação, indo ao encontro da técnica de representação icónica referida no ponto 2.1.3.

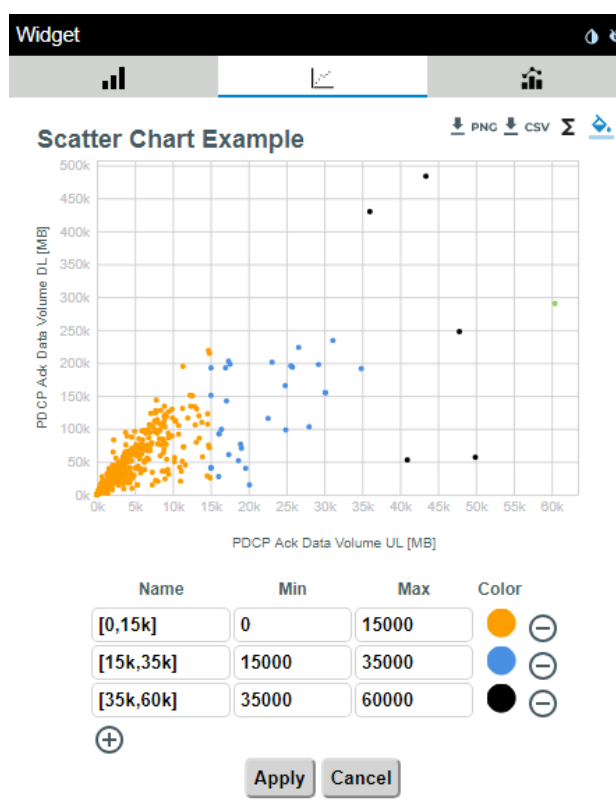


Figura 37 - Funcionalidade "color ranges".

Outra funcionalidade transversal, não estando disponível para o gráfico histograma, que foi desenvolvida, é a de representação de dados estatísticos sobre a informação apresentada no gráfico, como podemos ver na Figura 38.

	Average	Max.Value	Min.Value
X-axis	49665.52	129814	0
Y-axis	5588.35	483450	0
Correlation	0.587	Count	3785

Figura 38 - Menu de dados estatísticos.

Para além das funcionalidades já referidas, foram também adicionadas as opções de download dos gráficos para os formatos PNG e CSV.

5.2.3 Gráfico histograma

Na Figura 39 está representado o diagrama de classes referente à criação de um gráfico histograma. A principal particularidade deste tipo de gráficos, é que quando a classe “Histogram” é instanciada, esta fica responsável por repartir a informação fornecida e agrupá-la em contentores, para poder representá-la graficamente.

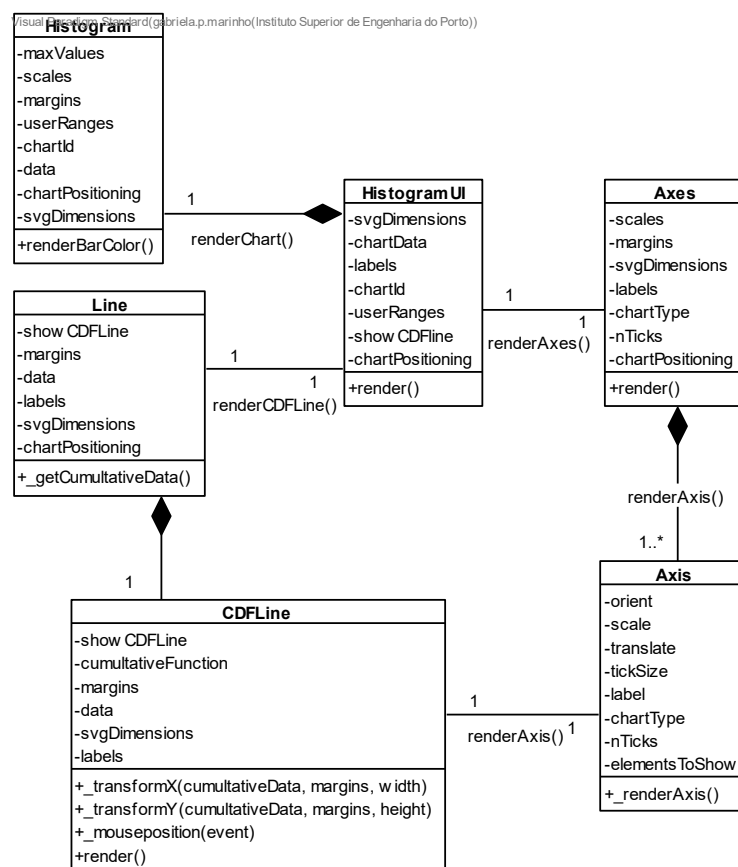


Figura 39 - Diagrama de classes para o gráfico histograma.

Aquando da instanciação da classe “Line” é realizado o cálculo da distribuição acumulada com base no conjunto de dados referido, o cálculo é realizado com recurso à função apresentada na Listagem de código 4.

