U.PORTO

FEUP FACULDADE DE ENGENHARIA
UNIVERSIDADE DO PORTO

METODOLOGIA PARA AVALIAÇÃO DE RESULTADOS DE MEDIDAS DE REDUÇÃO DO RISCO DE ACIDENTES RODOVIÁRIOS NA REDE ASCENDI

BIANCA PRISCILA DOS SANTOS ALVES

Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de

MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL

ESPECIALIZAÇÃO EM PLANEAMENTO DO TERRITÓRIO E TRANSPORTES

Orientadora: Professora Doutora Sara Maria Pinho Ferreira

MARÇO DE 2023

Versão para discussão

MESTRADO EM ENGENHARIA CIVIL 2022/2023

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

Tel. +351-22-508 1901

✉ m.ec@fe.up.pt

Editado por

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

Rua Dr. Roberto Frias

4200-465 PORTO

Portugal

Tel. +351-22-508 1400

✉ feup@fe.up.pt

🌍 http://www.fe.up.pt

Reproduções parciais deste documento serão autorizadas na condição que seja mencionado o Autor e feita referência a *Mestrado em Engenharia Civil - 2022/2023 - Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2023*.

As opiniões e informações incluídas neste documento representam unicamente o ponto de vista do respetivo Autor, não podendo o Editor aceitar qualquer responsabilidade legal ou outra em relação a erros ou omissões que possam existir.

Este documento foi produzido a partir de versão eletrónica fornecida pelo respetivo Autor.

Dedico essa dissertação à minha mãe,
pelo incentivo diário para que eu chegasse até aqui

"If you're going to try, go all the way. Otherwise, don't even start."
Charles Bukowski

AGRADECIMENTOS

Gratidão é a palavra que define meu sentimento ao terminar essa dissertação e assim encerrar mais um ciclo na minha vida. Definitivamente isso não teria sido possível sem a colaboração de diversas pessoas, não só neste último semestre como durante todos esses anos de estudos.

Primeiramente agradeço à minha mãe, que desde sempre prezou pela minha educação e me incentivou nas minhas decisões. Sei que a mais difícil de aceitar foi a minha escolha de estudar do outro lado do oceano, mas sou grata por ter me apoiado. Obrigada pelas videochamadas diárias para fofocar e desabafar sobre a vida, assim a saudade se tornou algo mais fácil de lidar, e principalmente obrigada pela motivação em todas as vezes que achei que não fosse conseguir chegar até aqui.

Aos meus avós maternos portugueses, que apesar de não estarem mais aqui, tiveram a sua contribuição na minha decisão em estudar em Portugal por despertarem meu interesse na cultura que faz parte das minhas origens.

Durante meu percurso académico na FEUP tive a sorte de conhecer amigos incríveis que estiveram sempre ao meu lado, apoiando não só nos estudos como também na vida, tornando memoráveis esses últimos anos. Agradecimento especial a Daniel Valverde, Caroline Machado e Suelaine Moraes, não consigo traduzir em palavras toda a importância que vocês tiveram, e à Isabela Tem Tem, minha primeira amiga em Portugal, que me acolheu e esteve comigo quando mais precisei.

Agradeço à Professora Sara Ferreira, por ter aceitado me orientar neste projeto, por toda a disponibilidade, pela compreensão, paciência e recomendações, que resultaram em contribuições valiosas para este trabalho. Ao engenheiro João Neves pela oportunidade em realizar a dissertação do meu mestrado em ambiente empresarial, por ter auxiliado sempre que precisei e me orientado internamente face às minhas necessidades em termos de dados e recursos da Ascendi.

Obrigada ao engenheiro Carlos Oliveira, por todos os conselhos, opiniões e conhecimentos profissionais que tiveram um contributo primordial à minha tese, solucionando todas as minhas dúvidas e garantindo que eu tivesse todos os dados necessários para fundamentar meus processos de decisões.

Realizar a dissertação na Ascendi foi uma experiência incrível e o acolhimento que tive com certeza tornou este semestre estressante mais leve, destaco o apoio que tive de Eduardo, Rafael, Diana, Sofia, Nuno, Marta e Inês, com aconselhamentos sobre a minha tese, sem deixar de agradecer a todos que fizeram parte do meu dia a dia na Ascendi. Consegui vivenciar e constatar que um ambiente de trabalho bem integrado realmente é um bom impulsionador, vou sentir falta das pausas para o café.

Não posso deixar de mencionar minhas açorianas preferidas Vanessa e Mariana, pela força dada todas as vezes que me viam na sala de estudos do prédio, e por estarem presentes sempre que possível para me fazer companhia (mesmo algumas tenham sido às custas da exploração da minha brasileirice por eu sempre fazer brigadeiro para nós). Não poderia ter lugar melhor para se morar, gratidão.

À Daniela Dulcini, que também esteve a elaborar uma dissertação ao longo do último semestre, obrigada. Realizar uma tese não é algo simples, não digo só academicamente, mas também mentalmente. Existem momentos exaustivos e ter alguém ao seu lado que compreenda isso por estar a passar pela mesma situação é fortalecedor, foi crucial para mim todo o compartilhamento de experiências e de palavras amigas. Por meio da motivação mútua, conseguimos finalmente concluir essa jornada.

Por último e mais importante, um agradecimento ao meu pai, que faleceu longe de mim apenas 2 meses após minha chegada em Portugal. Gostaria que tivesse me visto formar, mas apesar de não ter me acompanhado durante a realização da minha faculdade, tenho certeza que ficaria orgulhoso, e, como sempre fazia, iria se gabar para todos da filha que tem e que se tornou Engenheira Civil.

Assim concluo mais uma etapa na minha vida. Ansiosa pelos próximos capítulos.

RESUMO

A segurança rodoviária assume um papel fundamental na contenção da ocorrência de acidentes, ao estudar os locais que possuem sinistralidade elevada, e propor medidas de mitigação. Após a implementação dessas medidas é importante que haja uma avaliação da efetividade dessas medidas pela contagem de acidentes pós intervenção comparada com seus valores anteriores. A monitorização dessa efetividade permite que seja feito um controlo da frequência de acidentes e pode servir como suporte para os processos de decisões futuros.

Neste contexto, o trabalho desenvolvido possui caráter exploratório para seleção de metodologias que quantifiquem a eficácia das intervenções, de acordo com dados disponíveis, características locais, complexidade e precisão pretendida. Para a aplicação das metodologias na prática e possibilitar a investigação dos resultados, seis locais da rede Ascendi foram selecionados, sendo eles trechos pertencentes às autoestradas A7, A29, A44, A4 e A16.

A partir dos dados disponibilizados pela Ascendi, foram aplicados dois métodos observacionais, um simples e outro por comparação, e também a utilização da avaliação por séries temporais para verificar se o efeito das intervenções poderia ser explicado pelo modelo ARIMA. Os resultados encontrados para os locais foram relativamente próximos entre si e o método por comparação se apresentou como mais fiável, apesar da variabilidade. As conclusões foram obtidas por meio de dois parâmetros estatísticos, um que define a redução esperada no número de acidentes e outro que caracteriza a diminuição em termos de percentagem, bem como o cálculo de suas variâncias para quantificar as incertezas inerentes a cada método.

Palavras-Chave: Estudos observacionais; Segurança Rodoviária; Sinistralidade; Medidas de Mitigação de Acidentes.

ABSTRACT

Road safety assumes a fundamental role in the containment of the occurrence of accidents, by studying the roads that have high accident rates, and proposing mitigation measures. After the implementation of these measures, it is important that there is an evaluation of the effectiveness by counting post-intervention accidents compared to their previous values. The monitoring of this effectiveness allows a control of the frequency of accidents and can serve as a support for future decision processes.

In this context, the work developed has an exploratory character for the selection of methodologies that quantify the effectiveness of interventions, according to available data, local characteristics, complexity and intended precision. For the application of the methodologies in practice and to enable the investigation of the results, six sites of the Ascendi network were selected, being sections belonging to the A7, A29, A44, A4 and A16 highways.

From the data available by Ascendi, two observational methods were applied, one simple and one by comparison, and also the use of time series evaluation to verify if the effect of the interventions could be explained by the ARIMA model. The results found for the sites were relatively close to each other and the method by comparison presented itself as more reliable, despite the variability. The conclusions were obtained through two statistical parameters, one defining the expected reduction in the number of accidents and the other characterizing the reduction in terms of percentage, as well as the calculation of their variances to quantify the uncertainties inherent in each method.

Keywords: Observational Studies; Road Safety; Accidents; Road Safety Measures.

ÍNDICE GERAL

Agradecimentos i

Resumo iv

Abstract vi

Índice Geral viii

Índice de Figuras xii

Índice de Tabelas xv

Índice de Gráficos xviii

Símbolos, Acrónimos e Abreviaturas xx

1. Introdução 1

1.1. Preâmbulo 1

1.2. Objetivos 3

1.3. Estrutura da Dissertação 4

2. Avaliação dos Efeitos das Medidas de Mitigação 5

2.1. Estudos antes-depois simples 7

2.2. Estudos antes-depois com grupo de comparação 7

2.3. Estudos empíricos Bayes antes-depois 8

2.4. Estudos Full Bayes 10

2.5. Estudos transversais 11

2.6. Estudos com seção de controlo 12

2.7. Análises temporais (ARIMA) 13

3. Casos de Estudo 15

3.1. Contextualização 15

3.2. Caracterização 18

3.2.1. Local 1: Sublanço EN206 – Famalicão (A7) 18

3.2.2. Local 2: Sublanço Granja – Miramar (A29) 22

3.2.3. Local 3: Nó de Coimbrões – Ramo E (A44) 25

3.2.4. Local 4: Nó da Ponte da Pedra – Ramo C (A4) 29

3.2.5. Local 5: Nó da Crel – Ramo B (A16) 32

3.2.6. Local 6: Nó de Lourel – Ramo B (A16) 34

4. Aplicação dos Métodos de Avaliação 38

4.1. Enquadramento Estatístico 38

4.2. Avaliação Antes-Depois Simples 40

4.3. Avaliação Antes-Depois por Comparação 41

4.3.1. Local 1: Sublanço EN206 – Famalicão (A7) 43

4.3.2. Local 2: Sublanço Granja – Miramar (A29) 44

4.3.3. Local 3: Nó de Coimbrões – Ramo E (A44) 45

4.3.4. Local 4: Nó da Ponte da Pedra – Ramo C (A4) 46

4.3.5. Local 5: Nó da Crel – Ramo B (A16) 46

4.3.6. Local 6: Nó de Lourel – Ramo B (A16) 47

4.3.7. Síntese 48

4.4. Análise de Séries Temporais (ARIMA) 48

5. Resultados e Discussões 52

5.1. Estudos Antes-Depois 52

5.2. Análises Temporais 57

6. Conclusões 59

Referências Bibliográficas 62

Anexos 63

Anexo I 64

Anexo II 83

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Concessões da Rede Ascendi (Fonte: Ascendi) 3

Figura 2 – Variação a curto prazo da frequência de acidentes (Fonte: AASHTO) 6

Figura 3 - Regressão à média (Fonte: AASHTO) 6

Figura 4 - Local 1 assinalado na Concessão Norte (Fonte: Ascendi)..... 19

Figura 5 - Traçado em planta do local 1 (Fonte: SIG Ascendi) 19

Figura 6 - Proposta das medidas de mitigação para o local 1 (Fonte: Ascendi)..... 21

Figura 7 - Implementação final das medidas de mitigação para o local 1 (Fonte: Ascendi)..... 22

Figura 8 - Local 2 assinalado na Concessão Costa de Prata (Fonte: Ascendi)..... 22

Figura 9 - Traçado em planta do local 2 (Fonte: SIG Ascendi) 23

Figura 10 - Lamelas anti encandeamento (Fonte: Ascendi)..... 25

Figura 11 - Local 3 assinalado na Concessão Costa de Prata (Fonte: Ascendi)..... 26

Figura 12 - Traçado em planta do local 3 (Fonte: SIG Ascendi) 27

Figura 13 - Proposta de intervenção no local 3 (Fonte: Ascendi) 29

Figura 14 - Local 4 assinalado na Concessão Grande Porto (Fonte: Ascendi) 30

Figura 15 - Traçado em planta do local 4 (Fonte: SIG Ascendi) 30

Figura 16 - Local 5 assinalado na Concessão Grande Lisboa (Fonte: Ascendi)..... 32

Figura 17 - Traçado em planta do local 5 (Fonte: SIG Ascendi) 32

Figura 18 - Medidas de intervenção propostas para o local 5 (Fonte: Ascendi) 34

Figura 19 - Local 6 assinalado na Concessão Grande Lisboa (Fonte: Ascendi)..... 35

Figura 20 - Traçado em planta do local 6 (Fonte: SIG Ascendi) 35

Figura 21 - Intervenções propostas para o local 6 (Fonte: Ascendi)..... 37

Figura 22 - Definição da razão de comparação 41

Figura 23 - Passo 1 ARIMA 49

Figura 24 - Passo 2 ARIMA 50

Figura 25 - Passo 3 ARIMA 50

Figura 26 - Passo 4 ARIMA 51

Figura 27 - Passo 5 ARIMA 51

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Agrupamento de medidas por objetivos 16

Tabela 2 - Locais selecionados para aplicação da metodologia 17

Tabela 3 - TMDA no local 1 20

Tabela 4 - TMDA no local 2 24

Tabela 5 - TMDA no local 3 28

Tabela 6 - TMDA no local 4 31

Tabela 7 - TMDA no local 5 33

Tabela 8 - TMDA no local 6 36

Tabela 9 - Fórmulas de estimação de λ, π e suas variâncias 40

Tabela 10 - Estimação de λ, π e as suas variâncias nos locais em estudo 40

Tabela 11 - Estimação dos parâmetros do método simples antes-depois 41

Tabela 12 - Contagem de acidentes e valores esperados 42

Tabela 13 - Estimação dos parâmetros e suas variâncias 43

Tabela 14 - Número de acidentes no período anterior à intervenção do local 1 43

Tabela 15 – Resultados da adequação para o local 1 44

Tabela 16 - Número de acidentes totais no local 1 44

Tabela 17 - Número de acidentes no período anterior à intervenção do local 2 44

Tabela 18 – Resultados da adequação no local 2 44

Tabela 19 - Número de acidentes totais no local 2 45

Tabela 20 - Número de acidentes no período anterior à intervenção do local 3 45

Tabela 21 – Resultados da adequação no local 3 45

Tabela 22 - Número de acidentes totais no local 3 45

Tabela 23 - Número de acidentes no período anterior à intervenção do local 4 46

Tabela 24 – Resultados da adequação no local 4 46

Tabela 25 - Número de acidentes totais no local 4..... 46

Tabela 26 - Número de acidentes no período anterior à intervenção do local 5 46

Tabela 27 – Resultados da adequação no local 5 46

Tabela 28 - Número de acidentes totais no local 5..... 47

Tabela 29 - Número de acidentes no período anterior à intervenção do local 6 47

Tabela 30 – Resultados da adequação no local 6 47

Tabela 31 - Número de acidentes totais no local 6..... 47

Tabela 32 - Síntese dos cálculos do método de comparação..... 48

Tabela 33 - Resultados do método simples..... 52

Tabela 34 - Resultados do método por comparação..... 53

Tabela 35 - Resultados ARIMA..... 58

Tabela 36 - Impacto das intervenções nos locais 60

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - TMDA no local 1 20

Gráfico 2 - Acidentes do local 1 nos últimos 10 anos 21

Gráfico 3 - Acidentes do local 2 nos últimos 10 anos 24

Gráfico 4 - TMDA no local 2 25

Gráfico 5 - Acidentes do local 3 nos últimos 10 anos 27

Gráfico 6 - TMDA no local 6 28

Gráfico 7 - Acidentes do local 4 nos últimos 10 anos 31

Gráfico 8 - TMDA no local 4 31

Gráfico 9 - Acidentes do local 5 nos últimos 10 anos 33

Gráfico 10 - TMDA no local 5 34

Gráfico 11 - Acidentes do local 6 nos últimos 10 anos 36

Gráfico 12 - TMDA no local 6 36

Gráfico 13 - Resultados de δ 53

Gráfico 14 - Resultados de θ 55

SÍMBOLOS, ACRÓNIMOS E ABREVIATURAS

AE: Autoestrada

SR: Segurança Rodoviária

TMDA: Tráfego Médio Diário Anual

ZAA: Zona de Acumulação de Acidentes

PN: Ponto Negro

ARIMA: Autoregressive Integrated Moving Average

SPF: Safety Performance Function

IMT: Instituto da Mobilidade e dos Transportes

1.
INTRODUÇÃO

1.1. PREÂMBULO

A segurança rodoviária representa uma questão principal da sociedade e constitui um objetivo constante das políticas e regulamentos desenvolvidos e aplicados nos transportes [1]. As estatísticas dos acidentes rodoviários registados em Portugal, apresentadas em relatórios nacionais e europeus, sublinham a necessidade e a importância da investigação sobre o reforço da segurança rodoviária.