A função apresentada na Listagem de código 4, implementada em código ECMAScript 6, é responsável por calcular os valores necessários, que são enviados para a classe “CDFLine” para desenhar a curva de frequência acumulada do conjunto de dados, representada na Figura 40 pela curva azul com os pontos vermelhos.

```

_getCumulativeData = () => {
  let totalAmount = 0;
  let cumulativeAmount = [];
  let cumulativeData = [{ xValue: 0, yValue: 0}];

  this.props.data.forEach((d, i) => {
    totalAmount += d.length;
    if (i > 0) {
      cumulativeAmount[i] = d.length + cumulativeAmount[i - 1];
    } else {
      cumulativeAmount[i] = d.length;
    }
  });
  cumulativeAmount.forEach((d, i) => {
    cumulativeData.push({
      xValue: data[i].x1,
      yValue: (d / totalAmount) * 100
    });
  });
  return cumulativeData;
}

```

Listagem de código 4 - Função de cálculo da distribuição acumulada.

Esta curva pode ser ativada e desativada conforme o utilizador pretender, através do ícone assinalado na Figura 40 por um retângulo vermelho.

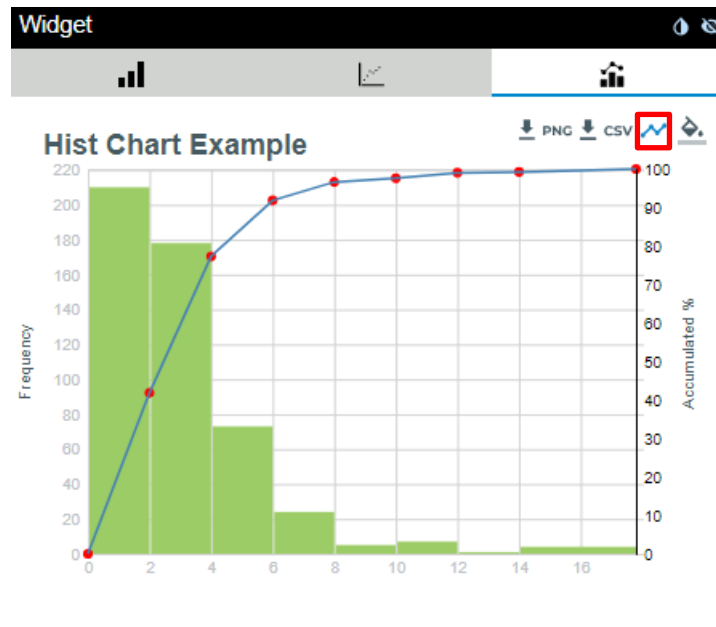


Figura 40 - Implementação final do histograma.

Este gráfico apresenta a informação agrupada em contentores, seguindo assim a técnica de representação empilhada, que pode ser consultada na secção de Técnicas de Visualização de Informação.

6 Avaliação

“In practice, one approach is to compare the new method with a “reference” method. If the “test” method compares favourably, it is judged to be acceptable.”
(Westgard & Hunt, 1973)

Com o intuito de avaliar a satisfação dos utilizadores para os quais a ferramenta foi pensada, foi realizado um inquérito de satisfação, que pode ser consultado no Anexo A deste documento, e um teste de usabilidade cujas questões estão explicitais na Tabela 6.

As principais vantagens associadas a este tipo de inquéritos passam por perceber se o utilizador se encontra satisfeito com a ferramenta e se tem alguma sugestão de melhoria.

Os inquéritos de satisfação realizaram-se após o desenvolvimento da aplicação estar concluído, tendo sido inquiridas quinze pessoas. O questionário era constituído por doze questões. Para as questões um até à questão seis e também para questão nove foi utilizada uma escala numérica de um (insuficiente) a cinco (excelente). As questões setes, dez, onze e doze eram de respostas múltiplas e a questão número oito era de resposta aberta.

O teste de usabilidade é constituído por sete passos que seriam depois avaliados com recurso à escala de Likert, com cinco níveis de resposta, de um (insuficiente) a cinco (excelente) e a sua realização foi efetuada por 15 pessoas.

A população sobre a qual o inquérito e o teste de usabilidade se insurgiram é composta unicamente por engenheiros de RAN que se encontram familiarizado com ferramentas de GIS na área das redes móveis. Com base nos resultados obtidos foi realizada uma análise estatística que permite concluir quais os pontos fortes e quais os pontos a melhorar na solução apresentada.

6.1 Inquéritos de satisfação

Estes questionários apenas serão realizados a utilizadores que já tenham interagido com a solução e todas as suas funcionalidades. Neste caso, serão elaborados inquéritos de satisfação, constituídos por questões específicas sobre a aplicação e que apenas terão como opção resposta do tipo fechado. Este tipo de questões é útil para obter resultados que podem ser analisados e agrupados estatisticamente. Neste questionário, também estarão incluídas algumas questões de resposta aberta, onde o inquirido poderá expressar a sua opinião sobre a solução e sugerir possíveis melhorias.

Na Tabela 5 é possível visualizar exemplos de perguntas que irão constar de um inquérito de satisfação, bem como o tipo de resposta possível para cada uma delas. As questões com respostas do tipo fechado, terão como opção de escolha uma escala numérica que varia entre um e cinco. Nesta escala, o valor um é a pontuação mais baixa e o cinco a pontuação mais alta.

Tabela 5 - Exemplos de perguntas do inquérito de satisfação.