Segundo Nabais [2], o sistema de transporte rodoviário pode ser caracterizado pelo conjunto de três elementos: o utilizador, o veículo e a infraestrutura, sendo que neste sistema é considerado que os acidentes resultam da combinação desfavorável de fatores associados a cada um deles, em maior ou menor grau, e que para reduzir a sinistralidade é necessário focar na atuação os fatores de risco ligados a tais elementos.

Qualquer processo de intervenção destinado a melhorar a segurança rodoviária (SR) centra-se na abordagem de prevenção ou na de redução da sinistralidade [3]. O primeiro tipo de abordagem não se baseia na análise causal das características dos acidentes, mas sim na revisão periódica das regras de trânsito e na realização de avaliações segurança, que podem ocorrer em diferentes fases do projeto como:

· Na fase de planeamento e projeto para subsidiar decisões de investimentos no sistema viário;

· Durante as fases de planeamento e projeto usando avaliações de impacto de segurança rodoviária para apoiar avaliações de cenários alternativos;

· Na fase de conceção e construção aplicando princípios de segurança em projetos rodoviários, recorrendo geralmente a auditorias de segurança rodoviária (ASR), inspeções de segurança e campanhas de prevenção.

As medidas incluídas no segundo tipo de abordagem derivam da avaliação do número e características dos acidentes ocorridos num determinado lugar e visam a mitigação desses acidentes. As especificações da segurança rodoviária devem ser consideradas quer no projeto de novas vias quer na manutenção e correção das vias existentes [3]. Estes princípios devem ser aplicados às seguintes áreas:

· Geometria da via;

· Pavimento;

· Marcas rodoviárias;

· Sinalização e mobiliário urbano;

· Gestão do tráfego.

De qualquer modo, em qualquer tipo de abordagem ao nível da infraestrutura é importante integrar os três princípios de segurança que asseguram um sistema rodoviário seguro sustentável [4]:

· Utilização das vias de acordo com a funcionalidade atribuída;

· Homogeneidade de traçado, prevenindo grandes diferenças nas velocidades, direções e massas dos veículos (que se relacionam fortemente com os respetivos níveis de vulnerabilidade em caso de acidente, como é o caso dos peões, ciclistas e, mesmo, motociclos, face aos veículos motorizados ligeiros e pesados);

· Previsibilidade, evitando a existência de situações pouco usuais que contrariem as expectativas ao longo do percurso e o comportamento dos utilizadores.

Para se tratar locais com sinistralidade existem algumas fases que precisam ser seguidas com o objetivo de se atingir a melhoria da segurança rodoviária. Primeiramente, é feita uma identificação dos locais de intervenção, seguida pelo estudo desses locais para perceção de suas características, resultando na recolha de dados e por fim no diagnóstico.

Com o possível diagnóstico feito, a próxima fase passa a ser a seleção das medidas de tratamento, levando em consideração as possibilidades de realização da intervenção para que a implementação seja viável, e por fim a monitorização destas medidas ao longo do tempo.

A determinação se as medidas de redução de risco geraram efeito e qual foi seu grau de efetividade compõem duas questões cruciais a serem tratadas na avaliação da segurança rodoviária. Isto é feito utilizando e interpretando os dados de acidentes disponíveis em determinado local, e recorrendo a significância estatística para diminuir flutuações nos resultados e determinar as alterações na frequência de acidentes com maior rigor [5].

1.2. OBJETIVOS

A Ascendi é uma concessionária de autoestradas que atua na área de gestão de ativos, prestação de serviços de cobrança de portagens e também na operação e manutenção de infraestruturas rodoviárias com 627 km de vias distribuídas por 6 concessões, a Norte (NT), Grande Lisboa (GL), Grande Porto (GP), Beiras Litoral e Alta (BLA), Costa de Prata (CP) e a subconcessão Pinhal Interior (PI), na imagem abaixo é possível ver localização das concessões no mapa de Portugal.



Figura 1 - Concessões da Rede Ascendi (Fonte: Ascendi)

Com o intuito de combater a sinistralidade em suas autoestradas, a Ascendi desenvolveu um plano de ação estratégico e operacional (2020-2023) cuja metodologia de elaboração resultou na caracterização da evolução da sinistralidade, definição de metas para sua redução e a proposta de medidas para se atingir as metas.

Como citado anteriormente, além dessas fases abrangidas pelo plano de ação, o acompanhamento do tratamento após sua implementação também possui grande importância na gestão da segurança rodoviária. Porém, a Ascendi atualmente não possui uma metodologia de monitorização que permita avaliar a eficácia real das medidas, levando em consideração outros fatores além do número de acidentes pós intervenção.

Sendo assim, o objetivo deste trabalho é direcionado para a exploração do tema das metodologias de monitorização de resultados das medidas de redução do risco de acidentes rodoviários, consoante a aplicabilidade, e com base nas várias medidas já implementadas pela Ascendi em diversos locais da rede.

É importante que sejam explorados métodos de se realizar essa avaliação do efeito das medidas, para auxiliar na orientação estratégica dos próximos planos de atuação no âmbito da segurança rodoviária.

Com o conhecimento do procedimento inicial de avaliação de eficácia das medidas, será possível a criação de uma base de dados para controlo e futuras análises que permitam dar suporte à escolha dos tratamentos a serem feitos, em conformidade com as características locais, com o histórico de intervenções já realizadas e levando em consideração que existem potenciais variáveis que podem enviesar que afetam os resultados.

1.3. ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

O presente trabalho encontra-se estruturado por 6 capítulos, sendo eles:

· Capítulo 1: Contextualização do tema e do âmbito em estudo, com uma breve introdução, definição dos objetivos e estruturação do trabalho.

· Capítulo 2: Apresentação do estado da arte atual, por meio da identificação dos tipos de metodologias de avaliação existentes e suas especificidades.

· Capítulo 3: Caracterização e descrição dos casos de estudo escolhidos para análise, com prévio enquadramento para fundamentação do processo de escolha.

· Capítulo 4: Execução prática das metodologias aplicáveis a cada um dos locais em análise e a definição das etapas inerentes aos diferentes processos.

· Capítulo 5: Exposição e discussão dos resultados obtidos após a utilização das metodologias.

· Capítulo 6: Conclusões finais, recomendações propostas e perspetivas futuras relativamente ao trabalho realizado.

2.

AVALIAÇÃO DOS EFEITOS DAS MEDIDAS DE MITIGAÇÃO

Tão importante quanto a implementação de medidas de redução de acidentes, é a monitorização para averiguar a efetividade subsequente das medidas e verificar a necessidade de nova intervenção em um local. Para ações executadas no passado, podem-se utilizar metodologias que avaliam a eficácia com base em cálculos estatísticos para investigar se o número de acidentes reduziu ou aumentou em consequência da medida, levando em consideração aspetos que podem interferir nos resultados.

Tais metodologias são ferramentas utilizadas como um guia que especifica o caminho a ser adotado para se chegar aos resultados pretendidos e serve para permitir o entendimento dos procedimentos utilizados na pesquisa. No âmbito da segurança rodoviária, existem diversas abordagens para estudar a eficiência que uma medida mitigante teve em um dado local, com base nas informações disponíveis e características existentes [6].

Diferentemente de quando se trata de um experimento laboratorial em que as variáveis são controladas de modo a responder uma questão específica, o método típico para avaliar as melhorias de segurança de um tratamento segue a abordagem observacional, onde não se pode controlar os fatores exógenos que afetam os resultados e o isolamento dos efeitos da intervenção para posterior análise é complexo [7].

De acordo com *Highway Safety Manual* [8], as limitações devido a natureza aleatória dos acidentes devem ser contabilizadas sempre que possível para não causar enviesamento nos resultados que prejudiquem a fiabilidade dos dados.

Essa aleatoriedade faz com que ocorram flutuações na frequência de acidentes no decorrer do tempo, o que indica que realizar uma análise a curto prazo pode induzir erro no que se refere à estimação da frequência de acidentes a longo prazo. Como se pode concluir com base na Figura 2, é necessário que os dados englobem o maior período possível para evitar falsas conclusões.

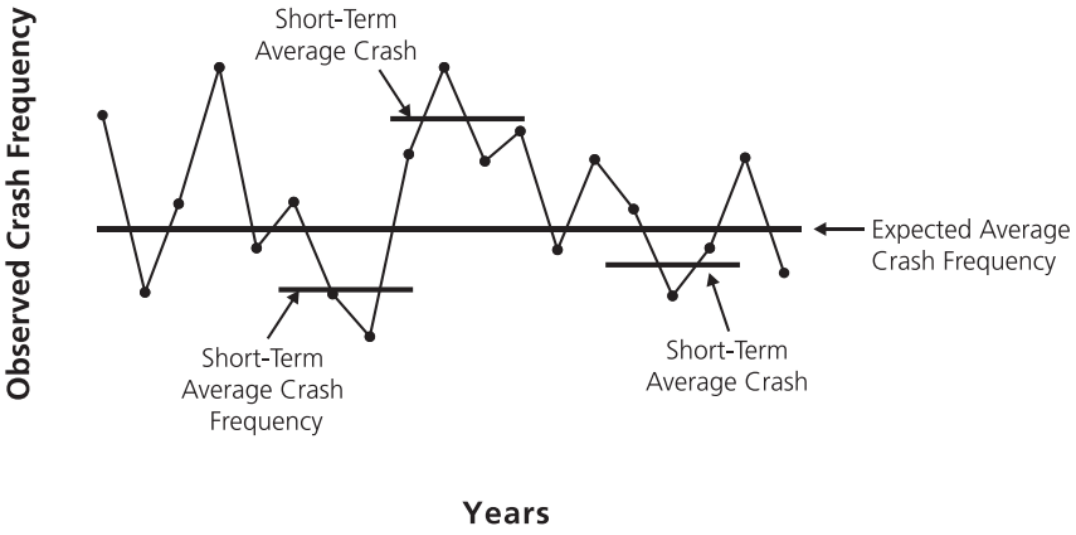


Figura 2 – Variação a curto prazo da frequência de acidentes (Fonte: AASHTO)

Quando um período com uma frequência de acidentes comparativamente alta é observado, é estatisticamente provável que o período seguinte seja seguido por uma frequência de acidentes comparativamente baixa. Essa tendência é conhecida como regressão à média e também deve ser considerada quando se trata da avaliação da frequência de acidentes, utilizando dados de longo prazo para que seja possível identificar se, por exemplo, uma redução observada nas colisões foi consequência das medidas implementadas ou se teria ocorrido mesmo sem a intervenção [8].

A figura abaixo mostra graficamente a tendência de regressão à média e como isso pode influenciar na perceção da eficácia das intervenções, podendo haver indução ao erro caso este fenômeno não seja corretamente contabilizado.

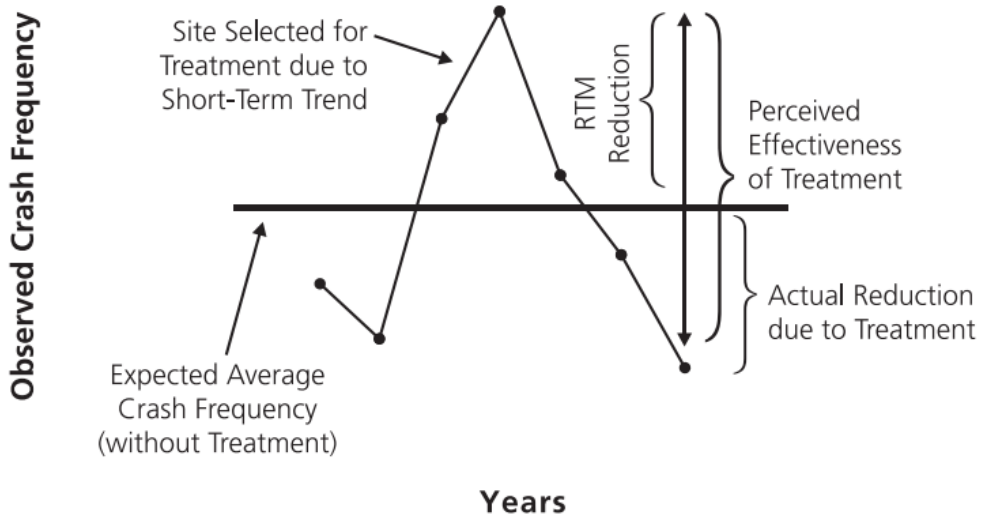


Figura 3 - Regressão à média (Fonte: AASHTO)

Essas contabilizações e de outros fatores externos são feitas de acordo com a metodologia a ser aplicada, portanto deve-se distinguir os diferentes métodos, seus requisitos, vantagens e desvantagens, para obtenção de resultados mais precisos e fiáveis face às diferenças entre cada caso de estudo, já que os acidentes rodoviários apresentam aleatoriedade em suas ocorrências.

Assim, os subcapítulos seguintes discorrem sobre os principais métodos de avaliação de efetividade no âmbito da segurança rodoviária, sendo eles o estudo antes-depois simples, com grupo de comparação, empírico Bayes, Full Bayes, estudos transversais, de seção de controlo e análises temporais.

2.1. ESTUDOS ANTES-DEPOIS SIMPLES

Nos estudos antes e depois, o efeito das medidas consiste na comparação entre a previsão de como seria a sinistralidade no local sem as medidas com a estimação da sinistralidade com as medidas implementadas.

Estes estudos no âmbito da segurança rodoviária são do tipo observacionais pela impossibilidade de realizá-los em laboratórios por meio de experimentos. Neste contexto, as deduções são feitas estatisticamente baseadas em dados coletados de um determinado local, e cujo processo de previsão citado corresponde a questão central a ser solucionada, já que prever as consequências de uma situação que não ocorreu e de natureza aleatória é algo complexo, e varia de acordo com os diferentes estudos.

No caso do método simples, também chamado de *Naive*, é apresentada a técnica mais básica para esse tipo de estudo observacional. Nesta abordagem, é feita uma comparação direta da contagem de acidentes nos períodos antes e depois da implementação das medidas, e a mudança resultante no número de acidentes é considerada o efeito do tratamento.

Ou seja, este estudo é incapaz de separar o efeito do tratamento dos outros efeitos exógenos, portanto não é recomendado para avaliação da segurança rodoviária devido a sua imprecisão [9].

2.2. ESTUDOS ANTES-DEPOIS COM GRUPO DE COMPARAÇÃO

Um estudo antes-depois com grupo de comparação baseia-se na comparação de grupos de locais não tratados e que são similares ao local tratado para contabilizar as mudanças nos acidentes que não estão relacionadas com as medidas em si, como mudanças no tráfego.

O grupo de comparação é usado para calcular a razão entre a frequência de acidentes observada no período posterior e a do período anterior à implementação da medida. A frequência de acidentes observada no período anterior no grupo de locais de tratamento é multiplicada por essa razão de comparação para fornecer uma estimativa de acidentes esperados no grupo de tratamento caso nenhum tratamento tenha sido aplicado, e então comparado com os acidentes observados no período posterior no grupo do local de tratamento para estimar os efeitos de segurança do tratamento [6].