Questões – Inquérito de satisfação	Tipo de Resposta
A solução permite realizar todo o processo de análise do início ao fim?	Resposta fechada
A capacidade de customização dos <i>widgets</i> é suficiente?	Resposta fechada
A capacidade de escolha de gráficos é suficiente?	Resposta fechada
Como classifica a performance da solução para pequenos volumes de dados?	Resposta fechada
Como classifica a performance da solução para grandes volumes de dados?	Resposta fechada
A utilização da solução é intuitiva?	Resposta fechada
Sente a necessidade de recorrer a ferramentas externas para realizar a análise?	Resposta fechada
O que melhorava nesta solução?	Resposta aberta
Esta solução tem utilidade na realização de uma análise à rede?	Resposta fechada
Esta solução facilita a análise e interpretação dos valores?	Resposta fechada
Esta solução diminui o tempo de duração do processo de análise?	Resposta fechada
Qual a funcionalidade que considera mais útil nesta solução?	Resposta fechada

Com esta metodologia será possível testar a utilidade e adequabilidade da plataforma e das suas funcionalidades. A análise aos resultados obtidos neste questionário permitiu concluir quais são as funcionalidades consideradas mais relevantes por partes dos utilizadores e o nível de utilidade que a ferramenta acrescentou à análise de informação. Sendo que um dos principais objetivos da ferramenta passa por permitir a análise de informação de uma forma mais simples, analisando Figura 41 é possível verificar que 73% dos utilizadores consideram que esta cumpre a função de auxiliar na análise de informação com excelência, tendo atribuído a cotação cinco

A solução permite realizar uma análise sobre um conjunto de dados de um modo simples

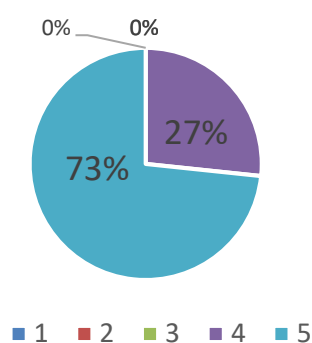


Figura 41 - Resultados obtidos sobre a análise de dados na ferramenta.

É possível concluir que os utilizadores em geral se encontram satisfeitos com a simplicidade da análise e também a sua opinião positiva sobre o indicador de utilidade da plataforma, referido no subcapítulo 2.6, uma vez que todas as respostas se encontram entre as duas classificações mais altas da escala.

Capacidade de customização dos widgets

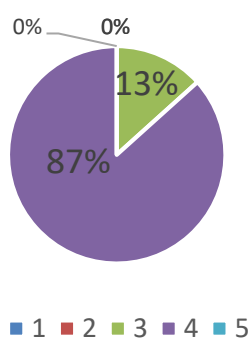


Figura 42 - Resultados obtidos sobre a capacidade de customização da solução.

O segundo ponto a ser analisado no questionário foi sobre a capacidade de customização que a ferramenta permite ao utilizador. Na Figura 42 é possível verificar que este não é um dos pontos mais satisfatórios para o utilizador tendo 87% classificado como sendo muito boa e 13% como sendo boa.

Seguidamente os utilizadores foram questionados sobre a sua satisfação quanto à diversidade de gráficos disponíveis na ferramenta.

Analisando a Figura 43, é possível verificar que 60% dos inqueridos consideraram a diversidade de gráficos disponíveis com sendo boa e os restantes 40% consideraram a variedade de gráficos como sendo muito boa.

Diversidade de gráficos disponíveis

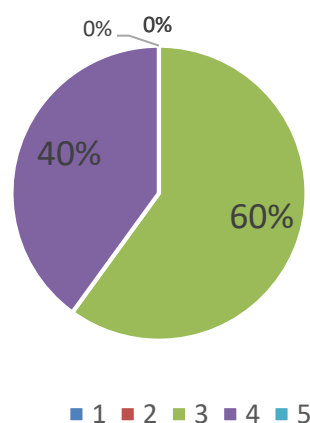


Figura 43 - Resultados obtidos sobre a diversidade de gráficos disponíveis.

Outro ponto a ser analisado neste inquérito passou pela performance da solução para pequenos e para grandes volumes de dados

Performance consoante o volume de dados

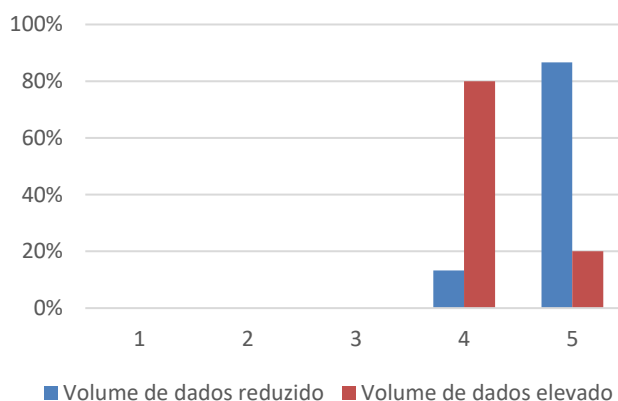


Figura 44 - Gráfico sobre a performance da solução consoante o volume de dados.

Na Figura 44, podemos ver que os utilizadores consideram que a ferramenta funciona melhor para pequenos volumes de dados, tendo 87% atribuído a classificação excelente. Para grandes volumes de dados 80% dos inquiridos consideraram a performance boa.

Foi também avaliada a solução de widgets desenvolvida, em relação ao nível de intuição existente na sua utilização.

Ao analisar o gráfico apresentado na Figura 45, é possível verificar que cerca de 90% dos utilizadores avaliam positivamente este aspeto, uma vez que a maior percentagem de respostas está concentrada entre os níveis quatro e cinco da escala de Likert.