Fatores externos, não relacionados com as medidas, são levados em conta por meio do uso de locais de controlo para comparação com o local analisado. Requerimentos para um grupo de comparação adequado [9], incluem: o período antes e o depois devem ser o mesmo, deve haver motivos para acreditar que a mudança em fatores além do tratamento sob estudo (ex: mudanças no volume de tráfego), que influenciam a segurança, sejam os mesmos nos grupos de tratamento e comparação, as contagens de acidentes (amostra) devem ser suficientemente grandes e características geométricas entre ambos precisam ser similares.

O método de comparação possui grande fiabilidade estatística na teoria, porém na prática surge a complexidade de se encontrar um local que se adeque totalmente a outro nos requisitos mencionados. Adquire-se então um aspeto subjetivo ao método pois poderá variar de acordo a interpretação individual de quem estiver a realizar o estudo [5].

Ao planear um grupo de comparação antes-depois da avaliação de segurança, é vital assegurar que sejam incluídos acidentes suficientes de modo que a mudança esperada na segurança possa ser estatisticamente detetada. Os fatores que influenciam na determinação se uma amostra é suficientemente grande ou não são: tamanho do grupo de tratamento (número de acidentes no período antes), a duração relativa dos períodos antes e depois, e o tamanho do grupo de comparação (número de acidentes nos períodos antes e depois).

É um desafio avaliar a adequação de uma amostra antes de coletar dados porque é necessário estimar o número de acidentes na amostra que ainda não foi coletada e desenvolver uma estimativa inteligente sobre a magnitude do resultado, além disso essas variáveis impactam na precisão (desvio padrão) com que são feitas as estimações.

2.3. ESTUDOS EMPÍRICOS BAYES ANTES-DEPOIS

O objetivo dessa metodologia é para estimar de forma mais precisa o número de acidentes esperados para o local tratado no período ‘depois’, que teria ocorrido sem tratamento implementado.

A principal vantagem desse estudo é que explica corretamente as mudanças observadas nas frequências de acidentes antes e depois de um tratamento que pode ser devido à regressão à média [6]. Portanto, é um método melhor que o de comparação justamente por considerar o volume de tráfego e tendências temporais.

Para considerar a regressão à média, o número de acidentes esperados antes do tratamento será uma média ponderada da informação de duas fontes: o número de acidentes observados no período antes nos locais tratado e o número e acidentes previstos nos locais tratados, baseado em locais de referência com tráfego similar e características físicas também.

Para estimar os pesos e o número esperado de acidentes, é preciso utilizar um grupo de locais de referência semelhante ao do lugar a ser tratado, assim como é feito no método de comparação de grupos.

No entanto, o ponto de partida é que os dados do grupo de referência não tratado são usados para primeiro estimar uma função de desempenho de segurança (tradução da designação em inglês *safety performance function* – SPF) que relaciona os acidentes dos locais com seu tráfego e características geométricas.

Um SPF é um modelo matemático que prevê a frequência média de acidentes para locais semelhantes com as mesmas características. Este SPF é então usado para derivar a segunda fonte de informação para a estimativa empírica de Bayes – o número de acidentes previstos em locais tratados com base em locais com características operacionais e geométricas semelhantes.

Para o modelo SPF é ainda considerado o parâmetro peso obtido a partir do parâmetro de sobredispersão do processo de calibração SPF, assumindo para tal a distribuição binomial negativa tradicionalmente considerada na modelação dos acidentes, mas também depende do número de anos de dados de acidentes no período antes do tratamento. Existe uma relação inversa entre o peso do SPF e o parâmetro de sobredispersão.

O SPF não é usado apenas para contabilizar o fenómeno de regressão à média, mas também para explicar melhor as tendências de tempo e as mudanças de volume de tráfego, o que não é tido em conta no método de grupo de comparação. Ou seja, este método permite uma estimativa da mudança na segurança que ocorreria como resultado de uma mudança no volume de tráfego, e também podem ser calibrados para cada ano e esses fatores de calibração (multiplicadores) refletem as tendências temporais na relação entre a frequência de acidentes e o volume de tráfego.

O mesmo grupo de referência usado para desenvolver o SPF é aplicado para derivar esses multiplicadores de tendência temporal. Para um determinado ano, o multiplicador é calculado como a soma das colisões observadas dividida pela soma das colisões previstas naquele ano. O valor ajustado da estimativa empírica de Bayes, é o número esperado de acidentes no período 'depois' sem tratamento.

Ao considerar uma análise empírica Bayes antes e depois, é vital garantir que sejam incluídos dados suficientes para que a mudança esperada na segurança possa ser detetada estatisticamente. Atualmente, não existe um método formal para determinar os tamanhos de amostra necessários para esta abordagem, mas o método apresentado em Hauer [9] pertence ao método de grupo de comparação e pode ser usado para aproximar o tamanho da amostra necessária para um estudo empírico de Bayes. As estimativas de tamanho da amostra podem ser consideradas conservadoras, pois a abordagem empírica de Bayes reduz a incerteza na estimativa de acidentes esperados.

Existem também algumas adversidades inerentes ao método que devem ser consideradas, como a possibilidade de a mudança observada no número de acidentes ser devida a outros fatores além da medida mitigadora, e se esses fatores não forem devidamente contabilizados, existe o potencial de enviesar os resultados.

Tais fatores incluem as mudanças no volume de tráfego devido a tendências gerais ou à própria medida implementada, mudanças nos registos dos acidentes, meteorologia, comportamento do condutor, efeitos dos programas de segurança, etc.

2.4. ESTUDOS FULL BAYES

Full Bayes é uma abordagem de modelação que pode ser utilizada da mesma forma que a abordagem de modelação linear generalizada mais comum, tipicamente empregada no método empírico Bayes para estudos antes e depois.

Na abordagem empírica de Bayes para estudos antes e depois, é utilizado um grupo de referência para estimar a frequência de acidentes esperada e a sua variação de um SPF calibrado pelo multiplicador. Estas estimativas são então combinadas com a frequência de acidentes observada no local do tratamento para obter uma aproximação melhorada da frequência esperada a longo prazo de um local na ausência de tratamento.

Já na abordagem Full Bayes para estudos antes e depois, é também utilizada um grupo de referência. No entanto, em vez de se utilizar uma estimativa pontual da frequência esperada da diminuição de acidentes e da sua variação, é gerada uma distribuição dos valores prováveis. Esta distribuição é então combinada com a frequência de acidentes observada para estimação da mesma a longo prazo [9], gerando maior precisão nos cálculos.

Uma das maiores vantagens deste método é a possibilidade de contabilização da correlação espacial, que considera o efeito da proximidade de um local a outros locais sobre a frequência esperada de acidentes. Embora os modelos Bayes revelem a existência de correlação espacial nos dados dos acidentes, também fornecem um mecanismo para quantificar e reduzir o efeito desta correlação.

Para estudos antes e depois, a correlação espacial será provavelmente uma questão em que tanto os locais tratados como os locais de comparação estão próximos. Se a exposição ao longo do tempo não for conhecida, então a comparação ou grupo de referência selecionado deverá de fato estar o mais próximo possível dos locais tratados, uma vez que é mais provável que a exposição seja semelhante do que se os locais estiverem mais afastados.

Embora não exista um método formal para determinar o tamanho das amostras necessárias para a abordagem Full Bayes antes e depois, existem métodos para o antes e depois com método de grupo de comparação, como já abordado anteriormente.

Estes métodos podem ser aplicados e podem ser considerados conservadores na medida em que a abordagem Full Bayes reduz a incerteza nas estimativas da frequência esperada [6].

A questão principal com o método Full Bayes é a complexidade da sua aplicação, pois pode exigir um nível muito elevado de formação estatística, logo é preferível o uso do método empírico ou grupo de comparação desde que haja robustez de dados.

2.5. ESTUDOS TRANSVERSAIS

Estudos transversais analisam a ocorrência de acidentes em locais com e sem certa característica (por exemplo, iluminação) e depois atribuem a diferença em termos de segurança a essa característica. Além de serem particularmente úteis para estimar número esperado de acidentes após a implementação de medidas quando não há casos suficientes em que o tratamento foi aplicado para realizar um estudo antes e depois que permita resultados credíveis.

Na sua aplicação mais básica, o número de acidentes esperados é estimado como o rácio da média da frequência de acidentes para locais com e sem a característica, mas para que o resultado seja fiável é importante que os locais sejam semelhantes em todos os fatores que afetam o risco de acidente, o que na prática é um requisito difícil de cumprir [7].

Como consequência da dificuldade mencionada, as análises transversais são frequentemente realizadas através de múltiplos modelos de regressão variável. Nestes modelos, são feitas tentativas de conseguir abranger todas as variáveis que afetam a segurança. Se tais tentativas forem bem-sucedidas, os modelos podem ser utilizados e o resultado será derivado dos parâmetros do modelo [6].

A determinação do tamanho das amostras necessárias para estudos transversais depende de diversos fatores como as frequências médias de acidentes, o número de variáveis desejadas no modelo, o nível de significância estatística desejado no modelo e a divergência em cada variável de interesse entre os locais. Só será possível determinar a adequação do tamanho da amostra conforme o resultado do modelo, já que se houver a indicação de não significância estatística das variáveis de interesse serão necessários mais dados, o que torna iterativo este procedimento [6].

A principal dificuldade na análise transversal é que a comparação a ser realizada é entre dois locais distintos, e consequentemente a diferença observada no número de acidentes pode ser devida a fatores conhecidos ou desconhecidos, para além da característica de interesse que os relaciona. Fatores conhecidos, tais como o volume de tráfego ou características geométricas, podem ser controlados em princípio através da estimativa de um modelo de regressão variável múltipla. No entanto, ainda existe a questão dos fatores desconhecidos (ou conhecidos, mas não mensurados), por isso se deve ter cautela ao fazer inferências sobre a frequência de acidentes derivada de estudos transversais [6].

No entanto, é difícil ter em conta todos os fatores que afetam a segurança rodoviária, utilizando as técnicas de modelação, precisamente porque uma variável é encontrada correlacionada com outra variável que pode ser omitida durante o exercício de montagem do modelo, e a inclusão de variáveis correlacionadas poderia de fato levar a efeitos contraintuitivos. Assim, os estudos transversais são selecionados em casos com aplicações suficientes de uma medida específica, em que se possa distinguir o máximo possível os efeitos das variáveis [10].

2.6. ESTUDOS COM SEÇÃO DE CONTROLO

Estudos com seção de controlo têm sido usados em certas áreas da segurança rodoviária, mas poucos se concentram nos efeitos de elementos de características geométricas. Baseiam-se em dados transversais, mas não devem ser confundidos com estudos transversais em geral.

Para estudos transversais, as amostras são geralmente selecionadas com base na presença e ausência de uma característica específica ou com base numa estrada específica ou tipo de cruzamento, ignorando se houve ou não um acidente.

Já os estudos de caso-controlo selecionam locais com base nos resultados (por exemplo, acidente ou nenhum acidente) e depois determinam o estado das medidas de segurança dentro de cada grupo de resultados.

Estudos de controlo de casos avaliam se a exposição a uma potencial medida é distribuída de forma desproporcional entre os casos de estudo e os de controlo, indicando assim a probabilidade de um benefício real do tratamento. Os estudos de secção-controlo não podem ser utilizados para medir a probabilidade de um acidente em termos de frequência esperada, pois são mais frequentemente utilizados para mostrar os efeitos relativos dos tratamentos. Análises estatísticas, tais como técnicas de regressão logística múltipla, são geralmente utilizadas para clarificar estas relações, porque são capazes de examinar o risco/benefício associado a um fator enquanto controlam outros fatores [10].

A relação entre controlos e casos pode variar e depende frequentemente da disponibilidade de tempo, orçamento, e potenciais locais. O aumento do número de controlos aumentará o poder do estudo, especialmente quando há relativamente poucos casos [10].

O método de secção-controlo pode ser muito útil para estudar eventos raros, porque o número de casos e controlos é pré-determinado. Outra vantagem [6] é que vários tratamentos podem ser investigados em relação a um único resultado, utilizando a mesma amostra, e uma única amostra pode ser utilizada para investigar quaisquer variáveis que não estejam incluídas nos critérios de seleção ou de correspondência para casos e controlos.

Embora os estudos de secção-controlo possam ser utilizados para explorar múltiplos tratamentos, só podem investigar um resultado por amostra, onde a amostragem é conduzida separadamente dentro do caso e as populações de controlo com base no estado dos resultados e diferentes resultados produzirão amostras diferentes.

O maior obstáculo de um estudo de controlo de casos [6] é definir os casos e os controlos. Definições ambíguas ou amplas para casos e controlos podem levar a uma classificação errada e provavelmente produzir resultados pouco claros. Deve ter-se o cuidado de assegurar que os casos e controlos são representativos dos locais de interesse, ou seja, a hipótese de ser incluído no estudo não deve ser associada ao tratamento de interesse.

Além disso, o método não pode demonstrar a causalidade porque não existe uma sequência temporal de acidentes na análise. Em vez disso, o "odds ratio" [9] indica a probabilidade aumentada/diminuída de um acidente quando um tratamento está presente. Contudo, não reconhece diferenças entre locais com muitos acidentes ou um só acidente. Isto é uma perda de informação potencialmente importante e, portanto, o verdadeiro aumento do risco pode ser subestimado.

2.7. ANÁLISES TEMPORAIS (ARIMA)

Um modelo ARIMA é uma classe de modelos estatísticos para analisar e prever dados de séries temporais. Ele atende explicitamente a um conjunto de estruturas padrão em dados de séries temporais e, como tal, fornece um método simples, mas significativo, para fazer previsões hábeis de séries temporais [11].

ARIMA é um acrônimo que significa *AutoRegressive Integrated Moving Average* em inglês. É uma generalização da média móvel autoregressiva mais simples e acrescenta a noção de integração. Esse acrônimo é descritivo, capturando os principais aspetos do próprio modelo. Resumidamente, são eles:

· AR: Autoregressão. Um modelo que usa a relação dependente entre uma observação e algum número de observações defasadas.

· I: Integrado. O uso de diferenciação de observações brutas (por exemplo, subtraindo uma observação de uma observação na etapa de tempo anterior) para tornar a série temporal estacionária.

· MA: Média Móvel. Um modelo que usa a dependência entre uma observação e um erro residual de um modelo de média móvel aplicado a observações defasadas.

Cada um desses componentes é explicitamente especificado no modelo como um parâmetro. Uma notação padrão é usada de ARIMA(p,d,q) onde os parâmetros são substituídos por valores inteiros para indicar rapidamente o modelo ARIMA específico que está sendo usado [12].

Os parâmetros do modelo ARIMA são definidos da seguinte forma:

· p: O número de observações de atraso incluídas no modelo, também chamado de ordem de atraso (*lag*).

· d: O número de vezes que as observações brutas são diferenciadas, também chamado de grau de diferenciação.

· q: O tamanho do intervalo da média móvel, também chamada de ordem da média móvel.

Um modelo de regressão linear é construído incluindo o número e tipo de termos especificados, e os dados são preparados por um grau de diferenciação para torná-lo estacionário, ou seja, para remover tendências e estruturas sazonais que afetam negativamente o modelo de regressão [11].

Um valor de 0 pode ser usado para um parâmetro, o que indica não usar esse elemento do modelo. Desta forma, o modelo ARIMA pode ser configurado para desempenhar a função de um modelo ARMA, e até mesmo um simples modelo AR, I ou MA [12].

A abordagem clássica para ajustar um modelo ARIMA é seguir a Metodologia Box-Jenkins, que é um processo que usa análise e diagnóstico de séries temporais para descobrir bons parâmetros para o modelo ARIMA. Em resumo, as etapas desse processo são as seguintes:

· Identificação do modelo. Uso de gráficos e estatísticas resumidas para identificar tendências, sazonalidade e elementos de autoregressão para ter uma ideia da quantidade de diferenciação e do tamanho do atraso que será necessário.

· Estimativa de Parâmetros. Uso um procedimento de ajuste para encontrar os coeficientes do modelo de regressão.

· Verificação de modelo. Uma vez ajustado um modelo adequado, é realizada a verificação diagnóstica do modelo, que diz respeito à avaliação da qualidade do modelo. Uso de gráficos e testes estatísticos dos erros residuais são usados para determinar a quantidade e o tipo de estrutura temporal não capturada pelo modelo.

Se não houver inadequações encontradas, o ajuste do modelo é considerado completo e o modelo pode ser usado para prever valores futuros. Caso contrário, busca-se outra metodologia [12].

No âmbito da segurança rodoviária, o ARIMA tem sido usado amplamente para modelação e previsão de acidentes e fornecer conscientização para tomadores de decisão de modo a ajudá-los no ajuste de seus planos e na implementação do plano de ações apropriadas, por meio da verificação da tendência de aumento ou diminuição no número de acidentes rodoviários [11].

3.

CASOS DE ESTUDO

3.1. CONTEXTUALIZAÇÃO

Antes de 2017 as intervenções realizadas em cada concessão e subconcessão da rede Ascendi eram realizadas de modo a reparar os danos causados pelos acidentes, ou seja, ações corretivas. Em 2017 começaram a ser realizados também relatórios internos de análise dos locais com mais incidência de acidentes para compreender os motivos e propor soluções que poderiam diminuir ou mitigar os acidentes, com base nos dados e estatísticas.

A partir de 2020 tais análises passaram a ser feitas por entidades externas contratadas para pormenorizar todos os detalhes dos locais relevantes, como análise da sinistralidade, caracterização operacional identificação das causas dos acidentes, propostas de medidas de mitigação e estimativas orçamentais, gerando assim análises mais completas e variadas se comparadas com a dos anos 2017, 2018 e 2019.

Ao todo, foram publicados 68 relatórios sobre a sinistralidade rodoviária na Ascendi desde 2017, porém foram descartados os relatórios cujos objetivos visavam a redução da gravidade dos acidentes e não a redução do número de acidentes em si, bem como os relatórios consequentes de vistorias internas ou solicitadas pelo IMT (Instituto da Mobilidade e dos Transportes), que se destinam manutenção de cada componente das medidas já implementadas, suprir a falta de algum componente (como guardas de segurança), verificar a necessidade de adaptação a normas mais atuais, entre outros, mas que não possuem relação direta com o número de acidentes ocorridos.

Devido a quantidade ainda abundante de locais relevantes para estudo, ainda foi necessário aplicar critérios para uma escolha mais sistemática, como:

- Tamanho da amostra: Sendo o tamanho da amostra um fator relevante para a fiabilidade dos resultados, como citado no capítulo anterior, foram considerados apenas os estudos que tiveram medidas implementadas em 2017 e 2018 para que os períodos de tempo antes e depois tivessem a máxima amplitude possível. Ou seja, selecionar as medidas implementadas em 2021 não detém informações suficientes para se separar a eficácia de outros fatores externos, como a regressão à média.

- Variedade nas medidas de segurança: Cada local possui sua particularidade, logo tiveram as medidas adaptadas e combinadas para satisfazer as necessidades de segurança almejadas; então para melhor visualização das intervenções praticadas foi feita uma separação e posterior agrupamento das medidas por objetivos principais, de modo a selecionar locais que apresentassem maior variedade e assim possibilitar uma análise mais abrangente.

É discutível a possibilidade de se conseguir separar rigorosamente e sem ambiguidade de interpretação o que cada intervenção visa – já que pode possuir mais de uma finalidade –, sendo então uma caracterização subjetiva. Portanto, após ponderação dos objetivos principais se chegou ao resultado apresentado na tabela a seguir.

Tabela 1 - Agrupamento de medidas por objetivos

Objetivos	Medidas
Aumentar o atrito do pavimento	- Granalhagem - Revestimento antiderrapante
Melhorar o impacto visual da sinalização vertical	- Utilização de LEDs incorporados na sinalização vertical - Colocação de chevrons com LEDs em curvas com muitos acidentes
Evitar encandeamento	- Lamelas anti-encandeamento
Estimular a atenção do condutor para adequação de seu comportamento	- Colocação de painéis de atenção com LEDs (zona de acidentes) - Colocação de chevrons em curvas com muitos acidentes que não estavam sinalizadas previamente - Utilização de sinalização vertical com sensor de velocidades para indicação instantânea
Evitar transposições proibidas	- Alterações nas linhas (contínuas e descontínuas trocas ou prolongamentos)
Delimitar e marcar claramente as vias de circulação	- Balizadores - Marcas rodoviárias e reforço (destinos e C13) - Marcadores em vidro omnidirecionais e unidirecionais - Marcadores SR45 (fixos e intermitentes) - Guarda seguranças e dispositivos de segurança para motociclistas
Adaptação às condições de circulação local	- Redução da velocidade máxima - Proibição de ultrapassagem anteriormente permitidas - Sinalização de congestionamento e radares com deteção de paragens no tráfego

- Abrangência das concessões: Também foi tencionado que houvesse uma variedade de localizações de diferentes concessões para tornar a análise mais abrangente, o que tornou este critério um fator eliminatório para situações semelhantes e ao invés de se selecionar todos os locais de uma mesma autoestrada ou concessão, ponderou-se optar pela pluralidade.

Os critérios levados em consideração resultaram na definição de 6 potenciais locais para se estudar, conforme mostra em resumo a tabela abaixo. As descrições geométricas, geográficas e particularidades dos locais e das suas medidas, assim como as informações sobre a recolha e tratamento de dados serão discutidas individualmente no próximo subcapítulo.

Tabela 2 - Locais selecionados para aplicação da metodologia

Concessão	Autoestrada	Localização – Sublanço	Ponto Negro / Zona de Acumulação de Acidentes	Implementação	Efeitos da implementação
NT	A7	EN206 / Famalicão	PN	28/11/2017	dez/17
CP	A29	Granja / Miramar	ZAA	02/05/2017	mai/17
CP	A44	Madalena / Coimbrões	ZAA	30/05/2018	jun/18
GP	A4	Ponte da Pedra / Via Norte	ZAA	01/09/2017	set/17
GL	A16	Idanha / Crel	ZAA	09/08/2018	ago/18
GL	A16	Sintra / Lourel	ZAA	09/08/2018	ago/18

Em síntese, a tabela mostra em que concessão, autoestrada e sublanço os locais fazem parte, além de uma caracterização importante de se evidenciar que é a distinção do local como Zona de Acumulação de Acidentes (ZAA) ou Ponto Negro (PN).

Zona de Acumulação de Acidentes (ZAA) é definida como um lanço de autoestrada com extensão máxima de 300 metros, no qual se registaram no ano em análise pelo menos 5 acidentes num sentido, ligação ou nós com ramos.

Já Ponto Negro se define como um lanço de autoestrada com extensão máxima de 200 metros, no qual se registaram no ano em análise pelo menos 5 acidentes com vítimas, e cuja soma de indicadores de gravidade (IG) é superior a 20. Sendo IG = 100xM + 10xFG + 3xFL, em que M é o número de mortos, FG o de feridos graves e FL o de feridos leves.

Ou seja, pontos negros são zonas que requerem mais atenção pois necessitam urgentemente de intervenção, visto que não só há uma acumulação exacerbada no local como também são acidentes de gravidade alarmante.

Assim, os locais para serem estudados passam antes por análises e cálculos que determinam a necessidade de intervenção por meio dessa caracterização que define se a zona em questão possui grande frequência de acidentes ou apenas casos isolados sem a existência de padrões entre as colisões. Quando se verifica a necessidade de intervenção é que são realizados os tais relatórios de análise local e propostas medidas de mitigação de acidentes.

Estes relatórios são feitos com base nos dados do ano anterior ao estudo, e a data de implementação pode ser variada devido ao processo burocrático da empreitada para realização de cada intervenção nas vias. Considerando que nos casos em estudos cada processo possui suas particularidades, foi necessário estabelecer parâmetros de homogeneidade para a análise ser feita com base nos mesmos princípios para todos.

Para isso, a data de implementação a ser utilizada foi baseada no dia final de conclusão das empreitadas de todas as medidas agregadas, visto que apesar das medidas de um mesmo local não terem sido todas concluídas no mesmo dia, realizar a separação de datas seria impossível pela inexistência de dados. Além disso, como a análise será feita por meses e não por dias, foi considerado que entre os dias 1 e 15 os efeitos da implementação seriam válidos a partir do mês corrente, e entre os dias 16 e 31 a partir do mês seguinte, conforme consta na última coluna da tabela.

3.2. CARACTERIZAÇÃO

Como a análise de todas as medidas já implementadas na rede Ascendi seria numerosa, optou-se por estudar 6 locais definidos por meio da aplicação dos critérios de variedade já mencionados, sendo agora necessário caracterizá-los em termos gerais de geometria, de sinistralidade e das medidas de mitigação realizadas para selecionar e ajustar a metodologia que mais se ajusta a cada situação.

3.2.1. LOCAL 1: SUBLANÇO EN206 – FAMALICÃO (A7)

O primeiro estudo é o trecho situado entre o ponto de quilometragem (PK) 19+000 e 19+500, no sentido crescente do sublanço EN206/Famalicão, destacado em vermelho na Figura 4, fazendo parte da autoestrada A7 que está inserida na Concessão Norte, mais precisamente no distrito de Braga, sub-região de Ave e cidade Vila Nova de Famalicão.

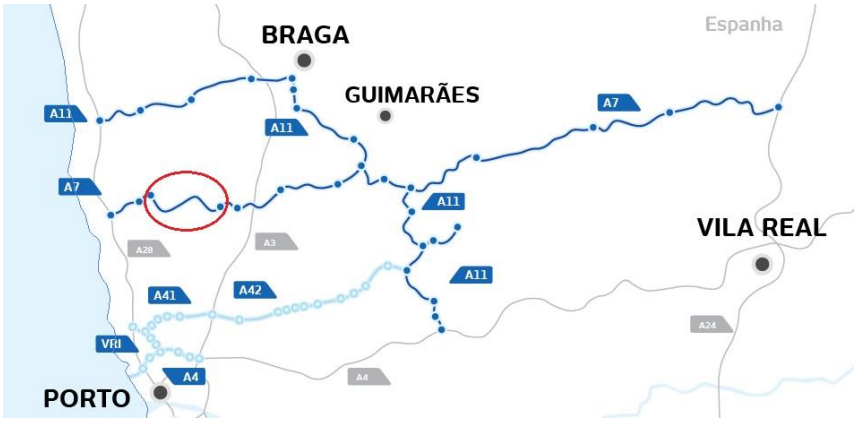


Figura 4 - Local 1 assinalado na Concessão Norte (Fonte: Ascendi)

O traçado constitui em uma curva circular com raio de 450 metros seguida por uma clotóide de 225 metros, com duas faixas de rodagem sendo uma em sentido crescente e outra em sentido decrescente, compostas cada uma por duas vias de circulação de 3,75 metros de largura cada, bermas exteriores de 3,75 metros e bermas interiores de 1 metro, sendo possível a visualização em planta na Figura 5.



Figura 5 - Traçado em planta do local 1 (Fonte: SIG Ascendi)

O trecho analisado no relatório feito em 2017 teve como base os dados de 2016, que acarretou na definição do local como Ponto Negro pela concentração anormal de acidentes de gravidade elevada, conforme definição supramencionada, e cujas conclusões para os motivos principais dos acidentes seriam o excesso de velocidade e o incumprimento da sinalização existente.

Compreender os motivos para que ocorra tantos acidentes em determinada localização é uma tarefa em geral especulativa, mas que exige perceções avançadas na área rodoviária para possibilitar a proposição de intervenções que diminuam ou até mesmo cessem tais ocorrências.

Apesar da análise se concentrar em 150 metros, o sublanço a que pertence possui aproximadamente 17 km de extensão, do PK 2+919 e 20+216 da autoestrada A7, porém é comum haver imprecisões na recolha de informações para a base de dados, como alterações nos relatórios de acidentes e também erros no momento da inserção dos dados dos pontos de quilometragem exatos.

Assim, ao invés de considerar os 150 metros, foram utilizados os dados entre o PK 18+000 e o 20+216 (fim do sublanço) totalizando 2,2 km, o que possibilita maior margem de erro devido a incertezas e imprecisão dos dados resultantes por exemplo, do registo da localização dos acidentes.

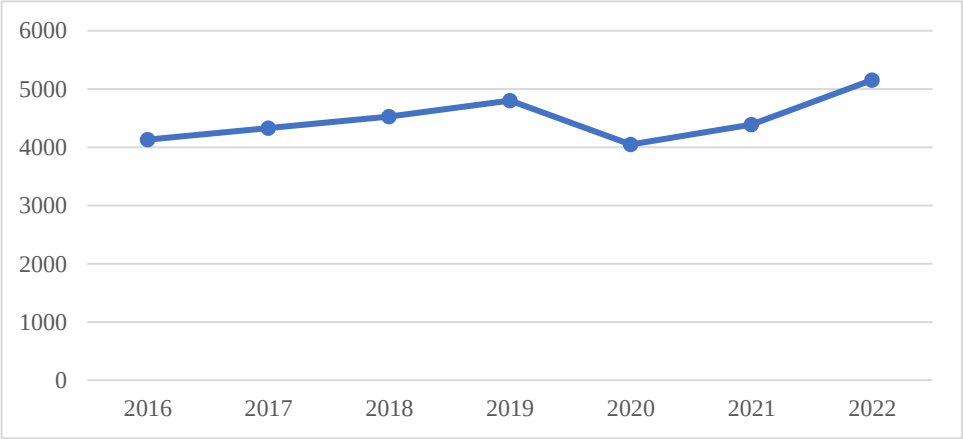
A Ascendi também realiza a contagem de veículos que circulam na plena via das autoestradas, o que serve como base para o cálculo do tráfego, uma importante fonte de informação que permite fazer análises para avaliar, por exemplo, a existência ou não de relações com o número de acidentes ocorridos.

A tabela e o gráfico abaixo mostram o tráfego médio diário anual (TMDA) dos anos aferidos, onde se nota uma queda no ano 2020 provavelmente devido aos efeitos do Covid-19 na mobilidade urbana, seguido pela tendência de se retornar ao valor médio nos anos posteriores.

Tabela 3 - TMDA no local 1

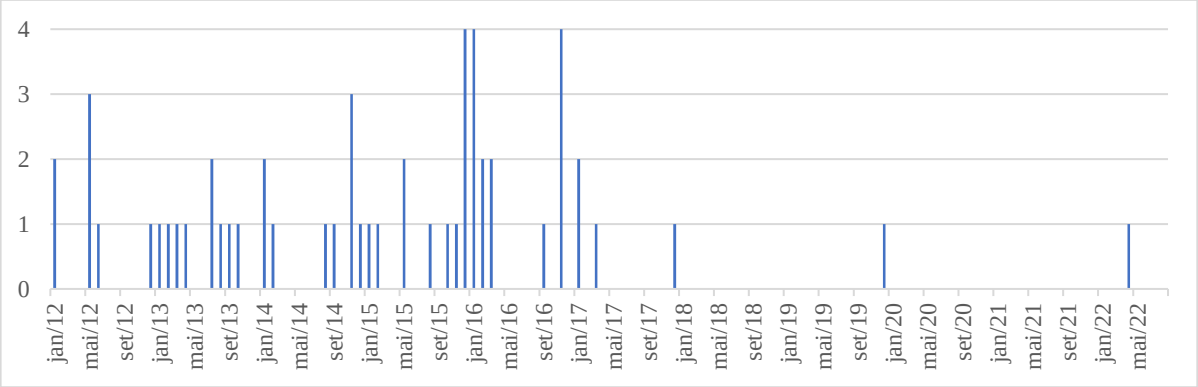
Local 1: A7 Sublanço EN2016/Famalicão	
Ano	**TMDA**
2016	4133
2017	4331
2018	4525
2019	4801
2020	4047
2021	4391
2022	5155

Gráfico 1 - TMDA no local 1



Já no Gráfico 2, pode-se ver a evolução dos acidentes ao longo dos últimos 10 anos, período em que houve aferição dos dados, entre janeiro de 2012 e agosto de 2022 no sublanço em análise.