Solução de utilização intuitiva

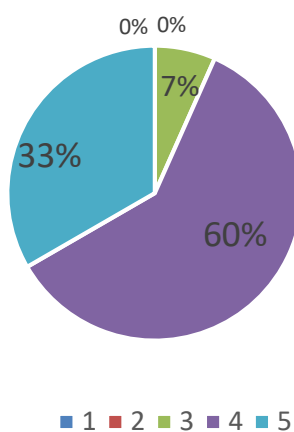


Figura 45 - Resultados obtidos sobre o quão intuitiva é a utilização da solução.

Os inquiridos foram também questionados sobre a necessidade que sentiam de recorrer a ferramentas externas para realizar a análise de informação, avaliando assim o indicador de adequabilidade referido no ponto 2.6.

Necessidade de utilizar outras ferramentas

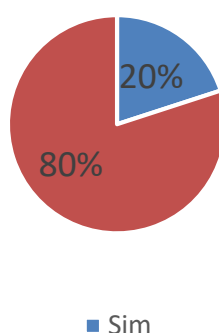


Figura 46 - Gráfico da necessidade de recorrer a outras ferramentas de análise.

Tendo 80% respondido que não sentem essa necessidade, como se pode verificar na Figura 46.

Quando questionados sobre a utilidade desta solução para auxiliar a análise de dados de topologia de uma rede móvel, 80% dos inquiridos foram da opinião que a utilidade da ferramenta é muito boa.

Os restantes 20% dos inquiridos avaliaram este parâmetro com o nível máximo da escala de Likert, atribuindo-lhe por isso a classificação de excelente.

Os resultados obtidos a esta questão podem ser consultados no gráfico apresentado na Figura 47.

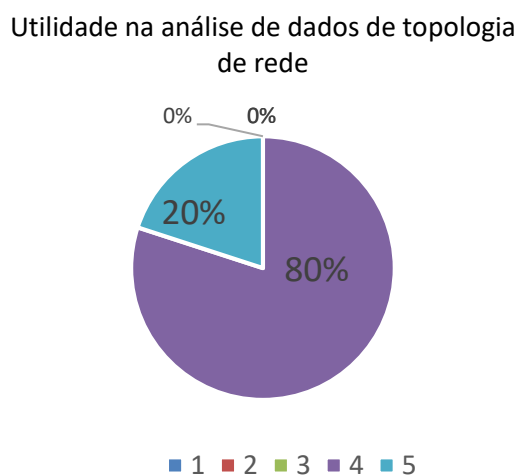


Figura 47 – Gráfico da utilidade da ferramenta na análise de dados.

Outros aspetos importantes e que foram abordados neste inquérito foi se a ferramenta em questão reduz o tempo de análise e a facilidade de analisar informação.

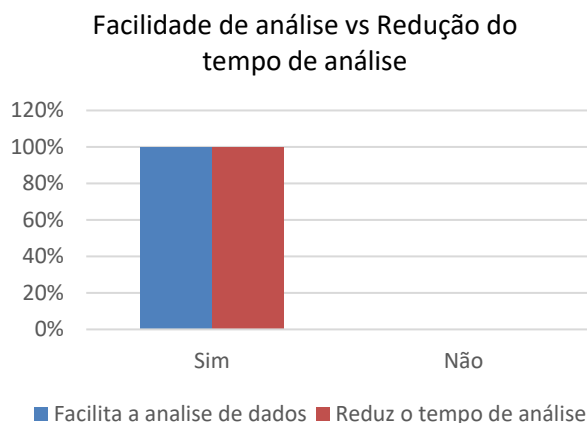


Figura 48 - Gráfico sobre a facilidade e redução do tempo de análise.

É possível verificar, com base na Figura 48 que 100% dos utilizadores respo.

Os utilizadores foram questionados sobre qual seria a sua opinião o principal valor acrescentado pela ferramenta desenvolvida. Esta questão possuía respostas de escolha múltipla nas quais se integravam as seguintes opções de resposta, “Aumenta o valor da informação disponível para análise”, “Facilidade na interpretação de informação”, “Redução do tempo de análise” ou “Todas as anteriores”.

As resposta obtidas para esta questão são as apresentadas na Figura 49, e funcionam como um bom indicador sobre os pontos que o utilizador considera como uma mais valia na solução desenvolvida, bem como os pontos que não são totalmente do seu agrado.

Esta informação irá permitir identificar possíveis pontos de trabalho futuro.

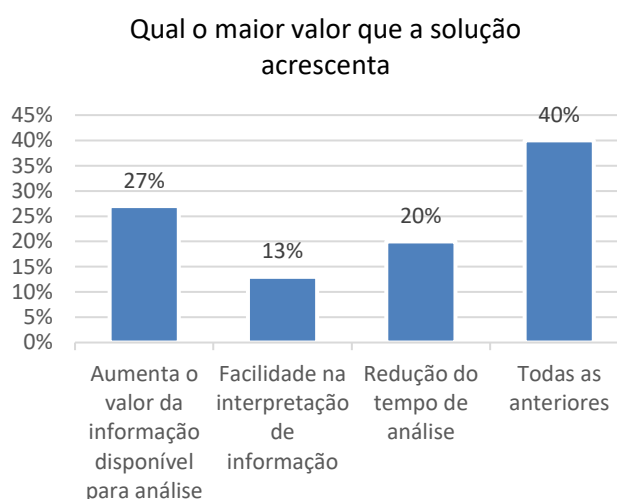


Figura 49 - Resposta sobre qual o maior valor que a solução acrescenta.

Por último, fazia também parte do inquérito uma questão opcional, onde o utilizador podia sugerir melhorias ou novas funcionalidades para a solução.