Gráfico 2 - Acidentes do local 1 nos últimos 10 anos



Devido ao alto volume de acidentes ocorridos em 2016, foram implementadas medidas com o objetivo de conter a possível progressão, como a granalhagem para aumentar o atrito do pavimento, a colocação de dois sinais verticais de indicação de velocidade máxima (C13) com LED's incorporados no PK 18+500, e também dois painéis informativos de zona de acidentes no PK 17+700, ou seja, ambos a montante do trecho analisado, para que os efeitos pudessem surtir nos quilómetros seguintes onde se encontrava o ponto negro.

A Figura 6, retirada do plano de propostas ilustra a localização das sinalizações colocadas, bem como suas características geométricas e a Figura 7 ilustra a implementação final, que ficou de acordo com o previsto, apesar de poder haver situações com mudanças por impossibilidade de execução.



Figura 6 - Proposta das medidas de mitigação para o local 1 (Fonte: Ascendi)

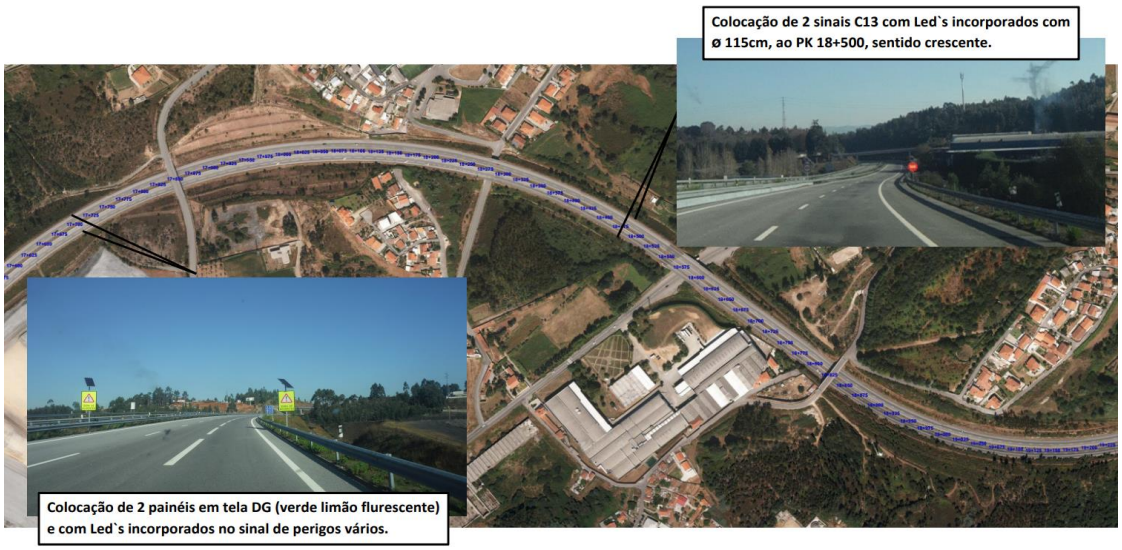


Figura 7 - Implementação final das medidas de mitigação para o local 1 (Fonte: Ascendi)

3.2.2. LOCAL 2: SUBLANÇO GRANJA – MIRAMAR (A29)

O segundo local faz parte de uma compilação de estudos feitos na autoestrada A29 ao qual pertencem, porém em sublanços distintos. O trecho escolhido situa-se no sublanço Granja/Miramar entre os PK's 44+900 e 45+525 no sentido crescente da Concessão Costa de Prata (CP), assinalado em vermelho na Figura 8, na cidade de Vila Nova de Gaia, Distrito do Porto.

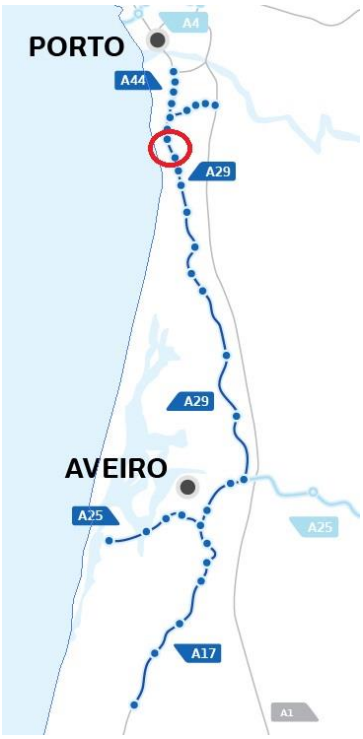


Figura 8 - Local 2 assinalado na Concessão Costa de Prata (Fonte: Ascendi)

No trecho também existem duas faixas de rodagem, cada uma em um sentido, porém com características mais distintas do que o local 1. No sentido crescente, que é o analisado, a faixa começa com duas vias de circulação até a zona de saída em que é inserida uma via de desaceleração ao PK 45+000, depois volta a ter duas vias durante a passagem pela obra de arte e em seguida há uma zona de entrada no PK 45+500 onde o trecho passa a ter três vias de circulação.

O traçado inicia-se com uma clotóide de 220 metros que introduz curva de raio 450 metros entre o PK 45+062 e o 45+181, voltando em seguida novamente a clotóide com 220 metros, terminando em reta até o PK 45+563. As bermas exteriores possuem 2,5 metros, as bermas interiores 1 metro e as vias de circulação 3,5 metros cada.

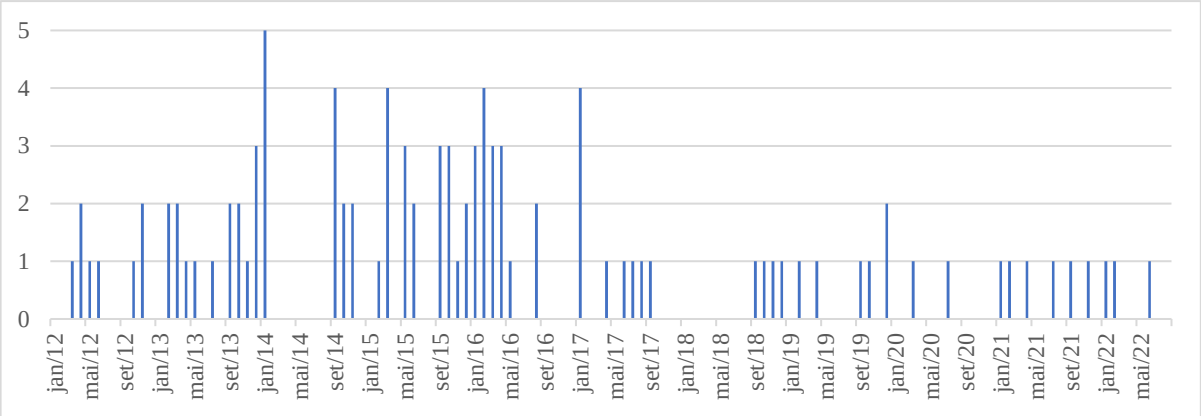


Figura 9 - Traçado em planta do local 2 (Fonte: SIG Ascendi)

Os dados utilizados para elaboração do relatório aludem ao período de janeiro de 2016 a outubro de 2016, definindo o trecho como uma Zona de Acumulação de Acidentes pelas características apresentadas, sendo então um lanço problemático com necessidades de intervenções.

Assim como no local 1, foi utilizada uma extensão maior pela impossibilidade de se selecionar o local exato dos acidentes. Então ao invés dos 650 metros em análise, foi considerado todo o sublanço que possui ao todo aproximadamente 2,7 quilômetros do PK 42+645 ao 45+337, e no gráfico abaixo é possível ver os acidentes ocorridos entre janeiro de 2012 e agosto de 20222 em Granja/Miramar.

Gráfico 3 - Acidentes do local 2 nos últimos 10 anos



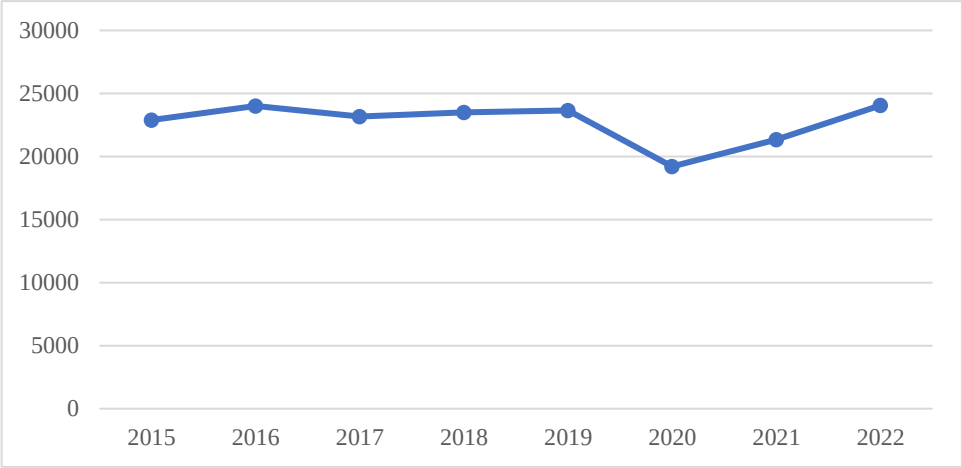
Os dados correspondentes ao tráfego médio diário anual que foram recolhidos, se encontram na Tabela 4 e

Gráfico 4, também com as variações percebidas no local 1 relativamente ao ano de 2020 e seguintes.

Tabela 4 - TMDA no local 2

Local 2: A29 Sublanço Granja/Miramar	
Ano	**TMDA**
2015	22893
2016	24022
2017	23162
2018	23514
2019	23656
2020	19211
2021	21346
2022	24055

Gráfico 4 - TMDA no local 2



As medidas para diminuição dos acidentes se encontram distribuídas pelo trecho, com a substituição da sinalização vertical de velocidade máxima (C13) por sinais com LED's embutidos no PK 44+850, colocação de sinais complementares tipo O6a (chevrons) ao longo da curva circular, colocação de balizas nos biseis do PK 45+200 e do PK 45+500, reperfilamento do pavimento ao PK 45+335 do Nó de Miramar, colocação de chevrons na curva seguinte ao fim do trecho em estudo, e por fim a instalação no separador central de lamelas de anti encandeamento com triângulos em tela DG (amarelos) aplicados conforme exemplo da Figura 10, entre o PK 45+700 ao PK 46+150.



Figura 10 - Lamelas anti encandeamento (Fonte: Ascendi)

3.2.3. LOCAL 3: NÓ DE COIMBRÕES – RAMO E (A44)

Também parte da Concessão Costa de Prata, mas pertencente à autoestrada A44, o terceiro local é o ramo E do nó de Coimbrões que faz parte do sublanço Madalena/Coimbrões entre os PK's 3+926 e 4+165 no sentido decrescente, localizado na cidade de Vila Nova de Gaia e distrito do Porto.

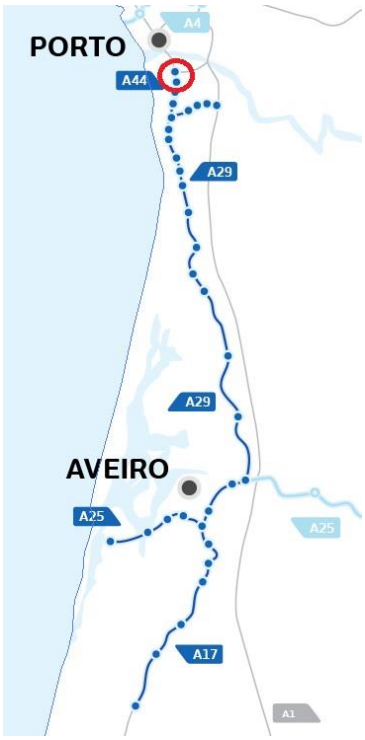


Figura 11 - Local 3 assinalado na Concessão Costa de Prata (Fonte: Ascendi)

Os dados que resultaram na elaboração do estudo tiveram como base o período entre janeiro e março de 2018, onde se concluiu ser uma zona com frequência de acidentes causada principalmente pelo incumprimento dos limites de velocidade associados ao tipo de traçado.

Como se nota na planta apresentada na Figura 12, o ramo E assinalado em vermelho desemboca em Coimbrões, marcando o início da concessão Costa de Prata ao fazer a ligação de entrada no sublanço Madalena/Coimbrões sentido decrescente. Esta transição ocorre em 237 metros, em curva e contracurva de baixo raio com um perfil de 2 vias de secção corrente de 3,5 metros cada e berma exterior de 2,5 metros.

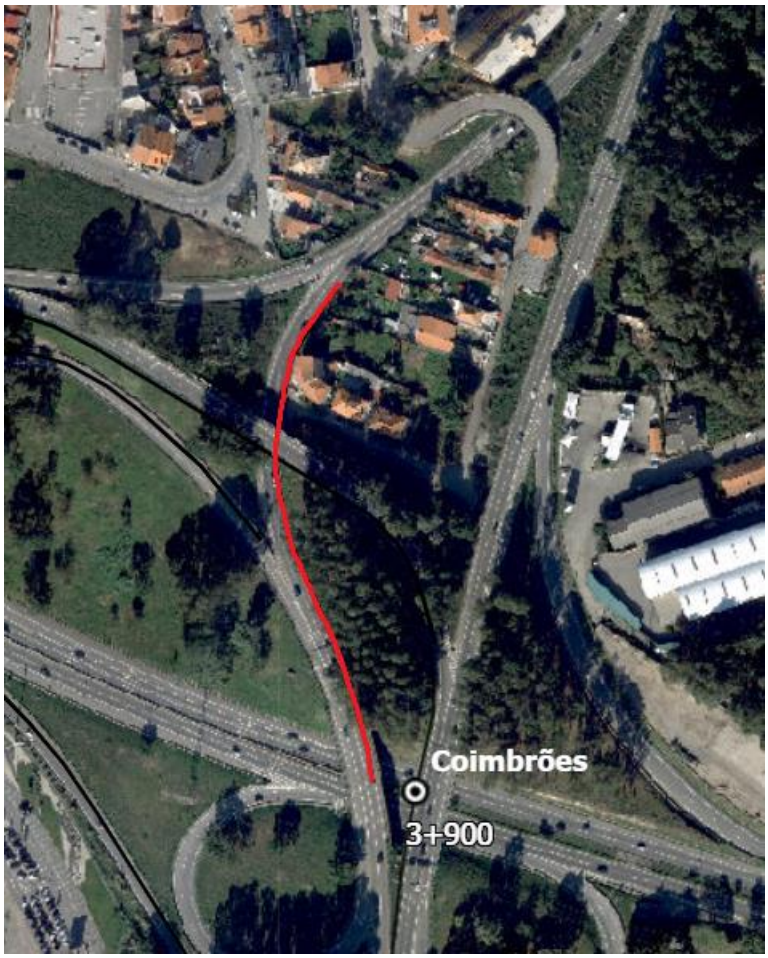
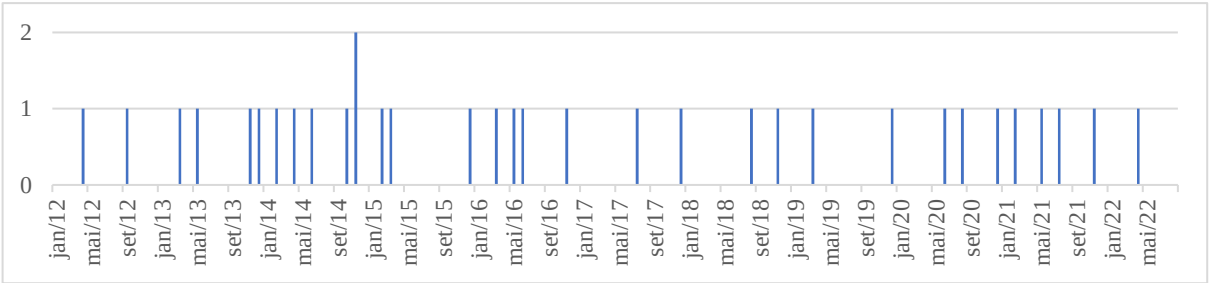


Figura 12 - Traçado em planta do local 3 (Fonte: SIG Ascendi)

Para o estudo, não é possível obter dados do trecho anterior ao ramo porque não faz parte da rede da Ascendi, então foi considerado o sublanço Madalena/Coimbrões, subsequente ao ramo, que vai do PK 3+103 ao 3+927 e que por estar conectado ao ramo sofre consequências diretas dos acidentes ocorridos no mesmo.

O gráfico a seguir apresenta a incidência de acidentes nos últimos 10 anos entre o período de janeiro de 2012 e agosto de 2022, para visualização da situação do ramo ao longo do tempo.

Gráfico 5 - Acidentes do local 3 nos últimos 10 anos

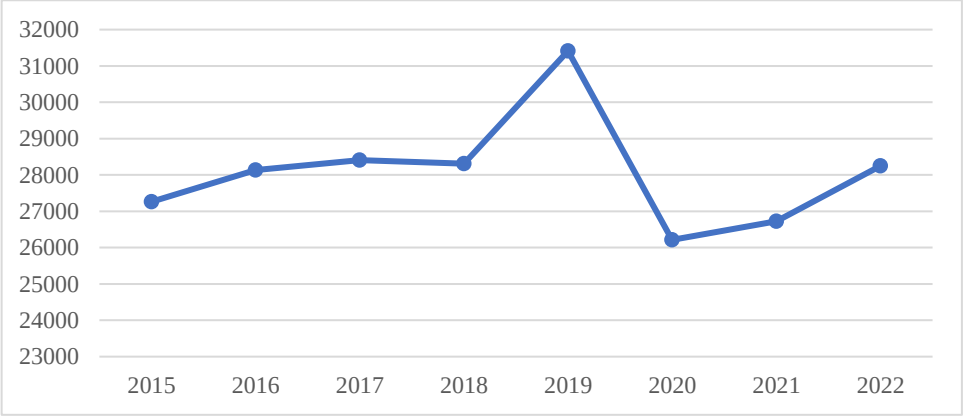


Como mencionado anteriormente, a Ascendi realiza a contabilização do tráfego das autoestradas em plena via, mas isso não ocorre com os ramos. Porém, de modo empírico foi obtida uma aproximação do tráfego com base nos dados dos sublanços que estão em ligação com os ramos. Os resultados estão apresentados abaixo bem como a visualização gráfica que evidencia claramente a existência de um aumento do tráfego em 2019 seguido por uma queda brusca em 2020, tal como nos casos anteriores, mas de maior amplitude.

Tabela 5 - TMDA no local 3

Local 3: A44 Sublanço Madalena/Coimbrões Ramo E	
Ano	**TMDA**
2015	27260
2016	28137
2017	28406
2018	28309
2019	31413
2020	26213
2021	26727
2022	28248

Gráfico 6 - TMDA no local 6



Como soluções para extinguir os acidentes no local, foram propostas as medidas expressas na Figura 13, com a colocação de sinalização vertical tipo C13 de velocidade e tipo O9a de chevrons, ambos com LED's incorporados e colocação de 15 balizas na entrada do ramo e 23 balizas ao meio do ramo no PK 4+040, 125 metros após o início do ramo. Além disso, foram instaladas guardas de segurança duplas em ambos os lados ao longo de todo o ramo com um dispositivo de proteção a motociclistas incorporado, que prevê atenuar a gravidade dos impactos nas guardas.

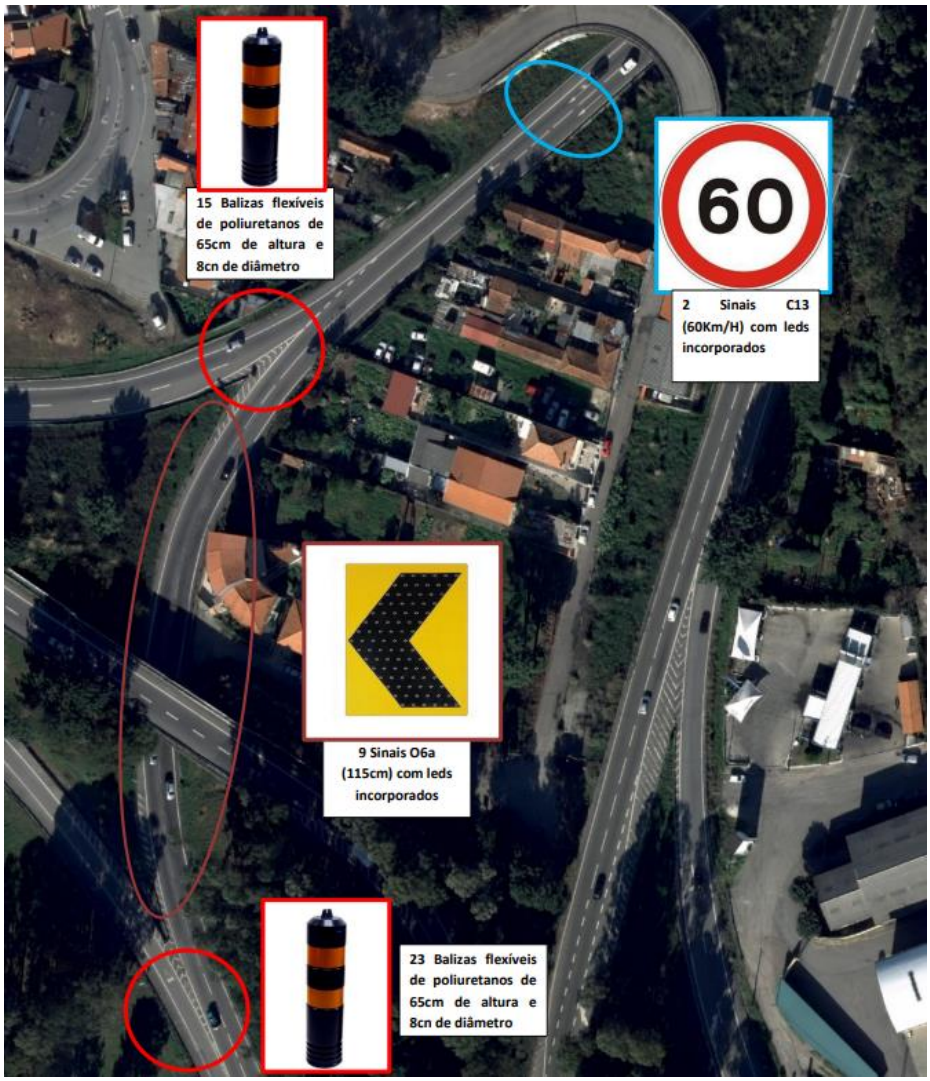


Figura 13 - Proposta de intervenção no local 3 (Fonte: Ascendi)

3.2.4. LOCAL 4: NÓ DA PONTE DA PEDRA – RAMO C (A4)

O quarto estudo versa sobre o ramo C do nó da Ponte da Pedra, inserido no sublanço Ponte da Pedra/Águas Santas da autoestrada A4 da Concessão Grande Porto e no sentido decrescente. Este local, que faz parte da cidade de São Mamede da Infesta no distrito do Porto está circulado na Figura 14.



Figura 14 - Local 4 assinalado na Concessão Grande Porto (Fonte: Ascendi)

O ramo começa na altura do PK 6+350 após a via de desaceleração que ocorre no sublanço, e diverge para que o ramo possua duas vias de circulação, cada uma com 3,50 metros cada com berma exterior de 2,5 metros. O traçado é composto por uma curva a direita, contracurva e depois nova curva a direita, compondo um ramo sinuoso que se nota abaixo de curvas acentuadas.

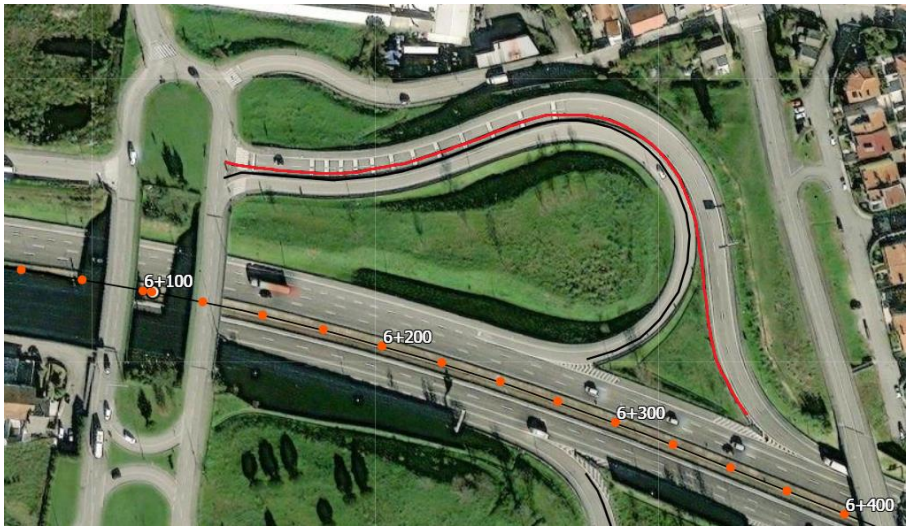


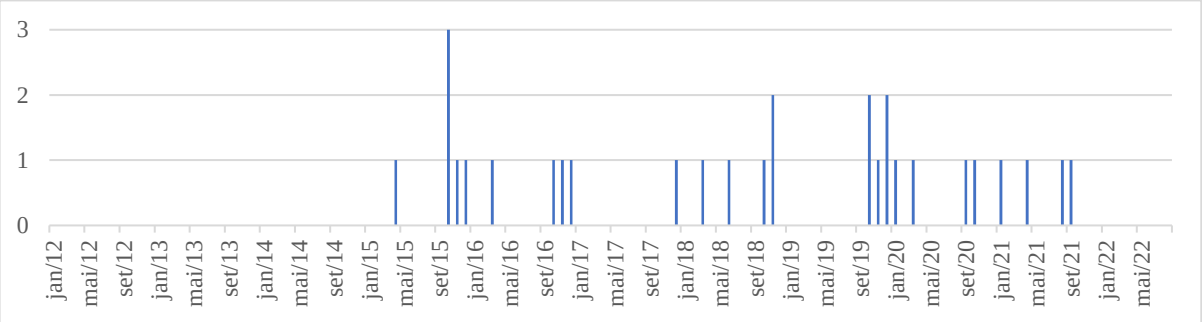
Figura 15 - Traçado em planta do local 4 (Fonte: SIG Ascendi)

Pelo relatório de análise, com os dados coletados em 2016, foi concluído que o motivo principal da frequência de acidentes seria o baixo atrito do pavimento, que influencia os níveis de derrapagem principalmente em condições meteorológicas adversas como a precipitação. Assim, pela intervenção proposta para o local, foi realizado processo de granalhagem em todo o ramo C e na via de desaceleração anterior que faz a mudança gradual de saída da autoestrada.

Considerando que o ramo está inserido no sublanço Ponte da Pedra/Águas Santas, ao invés de se considerar os 300 metros de extensão do ramo, serão utilizados os dados do sublanço em questão que se inicia no PK 6+104 e termina no PK 7+959, totalizando 1,8 km, para resultados que por exemplo necessitem de dados que não são possíveis de obter nos ramos, como o tráfego.

A seguir, no gráfico constam os números de acidentes que ocorreram no ramo ao longo dos anos desde o início de janeiro de 2012 até o fim de agosto de 2022.

Gráfico 7 - Acidentes do local 4 nos últimos 10 anos

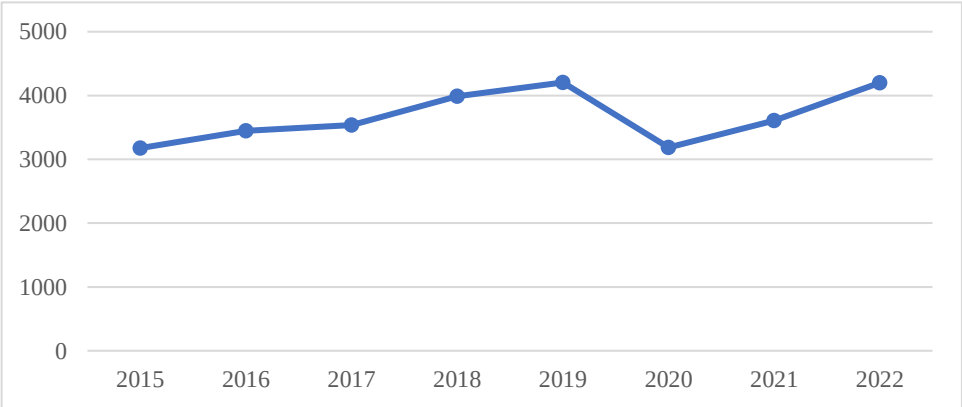


Tal como ocorre no local 3, o TMDA do local em estudo foi obtido indiretamente e também apresenta uma queda no tráfego em 2020, seguido pela tendência em retornar à média, conforme resultados abaixo.

Tabela 6 - TMDA no local 4

Local 4: A4 Sublanço Ponte da Pedra/Águas Santas Ramo C	
Ano	**TMDA**
2015	3176
2016	3445
2017	3539
2018	3989
2019	4205
2020	3188
2021	3606
2022	4201

Gráfico 8 - TMDA no local 4



3.2.5. LOCAL 5: NÓ DA CREL – RAMO B (A16)

O quinto local é o ramo B do nó da Crel sentido crescente, que está inserido na Concessão Grande Lisboa na cidade de Sintra e pertence ao sublanço Idanha/Crel da autoestrada A16. A imagem abaixo mostra em destaque a zona onde se localiza o sublanço em relação ao mapa da concessão.



Figura 16 - Local 5 assinalado na Concessão Grande Lisboa (Fonte: Ascendi)

O trecho possui 480 metros, com duas vias de 3,75 metros cada, berma exterior com 2,5 metros e berma interior com 1 metro. Constitui um traçado em curva bem acentuada com raio relativamente baixo de aproximadamente 170 metros seguida por contracurva mais alongada de maior raio.

Na Figura 17 é possível visualizar assinalado em vermelho os limites do ramo iniciando no nó da Crel, o qual marca o fim da autoestrada A16, ou seja, o ramo constitui uma saída para outra autoestrada já não pertencente à rede da Ascendi.