As respostas obtidas são as seguintes: “Novos tipos de gráficos”, “Edição de widgets já definidos”, “Identifica os controladores em termos visuais e de experiência de utilização tem ainda margem para ser dez sites identificados”, “Evolução no intuito de disponibilizar mais análises estatísticas”, “Mais tipos de gráficos e possibilidade de cruzar universos de dados” e “Maior customização”.

Tendo em conta os parâmetros previamente analisados, é possível concluir que o grau de satisfação do utilizador com a plataforma é elevado.

6.2 Questionários sobre o conteúdo e usabilidade

Este questionário tem o intuito de verificar a análise e interpretação dos dados estatísticos e de configuração de uma rede móvel, bem como das suas anomalias, com recurso à solução a desenvolver.

O método de realização para estes questionários irá passar pela execução, por parte de Engenheiros de RAN, de um questionário de conteúdo e usabilidade, sendo que um será executado sem recurso à nova funcionalidade da plataforma e o outro será executado com recurso à mesma.

Na é possível verificar algumas questões exemplo, e será tido em conta o tempo que o utilizador demora a reunir a informação pedida para cada questão nos dois casos de execução, com e sem recurso à ferramenta.

Os utilizadores irão também atribuir um grau de dificuldade à execução de cada tarefa, numa escala de um a cinco, para cada uma das abordagens.

Tabela 6 - Exemplo de questionário sobre o conteúdo.

Questões sobre o conteúdo
Identificar os dez sites com o valor de <i>throughput</i> ¹³ mais elevado.
Identifica todos os <i>vendors</i> presentes nos sites previamente identificados.
Identifica a versão de <i>software</i> dos <i>vendors</i> identificados
Identifica os controladores dos dez sites identificados.
Identifica os cinco sites com valor de perda de chamadas mais elevado.
Identifica as tecnologias desses sites.
Como classifica a dificuldade sentida na realização destas tarefas?

Com esta metodologia será possível analisar o impacto, utilidade e adequabilidade que a ferramenta teve na execução das tarefas.

Esta análise é baseada na interação do utilizador com a plataforma, seguindo um guião que se encontra definido no ponto deste documento.

Os utilizadores, tiveram de realizar as operações descritas, inicialmente sem recurso à ferramenta desenvolvida e seguidamente com recurso à mesma.

Após a realização desses passos, foi-lhes pedido para classificarem a solução quanto à sua usabilidade, facilidade de utilização e auxílio na análise e interpretação de informação e adequação do seu conteúdo, estando os resultados obtidos apresentados na Tabela 7.

¹³ Taxa de transferência de uma rede.

Tabela 7 - Resultados obtidos após o questionário de conteúdo e usabilidade.

Pontos avaliados	Média da classificação
Usabilidade	5
Fácil utilização	4,7
Interpretar informação	5
Analisar informação	5
Adequação do conteúdo	4,5

Com estes questionários foi possível observar que a solução desenvolvida é de fácil utilização e que simplifica o processo de análise de informação em redes móveis, uma vez que permite agregar e filtrar a informação conforme o utilizador desejar. O processo é também facilitado uma vez que recorrendo à ferramenta de widgets o utilizador não necessita de exportar a informação para outras ferramentas, podendo realizar toda a análise de dados na mesma plataforma, o que é mais prático e rápido.

É então possível concluir que os utilizadores consideram a ferramenta como uma mais valia para a realização do seu trabalho e que todos concordam que esta facilita e diminui o processo inicial de análise de informação.

6.3 Testes de usabilidade

Neste caso, será criado um guião, constituído por um conjunto de ações que o utilizador terá de realizar durante a execução do teste de usabilidade. Durante a realização dos testes, estarão a ser registados os tempos que o utilizador demora na execução de cada passo, os comentários que este tecer sobre as funcionalidades com as quais está a interagir durante o teste, bem como a sua opinião geral sobre a utilização da aplicação. Com esta metodologia será possível avaliar a usabilidade da solução.

6.4 Comparação de dados de performance

Nesta metodologia serão realizados testes de comparação entre os tempos de respostas da aplicação, consoante a variação no número de utilizadores da mesma. Serão também executados testes de performance às diversas funcionalidades, consoante a variação do volume de dados na plataforma.

A comparação será realizada da seguinte forma, realizar os testes para um conjunto de informação reduzida e avaliar o tempo de resposta da solução. O tempo de resposta será avaliado para cada uma das funcionalidades implementadas.

Esta metodologia irá permitir analisar a performance e qualidade do software.

6.5 Testes

“The primary goal of a usability test is to improve the usability of the product that is being tested. Another goal, as well will discuss in detail later, is to improve the process by which products are designed and developed, so that you avoid having the same problems again in other products.” (Dumas, 1999)

Para analisar o resultado dos testes de usabilidade é importante procurar padrões entre as respostas obtidas durante a realização dos mesmos, como por exemplo, se existiram vários utilizadores com dificuldades na realização de uma determinada tarefa, representando esta informação graficamente para facilitar a sua análise. Após isso, deverá prosseguir-se para a análise dos resultados obtidos no gráfico, extraíndo deste as informações mais pertinentes para a aplicação.