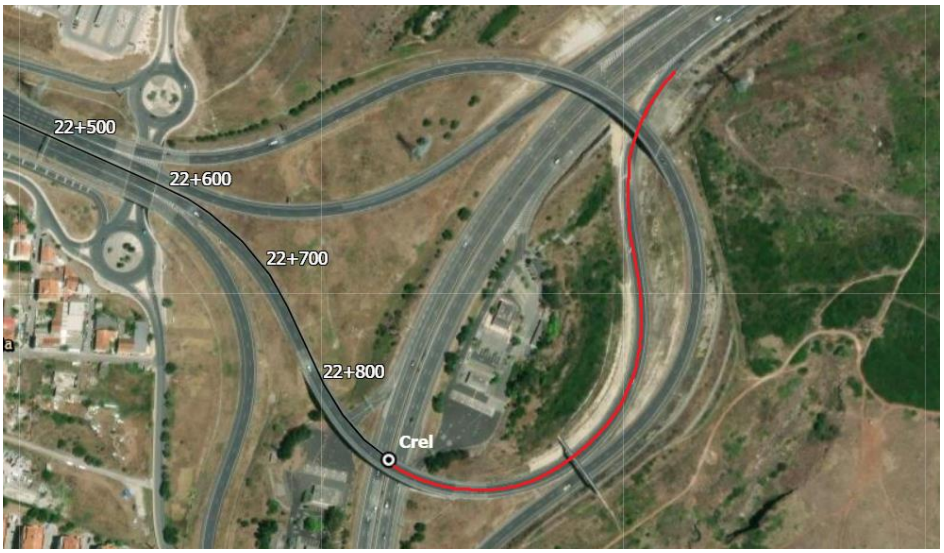
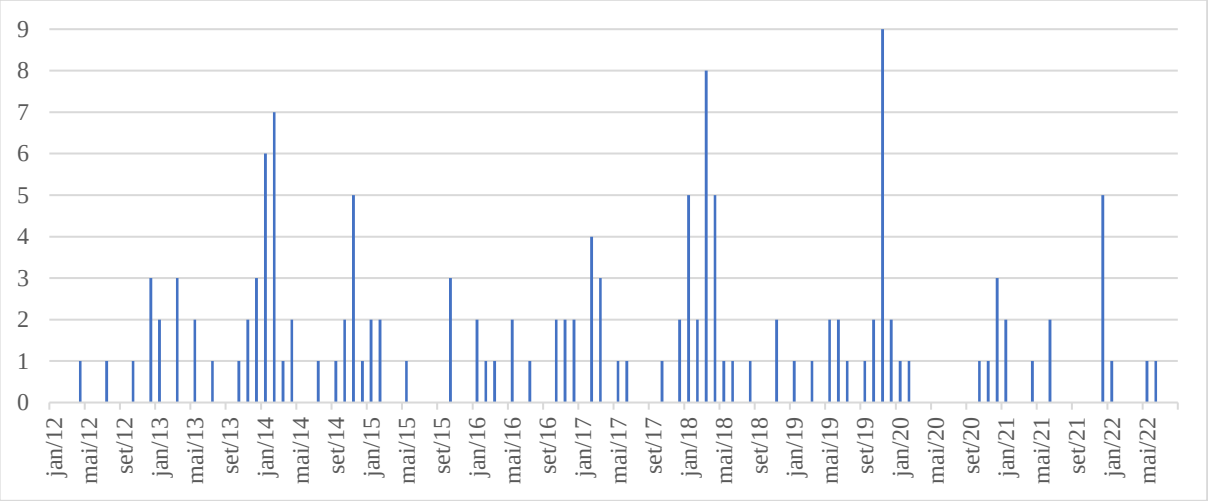


Figura 17 - Traçado em planta do local 5 (Fonte: SIG Ascendi)

Novamente, não há existência de dados suficientes que permitam a análise separada dos ramos, portanto foi considerado o sublanço anterior ao qual o ramo se integra para o estudo do número de acidentes, sendo então o Idanha/Crel entre o PK 21+545 e o PK 22+882, perfazendo 1,3 km.

Para uma visão global dos últimos 10 anos, o gráfico abaixo mostra a frequência de acidentes no ramo, também para o período equivalente entre janeiro de 2012 e agosto de 2022.

Gráfico 9 - Acidentes do local 5 nos últimos 10 anos

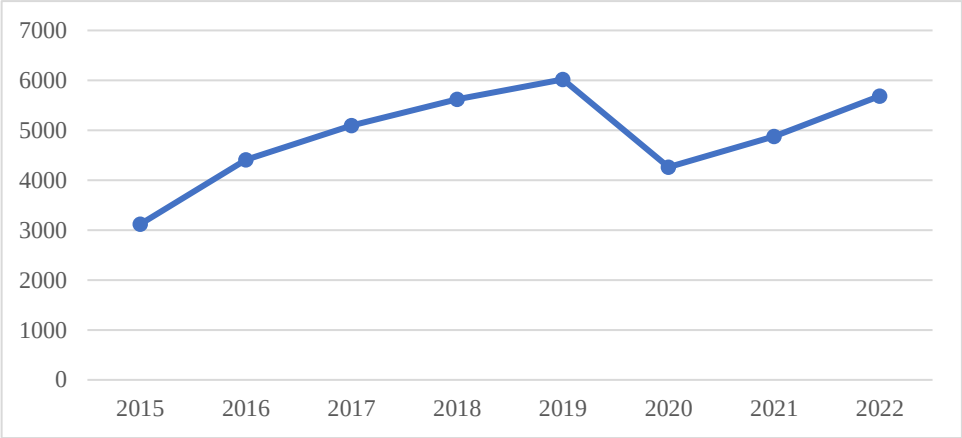


Os dados de contagem de veículos apresentados entre os anos de 2015 e 2019, de acordo com a Tabela 7, caracterizam uma tendência de aumento progressivo no tráfego do local 5, com uma interrupção em 2020 onde houve diminuição abrupta no tráfego, considerada como um fenómeno excecional pois posteriormente ocorre novamente a regressão de valores à tendência natural crescente que estava a ser apresentada.

Tabela 7 - TMDA no local 5

Local 5: A16 Sublanço Idanha/Crel Ramo B	
Ano	**TMDA**
2015	3119
2016	4413
2017	5099
2018	5623
2019	6019
2020	4261
2021	4879
2022	5684

Gráfico 10 - TMDA no local 5



O relatório de estudo do local considerou os dados entre janeiro e março de 2018 e chegou a resolução de que para diminuir o risco, deveriam ser implementadas as medidas que constam na Figura 18. Nota-se que a curva do ramo é bastante angulosa e de visibilidade limitada, é um fator que influencia negativamente na segurança rodoviária, portanto foi proposto o reforço de alerta para a sinalização vertical com a utilização de LED's incorporados nos chevrons, no sinal de curva acentuada e o de velocidade máxima.

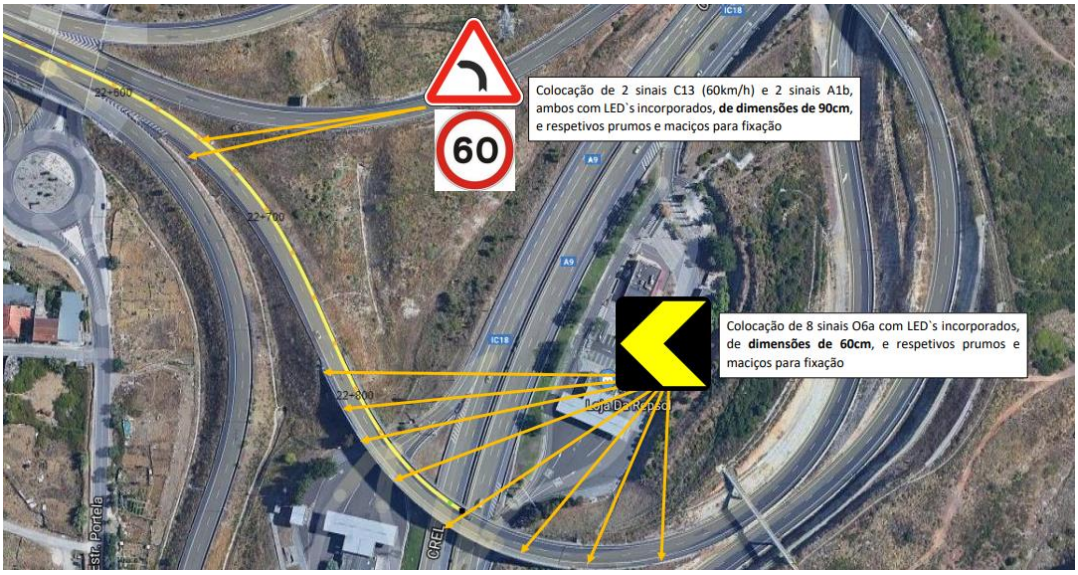


Figura 18 - Medidas de intervenção propostas para o local 5 (Fonte: Ascendi)

3.2.6. LOCAL 6: NÓ DE LOUREL – RAMO B (A16)

O último local é o ramo B do nó de Lourel, também parte Concessão Grande Lisboa na autoestrada A16 e sentido crescente. O sublanço ao qual o nó integra é o de Sintra/Lourel na cidade de Sintra, circulado na Figura 19.



Figura 19 - Local 6 assinalado na Concessão Grande Lisboa (Fonte: Ascendi)

O ramo possui 483 metros, iniciando aproximadamente ao PK 11+600 e terminando ao PK 12+000 no denominado nó de Lourel. Conforme se vê abaixo na imagem, o traçado se inicia em reta, passa a ter uma curva circular a direita com raio de 300 metros seguida por uma curva a esquerda com raio de 171,80 metros. Após a via de desaceleração em reta que diverge com a plena via, passam a existir duas vias de circulação no restante do ramo com 3,5 metros cada e berma exterior de 2,5 metros.

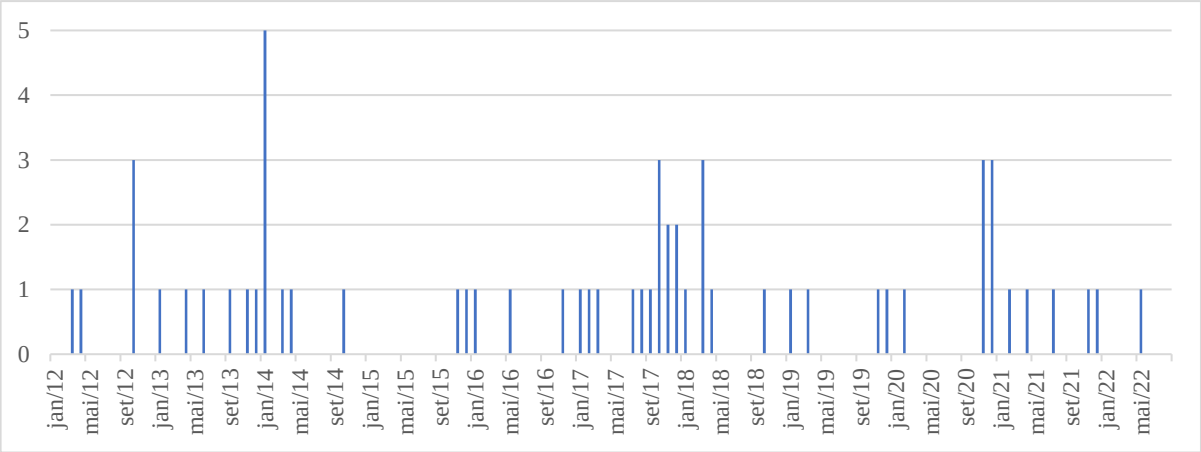


Figura 20 - Traçado em planta do local 6 (Fonte: SIG Ascendi)

Da mesma forma dos casos anteriores em que o estudo não é possível analisar separadamente e para manter a homogeneidade, foi considerado o sublanço de Sintra/Lourel ao qual o nó de Lourel pertence para se chegar aos resultados do local 6, do PK 10+939 ao 12+000 (1 km).

Os números de acidentes ocorridos no local em questão foram recolhidos e compilados para se gerar o Gráfico 11, que apresenta os dados para 01 janeiro de 2012 a 31 agosto de 2022, como todos os estudos já mencionados.

Gráfico 11 - Acidentes do local 6 nos últimos 10 anos

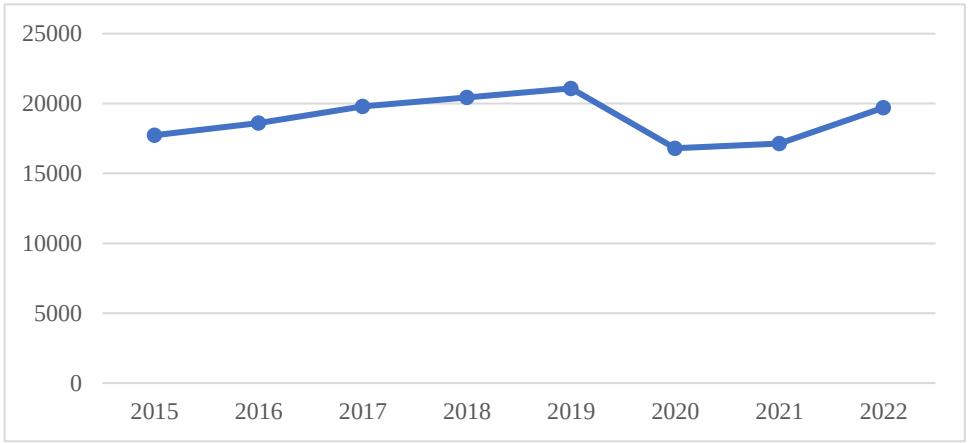


Quando ao tráfego, apresenta as mesmas tendências observadas nos casos anteriores.

Tabela 8 - TMDA no local 6

Local 6: A16 Sublanço Sintra/Lourel Ramo B	
Ano	**TMDA**
2015	17734
2016	18614
2017	19795
2018	20445
2019	21085
2020	16801
2021	17134
2022	19713

Gráfico 12 - TMDA no local 6



O relatório de análise para proposição de soluções foi feito junto do estudo anterior, que considerou o período entre janeiro e março de 2018, definindo o local como zona de acumulação de acidentes, principalmente devido as características da via associadas ao excesso de velocidades praticado pelos condutores.

Foram então propostas medidas voltadas para essa problemática, principalmente com a utilização de LED's incorporados na sinalização vertical para gerar alerta aos condutores. Assim, tanto os sinais de indicação de velocidade máxima, quanto os chevrons ao longo de toda curva circular e os sinais de curvas acentuadas foram substituídos para nova sinalização com LED's.

Como complemento para adequação da sinalização às condições locais, foram colocados sinais do tipo C20b de fim de limitação de velocidade máxima e também realizada a modificação do local de instalação do sinal H38 que indica o fim da autoestrada, para realocação 25 metros a montante da posição original e agora do lado direito ao invés do esquerdo.

Todas as medidas que foram implementadas e suas disposições finais se encontram indicadas na próxima imagem, onde é possível ver o mapa do ramo em análise e as intervenções associadas.

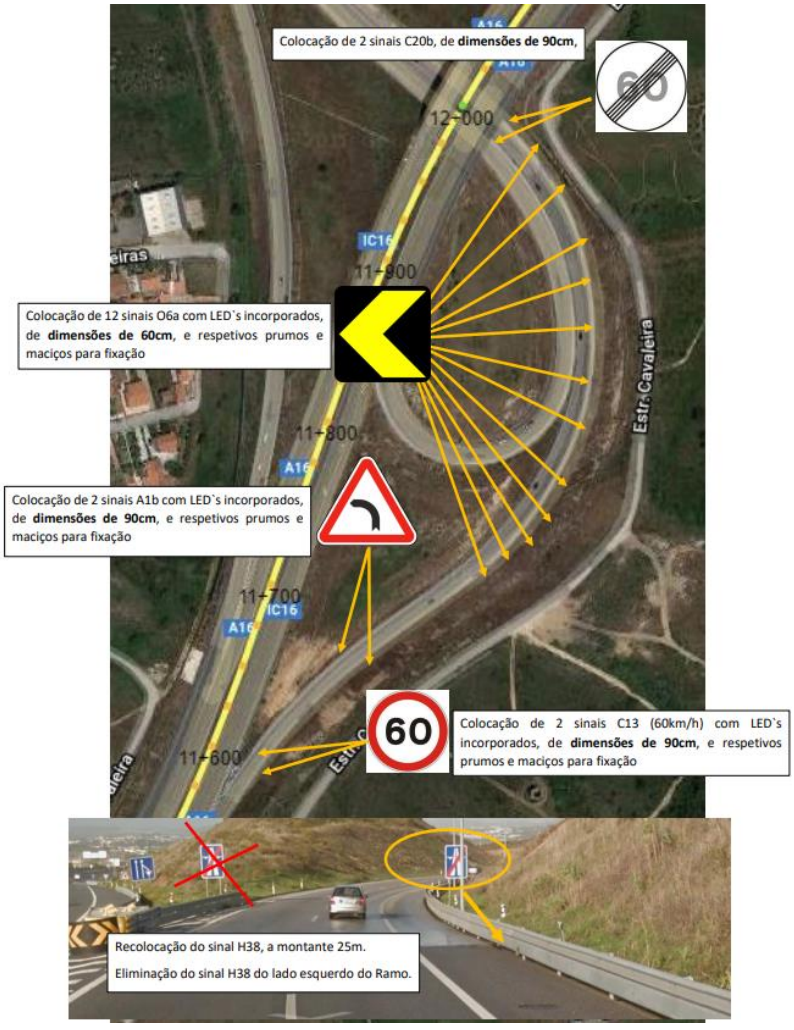


Figura 21 - Intervenções propostas para o local 6 (Fonte: Ascendi)

4.