Para analisar o resultado dos inquéritos de satisfação e dos questionários de conteúdo, será aplicado o teste estatístico “t-test” que nos permite realizar uma análise comparativa entre os valores da média de duas amostras distintas, e verificar se existe ou não uma variância significativa entre ambas. Este teste será realizado tendo por base as respostas aos inquéritos de satisfação e de conteúdo. A realização deste teste irá incidir sobre os resultados dos testes de performance e de usabilidade, e inicia-se com a definição dos valores estatísticos (média, desvio padrão e distribuição) da informação obtida. Estes dados podem ser analisados estatisticamente, possibilitando identificar os pontos fortes e fracos da aplicação e testando também as hipóteses elaboradas no subcapítulo 1.4.

7 Conclusões

O trabalho desenvolvido ao longo desta dissertação teve como objetivo explorar soluções para colmatar as necessidades existentes na análise, gestão e representação de dados de redes móveis no contexto de sistemas de representação geográfica.

Com o crescimento das redes móveis aumentou o nível de complexidade das mesmas, que por sua vez resultou numa maior dificuldade associada ao processo de gestão, análise e correlação de dados da rede.

De modo a reduzir a dificuldade na análise de uma rede móvel, foram introduzidas ferramentas de GIS que permitem a visualização geográfica de toda a rede. Estas ferramentas por si só, não são capazes de solucionar de uma forma eficiente os problemas associados à análise de parâmetros de rede, bem como a correlação dessa informação.

Numa fase inicial do projeto, o objetivo foi aplicar a ferramenta exclusivamente aos dados resultantes de algoritmos de previsão. Desta forma, foi realizado um estudo sobre algoritmos de previsão, apresentado na secção 2.3, com o intuito de entender o seu funcionamento e *output* esperado.

Durante o decorrer desta dissertação, foram analisadas as seguintes formas de representação de informação:

- Gráfico de barras;
- Bullet Graph;
- Histograma;
- Gráfico de densidade;
- Mapa de pontos;
- Box Plot;
- Heatmap;
- Scatterplot;
- Diagrama de Venn.

Estes tipos de representação foram analisados na subsecção 2.1.4, de modo a concluir quais seriam as mais relevantes para o problema apresentado. Para tal, e com base no desenho da aplicação, apresentado na secção 4.1 e no tipo de dados a representar, concluiu-se que os tipos de representação mais adequados seriam os que melhor se adaptassem a diferentes volumes de dados e que não perdessem funcionalidades por serem representados numa janela de pequenas dimensões.

Foi também, na secção 2.1.1, analisado o processo de visualização pelo qual o ser humano passa aquando da observação de informação, descrevendo os passos percorridos pela informação e os fatores externos que podem afetar a sua interpretação. Os pontos abordados no subcapítulo 2.1, auxiliaram na compreensão dos melhores métodos gráficos para a organização e simplificação da análise de dados.

Realizou-se, no ponto 4.2, a comparação entre duas hipóteses arquiteturas para abordagem do problema, tendo-se optado pela que oferecia uma maior liberdade à ferramenta em termos de crescimento das suas funcionalidades, uma vez que na arquitetura selecionada não existem restrições sobre os dados da plataforma de GIS aos quais os Widgets podem aceder. Da arquitetura selecionada foi possível passar para a implementações da plataforma, de modo a obter um resultado que vá ao encontro dos objetivos definidos no capítulo 1.3.

O trabalho desenvolvido responde às seguintes necessidades:

- Permitir a representação gráfica de parâmetros de uma rede móvel;
- Auxiliar e simplificar a interpretação de informação;
- Otimizar a experiência de utilização;
- Permitir a correlação de dados;
- Fornece uma análise estatística dos dados;

Todos os objetivos identificados na fase inicial deste projeto foram atingidos respondendo assim às necessidades que haviam sido apresentadas pelo cliente. Com base na análise realizada na secção de Avaliação a ferramenta teve uma avaliação bastante positiva em todos os parâmetros analisados. A avaliação realizada, permitiu retirar conclusões sobre as hipóteses que tinham sido elaboradas no ponto 1.4, como será explicado de seguida.

Era pretendido comprovar como verdadeiras a hipótese um, a alínea b da hipótese dois e da hipótese três. A hipótese um tinha como objetivo comprovar que com recurso à ferramenta desenvolvida, era possível retirar conclusões sobre a informação representada, tendo sido a pergunta número um do inquérito de satisfação direcionada a esse tópico, e obtido um resultado positivo, que pode ser visualizado no subcapítulo 6.1, que permite comprovar a hipótese elaborada.

A segunda hipótese era relacionada com o comportamento da aplicação para diferentes volumes de dados, um assunto que foi abordado nos inquéritos de satisfação, tendo os resultados obtidos, apresentados no ponto 6.1, sido maioritariamente positivos podendo comprovar a alínea b e recusar a alínea a, mas que também permitiu perceber que existem pontos de melhoria quando se trata da representação de grandes volumes de informação.

A terceira e última hipótese elaborada possuía duas alíneas, na alínea a o objetivo era comprovar que os utilizadores sentiam a necessidade de recorrer a outras ferramentas e a alínea b pretendia concluir que com o desenvolvimento da ferramenta de widgets, os utilizadores não sentiriam a necessidade de recorrer a ferramentas externas para a análise de informação, tendo os resultados obtidos nos Inquéritos de satisfação permitiram comprovar a alínea b e rejeitar a alínea a.

Uma limitação identificada na realização deste trabalho foi a não realização dos Testes de usabilidade, dos testes de Comparação de dados de performance, uma vez que não existiu disponibilidade para a sua realização. Em consequência da não realização dos testes referidos anteriormente, não foi possível realizar os Testes estatísticos, pois os únicos dados recolhidos eram opiniões de utilizadores e não dados concretos sobre os tempos de execução da aplicação. Com base nessa análise foi também possível identificar alguns pontos de melhoria e alguns pontos para um trabalho futuro. Atualmente a ferramenta possui apenas três tipos de gráficos, seria por isso interessante aumentar a diversidade de gráficos disponíveis. O funcionamento da solução ainda não é o ideal para elevados volumes de dados e é necessário explorar novas formas de ultrapassar essa restrição, a capacidade de customização é também limitada, sendo também interessante permitir que o utilizador tenha uma maior capacidade para customizar a solução. Outros pontos que podem constar de um trabalho futuro passam por melhorar a experiência do utilizador, alargar o universo de algumas das funcionalidades já existentes, permitir que o utilizador possa ter mais do que um gráfico por aba bem como poder editar widgets já definidos. Seria também interessante persistir os gráficos entre sessões e permitir que os utilizadores partilhassem entre si os widgets que definiram.

Referências

Shalev-Shwartz, S. & Ben-David, S., 2014. *Understanding Machine Learning: From Theory to Algorithms*. New York: Cambridge University Press.

Alexandre, D. S. & Tavares, J. M. R. S., 2007. *FACTORES DA PERCEÇÃO VISUAL HUMANA NA*, Porto: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

Azevedo, P., s.d. *Antenas, Propagação e*. s.l.:CINEL – Centro de Formação Profissional da Indústria Electrónica.

Card, S. K., Mackinlay, J. D. & Shneiderman, B., 1999. *Readings in Information Visualization: Using Vision to Think*. s.l.:Academic Press.

Celfinet, 2016. *RAN Energy Optimizer, Product Description. 2016*, Lisboa: s.n.

Celfinet, 2016. *VISMON Manager V3 Product Description*, Lisboa: s.n.

Chang, D., Dooley, L. & Tuovinen, J. E., 2002. *Gestalt Theory in Visual Screen Design – A New Look at an Old Subject*, Victoria: Monash University.

Conto, S. . M. d., Britto, J. C. & Schnorrenberger, A., 2013. PROPOSTA DE MODELO DE CADEIA DE VALOR PARA UM CENTRO UNIVERSITÁRIO. *Revista Gestão Universitária na América Latina*, pp. 143-159.

Cruz, L. S. d., 2016. *Proof of Concept (PoC)*. [Online] Available at: <https://pt.linkedin.com/pulse/proof-concept-poc-leandro-silva-da-cruz>

Duarte Condesso Gomes, M. S., 2012. *Estudo da percepção dos problemas de usabilidade de um software relacionados com o desempenho dos processos cognitivos*, Lisboa: Instituto Politécnico de Lisboa - Escola Superior de Comunicação Social.

Dumas, J. S. a. J. R., 1999. *A practical guide to usability testing*, s.l.: Intellect books.

EINOV, 2017/2018. *Pensar o negócio - Modelo CANVAS*. [Online] Available at:

https://moodle.isep.ipp.pt/pluginfile.php/168587/mod_forum/attachment/16203/EINOV%200.2%20-%20Defini%C3%A7%C3%A3o%20do%20Neg%C3%B3cio%20-%20CANVAS.pdf

Europe, M., 2017. *Vodafone trials network AI in Germany, Ireland*. [Online] Available at: <https://www.mobileeurope.co.uk>

Fettweis, G. & Zimmermann, E., 2008. *ICT ENERGY CONSUMPTION – TRENDS AND CHALLENGES*, Dresden: The 11th International Symposium on Wireless Personal Multimedia Communications (WPMC 2008) .

Few, S., 2007. *DATA VISUALIZATION PAST, PRESENT, AND FUTURE*, s.l.: Cognos Innovation Center for Performance Management.

Fidalgo, N., 2017. *FEUP-Faculdade de Engenharia de Universidade do Porto*. [Online] Available at: <https://sigarra.up.pt/feup/pt/> [Acedido em 17 01 2018].

Galvão Mourato, A. I., 2017. *Desenvolvimento de um Modelo de Consumo Energético para Redes de Acesso Rádio 2G/3G/4G com Base em Dados Reais*, Lisboa: Instituto Superior de Engenharia de Lisboa.

Gershon, R. A., 2001. *Telecommunications Management - Industry Structures and Planning Strategies*. Michigan: Lawrence Erlbaum Associates, Publishers.

Goodchild, M. F., 2009. Geographic information system. Em: *Approaches to Human Geography*. Springer: SAGE Publications, pp. 1231-1236.

Havre, S., Hetzler, B. & Nowell, L., 2000. *ThemeRiver: Visualizing Theme Changes over Time*, Washington: Battelle Memorial Institute's Information Synthesis.

Hyndman, R., 2006. Another Look at Forecast Accuracy Metrics for Intermittent Demand. *he International Journal of Applied Forecasting*, pp. 43-46.

Keim, D. & Ward, M., 2003. Visualization. Em: M. Berthold & D. J. Hand, edits. *Intelligent Data Analysis: An Introduction*. s.l.:Springer, pp. 403-427.

Koen, P. A., Bertels, H. M. & Kleinschmidt, E., 2014. *Managing the Front End of Innovation—Part I*, s.l.: RESEARCH-ON-RESEARCH.

LAKATOS, E. M. & MARCONI, M. A., 1995. *Metodologia do trabalho científico*, São Paulo: Atlas.

Lambert, S. et al., 2012. *Worldwide electricity consumption of*, Gent: Ghent University.

LLC., 6. D. D., 2016. *2016 Global Mobile Consumer Survey: US Edition The market-creating power of mobile*, s.l.: s.n.

Longley, P. A., Goodchild, M. F., Maguire, D. J. & Rhind, D. W., 2005. GIS in telecommunications. Em: *Geographical Information Systems: Principles, Techniques, Management and Applications, Abridged*. s.l.:s.n., pp. 819-826.

Mercieca, P., Hayward, B. & Holt, A., 2016. *Powering a connected world*, s.l.: KPMG.

metricell, 2016. *An introduction to SmartTools*, s.l.: s.n.

metricell, 2017. *SmartTools - Release 2.0 Overview*, s.l.: s.n.

Monteiro, M. A. B., 2016. *Forecasting Traffic and Balancing Load for Quality Driven LTE Networks*, Lisboa: Instituto Superior Técnico de Lisboa.

Muyuka, N., 2015. *PROJECT MONITORING AND EVALUATION AND ITS IMPORTANCE*. [Online]
Available at: <https://www.linkedin.com>

Nicola, S., 2017. *Análise de Valor*, Porto: s.n.

Nicola, S., Pinto Ferreira, E. & Pinto Ferreira, J. J., 2012. International Journal of Information Technology & Decision. *International Journal of Information Technology & Decision*, pp. 661-703.

Osterwalder, A., Pigneur, Y. & Clark, T., 2011. Business Model Generation: A handbook for visionaries, game changers and challengers. *African journal of business management*, pp. 8918-8932.

Rohrer, R. M. & Swing, E., 1997. *Web-Based Information Visualization*, s.l.: National Security Agency.

Saaty, T. L., 2008. *Decision making with the analytic hierarchy process*, Pittsburgh: Int. J. Services Sciences.

Statista, 2018. *Number of mobile phone users worldwide from 2013-2019*. [Online]
Available at: <https://www.statista.com/statistics/274774/forecast-of-mobile-phone-users-worldwide/>

Telesintese, 2017. *SETOR DE TELECOM AMPLIA COMPRA DE ENERGIA NO MERCADO LIVRE* - *TeleSintese*. [Online]
Available at: <http://www.telesintese.com.br>

Ware, C., 2013. *Information Visualization: Perception for Design*. Waltham: ELSEVIER.

Westgard, J. O. & Hunt, M. R., 1973. *Use and Interpretation of Common Statistical Tests in Method-Comparison Studies*, s.l.: Clinical Chemistry.

Wigginton, C., 2017. *2017 Telecommunications Industry Outlook | Deloitte US*. [Online]
Available at: <https://www2.deloitte.com>

Yevjevich, V., 1967. *AN OBJECTIVE APPROACH TO DEFINITIONS AND INVESTIGATIONS OF CONTINENTAL HYDROLOGIC DROUGHTS*. Colorado State University: Colorado.

Yu, J., 2017. *How AT&T is Preparing for the Future of Artificial Intelligence*. [Online] Available at: www.att.com

Anexos

Anexo A –Inquérito de Satisfação

Inquérito de satisfação

Este formulário está a ser realizado no âmbito de uma dissertação para a obtenção do grau de mestre em Engenharia Informática no ramo de Engenharia de Software. O presente inquérito tem como objetivo avaliar a utilidade e satisfação desta plataforma no auxílio das tarefas diárias de análise de uma rede móvel pelos engenheiros de RAN.

*Obrigatório

A solução permite realizar todo o processo de análise de uma rede do início ao fim? *

	1	2	3	4	5	
Insuficiente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Excelente

Como classifica a capacidade de customização dos widgets? *

	1	2	3	4	5	
Insuficiente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Excelente

Como classifica a diversidade de gráficos disponíveis? *

	1	2	3	4	5	
Insuficiente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Excelente

Como classifica a performance da solução para pequenos volumes de dados? *

	1	2	3	4	5	
Insuficiente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Excelente

Como classifica a performance da solução para grandes volumes de dados? *

	1	2	3	4	5	
Insuficiente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Excelente

Considera a utilização da solução intuitiva? *

	1	2	3	4	5	
Insuficiente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Excelente

Sente a necessidade de recorrer a ferramentas externas para realizar a análise da rede? *

- Sim
- Não

O que melhorava nesta solução?

Sua resposta

Como classifica a utilidade desta solução na realização de uma análise À rede? *

	1	2	3	4	5	
Insuficiente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Excelente

Esta solução facilita a análise e interpretação de valores? *

- Sim
- Não

Como classifica a performance da solução para grandes volumes de dados? *

	1	2	3	4	5	
Insuficiente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Excelente

Considera a utilização da solução intuitiva? *

	1	2	3	4	5	
Insuficiente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Excelente

Sente a necessidade de recorrer a ferramentas externas para realizar a análise da rede? *

- Sim
- Não

O que melhorava nesta solução?

Sua resposta

Como classifica a utilidade desta solução na realização de uma análise à rede? *

	1	2	3	4	5	
Insuficiente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Excelente

Esta solução facilita a análise e interpretação de valores? *

- Sim
- Não

Esta solução facilita a análise e interpretação de valores? *

Sim

Não

Esta solução reduz o o tempo de duração do processo de análise? *

Sim

Não

Que funcionalidade considera mais útil? *

Enriquecimento do valor da informação

Facilidade na interpretação de informação

Outro: _____

ENVIAR