APLICAÇÃO DOS MÉTODOS DE AVALIAÇÃO

Como visto no capítulo 2, existem vários tipos de metodologias que versam sobre a eficácia de tratamentos para melhoria da segurança rodoviária, e que cada possui suas vantagens e certezas e também suas desvantagens e incertezas. Em áreas mais exatas ou de vasta literatura, é de senso comum que se pretenda utilizar o método com mais vantagens pois consequentemente os resultados seriam mais certos e confiáveis [9]. Porém, a escassez de estudos relativos ao tema em questão faz com que seja necessário avaliar diferentes aspetos de um local, tornando imprescindível uma prévia avaliação dos dados disponíveis e de adequação aos métodos existentes.

Para se ter uma perceção mais alargada dos resultados, optou-se por aplicar mais de um método e desta forma ter margem para compará-los por princípios distintos, constatar se as intervenções realizadas surtiram efeito ou não, e então perceber na prática se houve dispersões causadas nos resultados e quais foram suas magnitudes conforme as precisões dos cálculos.

4.1. ENQUADRAMENTO ESTATÍSTICO

Sendo π o número de acidentes que seria esperado para um local no período 'depois' caso nenhuma medida tivesse sido aplicada; e λ o número de acidentes esperado para o período 'depois' no local em que houve a implementação de medidas.

O efeito que a implementação dessas medidas causa na segurança rodoviária é julgado pela comparação entre π e λ, com as seguintes equações:

$$\delta = \pi - \lambda \quad (1)$$

δ expressa a redução no período 'depois' do número esperado de acidentes.

Como citado, π e λ são valores esperados, o que significa que são desconhecidos, mas podem ser estimados por meio dos dados observados. Para representar a estimação estatística, usa-se $\hat{\pi}$ e $\hat{\lambda}$ como notação com o acento ^ acima das incógnitas, evidenciando que não é o valor real e sim uma estimativa. Para avaliar as diferenças entre o valor real e o estimado, utilizam-se medidas de dispersão como a variância (VAR) e o desvio padrão (σ), que também são estimados.

O valor $\hat{\delta}$ poderá ser obtido diretamente pela fórmula 1 utilizando $\hat{\pi}$ e $\hat{\lambda}$, e a correspondente variância será a soma das variâncias de $\hat{\pi}$ e $\hat{\lambda}$, usando a suposição de que essas incógnitas são independentes.

$$VAR(\hat{\delta}) = VAR(\hat{\pi}) + VAR(\hat{\lambda}) \tag{2}$$

Outra medida de avaliação dos efeitos das medidas de redução de acidentes é a razão de efetividade dada por θ e definida como λ/π, em que se esta relação for menor que 1 o tratamento foi efetivo, e se for maior que 1 foi prejudicial à segurança rodoviária. O estimador para essa razão segue a fórmula abaixo:

$$\hat{\theta} = \frac{\left(\frac{\lambda}{\pi}\right)}{\left(1 + \frac{VAR(\hat{\pi})}{\pi^2}\right)} \tag{3}$$

Sendo assim, a variância de $\hat{\theta}$ poderá será aproximada por:

$$VAR(\hat{\theta}) = \frac{\theta^2 * \left(\left(\frac{VAR(\hat{\lambda})}{\lambda^2}\right) + \left(\frac{VAR(\hat{\pi})}{\pi^2}\right)\right)}{\left(1 + \frac{VAR(\hat{\pi})}{\pi^2}\right)^2} \tag{4}$$

As equações 1 a 4 apresentadas fornecem toda a base e o enquadramento estatístico necessário para os métodos antes-depois que serão aplicados [9].

Pela avaliação das expressões 2 e 4, é possível concluir que a precisão com que δ e θ são estimados dependem da precisão com que λ e π são estimados, ou seja, da $VAR(\hat{\pi})$ e $VAR(\hat{\lambda})$.

Sendo assim, por meio da exatidão com que se prevê qual seria a frequência de acidentes sem as medidas implementadas e da exatidão com que se estima qual foi a frequência de acidentes após a implementação das medidas, é possível se chegar a resultados mais precisos, dependendo do método escolhido.

No caso de λ, é usual assumir que a frequência de acidentes segue a distribuição de Poisson, o que significa neste caso que o valor estimado $\hat{\lambda}$ e a sua variância serão iguais. Já para π a previsão de $\hat{\pi}$ é um pouco mais complicada porque implica lidar com uma eventualidade que não ocorreu e, portanto, não pode ser observada.

Os métodos de previsão variam desde assumir que o futuro se assemelharia ao passado, através de várias projeções de tendências temporais, até à contabilização de alterações no tráfego ou outros fatores independentes e compensações por enviesamentos. Consequentemente, a expressão que determinará a variância de $\hat{\pi}$ vai depender do método de previsão.

Em suma, os resultados objetivados em termos de valores são descritos por $\hat{\delta}$ e $VAR(\hat{\delta})$ ou por $\hat{\theta}$ e $VAR(\hat{\theta})$, sendo suficientes como base para análise sobre a efetividade das medidas de redução de risco de acidentes e servem também para comparação entre os resultados de diferentes estudos.

4.2. AVALIAÇÃO ANTES-DEPOIS SIMPLES

Considerando K o número de acidentes no período antes e L o número de acidentes no período depois e que a razão das durações dos períodos é dada por:

$$r_d(j) = \frac{Duração\ do\ período\ 'antes' para\ o\ local\ j}{Duração\ do\ período\ 'depois'\ ara\ o\ local\ j} \quad (5)$$

Os valores que serão atribuídos a $\hat{\lambda}$, $\hat{\pi}$, $VAR(\hat{\lambda})$ e $VAR(\hat{\pi})$ para a abordagem simples pode ser vista na tabela abaixo.

Tabela 9 - Fórmulas de estimação de $\hat{\lambda}$, $\hat{\pi}$ e suas variâncias

Estimação dos parâmetros	Estimação das variâncias
$\hat{\lambda} = L$	$VAR(\hat{\lambda}) = L$
$\hat{\pi} = r_d * K$	$VAR(\hat{\pi}) = r_d^2 * K$

Os dados iniciais (inputs) para os 6 locais em análises se encontra na Tabela 10, incluindo o cálculo das estimações previstas na Tabela 9.

Tabela 10 - Estimação de $\hat{\lambda}$, $\hat{\pi}$ e as suas variâncias nos locais em estudo

Local	Período antes	Período depois	Nº de acidentes antes	Nº de acidentes depois			
j	Meses	Meses	K	L	r_d	r_d * K	r_d^2 * K
1	71	57	52	3	0,8	41,7	33,5
2	64	64	76	25	1,0	76,0	76,0
3	77	51	21	12	0,7	13,9	9,2
4	68	60	10	19	0,9	8,8	7,8
5	68	60	76	69	0,9	67,1	59,2
6	79	49	42	18	0,6	26,1	16,2

Utilizando esses valores, os outros parâmetros abordados nas expressões 1 a 4 podem ser definidos.

Tabela 11 - Estimação dos parâmetros do método simples antes-depois

Local	$\hat{\lambda} = VAR(\hat{\lambda})$	$\hat{\pi}$	$VAR(\hat{\pi})$	$\hat{\delta}$	$VAR(\hat{\delta})$	$\hat{\theta}$	$VAR(\hat{\theta})$
1	3	41,7	33,5	38,7	36,5	0,071	0,0017
2	25	76,0	76,0	51,0	101,0	0,325	0,0055
3	12	13,9	9,2	1,9	21,2	0,824	0,0809
4	19	8,8	7,8	-10,2	26,8	1,958	0,4834
5	69	67,1	59,2	-1,9	128,2	1,016	0,0278
6	18	26,1	16,2	8,1	34,2	0,675	0,0345

Os dados dos locais apresentados nas tabelas de forma simplificada, encontram-se nos anexos de forma detalhada mês a mês.

4.3. AVALIAÇÃO ANTES-DEPOIS POR COMPARAÇÃO

Neste caso, supõe-se que a mudança ocorrida em termos de segurança rodoviária entre o período 'antes' e o período 'depois' de um local similar ao local em estudo traduz a mudança que ocorreria no local em estudo caso não tivessem sido implementadas medidas, por meio de relações comparativas.

Sendo r_c a razão de comparação do número esperado de acidentes 'depois' pelo número esperado de acidentes 'antes' no local (ou grupo) de comparação, e indica como a contagem de acidentes é esperada mudar na ausência do tratamento. Na imagem abaixo é possível ter a visualização gráfica de seu significado, formando a inclinação da linha ligada à origem.

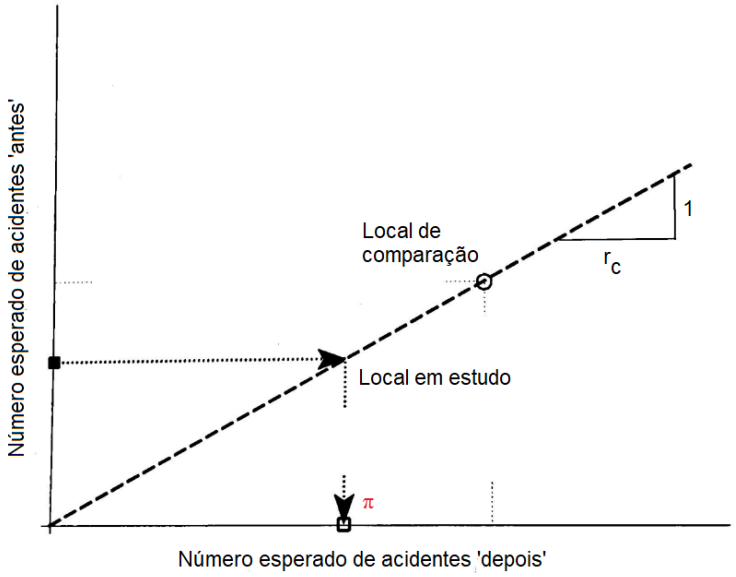


Figura 22 - Definição da razão de comparação

Portanto, presume-se que se o local em estudo não tivesse sofrido intervenções, o valor esperado do número de acidentes para o período 'antes' seria:

$$\pi = (nº\ esperado\ de\ acidentes\ 'antes'\ no\ local\ de\ comparação) * r_c \quad (6)$$

Além dos indicadores K e L utilizados no método simples, serão utilizados M para o número de acidentes no período antes para o grupo de comparação e N para o número de acidentes no período depois. O valor esperado para cada um será denotado por letras gregas, conforme a tabela abaixo.

Tabela 12 - Contagem de acidentes e valores esperados

	Local em estudo	**Local de comparação**
Antes	K, κ	M, μ
Depois	L, λ	N, ν

Assim se torna exequível o estabelecimento das relações que envolvem este método. Como já citado, r_c é a razão dos valores esperados para o grupo de comparação.

$$r_c = \frac{\nu}{\mu} \quad (7)$$

Por conseguinte, r_t será a correspondente razão para o local de estudo.

$$r_t = \frac{\pi}{\kappa} \quad (8)$$

Reorganizando a equação 8, π então será:

$$\pi = r_t * \kappa \quad (9)$$

Idealmente, considerando que todos os fatores externos afetam ambos os locais da mesma forma, é esperado as duas razões sejam iguais ($r_t = r_c$), mas como na realidade é improvável que $\frac{r_c}{r_t} = 1$ de forma exata, define-se ω como uma variável que pode assumir diferentes valores em diferentes ocasiões.

$$\omega = \frac{r_c}{r_t} \quad (10)$$

Para se chegar aos resultados pretendidos, as estimações dos parâmetros antes determinados pela Tabela 9 agora é feita de acordo com base na Tabela 13, em que a estimação de λ continua a mesma, mas π foi atualizado para corresponder com a equação 9, bem como sua variância também mudou, com o objetivo de contabilizar os efeitos das mudanças em vários fatores causais não controlados.

Tabela 13 - Estimação dos parâmetros e suas variâncias

Estimação dos parâmetros	Estimação das variâncias
$\hat{\lambda} = L$	$VAR(\hat{\lambda}) = L$
$\hat{r_t} = \hat{r_c} = \frac{\left(\frac{N}{M}\right)}{\left(1+\frac{1}{M}\right)} \cong \frac{N}{M}$	$\frac{VAR(\hat{r_t})}{\hat{r_t}^2} \cong \left(\frac{1}{M}+\frac{1}{N}+VAR(\omega)\right)$
$\hat{\pi} = \hat{r_t} * K$	$VAR(\hat{\pi}) \cong \hat{\pi}^2 * \left(\frac{1}{K}+\frac{VAR(\hat{r_t})}{\hat{r_t}^2}\right)$

Com isso será possível calcular os resultados almejados de $\hat{\delta}$, $VAR(\hat{\delta})$, $\hat{\theta}$ e $VAR(\hat{\theta})$, utilizando períodos antes-depois iguais para cada local a depender da data de intervenção.

Primeiramente, deve-se selecionar os locais de comparação. Para avaliar quantitativamente a adequação de um grupo de comparação, utiliza-se o estimador de ω pela equação a seguir:

$$o = \frac{\frac{K*N}{L*M}}{1+\frac{1}{L}+\frac{1}{M}} \tag{11}$$

Se uma série temporal de contagem de número de acidentes estiver disponível antes da implementação das medidas, esta fórmula é aplicada a cada par antes-depois formando uma sequência de resultados a qual se pode calcular a média de o (m{o}) e sua respetiva variância ($s^2\{o\}$). Se esta média for suficientemente próxima de 1, o grupo de referência candidato é considerado adequado. A variância de ω com base na média do estimador será:

$$VAR(\omega) = s^2\{o\} - \left(\frac{1}{K}+\frac{1}{L}+\frac{1}{M}+\frac{1}{N}\right) \; se > 0, e \; 0 \; caso \; contrário \tag{12}$$

4.3.1. LOCAL 1: SUBLANÇO EN206 – FAMALICÃO (A7)

Para avaliação inicial de adequação, será considerada toda a extensão da autoestrada A7 a qual o sublanço pertence. Os dados necessários para resolução da equação 11 se encontra na tabela abaixo.

Tabela 14 - Número de acidentes no período anterior à intervenção do local 1

	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Estudo	7	9	9	11	12	4
Comparação	80	92	67	78	97	69

Com isso, utiliza-se pares antes-depois para os anos entre 2012 e 2017 gerando em uma sequência de resultados para o valor de o.

Tabela 15 – Resultados da adequação para o local 1

2012-2013	2013-2014	2014-2015	2015-2016	2016-2017
0,80	0,65	0,86	1,04	1,69

A média dos valores m{o} é 1,01 e a respetiva variância $s^2\{o\}$ é 0,17. Como a média é suficientemente próxima a 1, e o intervalo de confiança inclui o valor 1 mesmo com o valor mais elevado da variância, então se conclui que o local de comparação escolhido é adequado.

A tabela a seguir mostra os valores que K, L, M e N irão assumir para os cálculos a serem realizados utilizando a equação 12, estimações presentes na Tabela 13 e equações 1 a 4, nesta ordem.

Tabela 16 - Número de acidentes totais no local 1

	Antes	Depois
Estudo	K= 52	L= 3
Comparação	M= 483	N= 368

4.3.2. LOCAL 2: SUBLANÇO GRANJA – MIRAMAR (A29)

Seguindo a mesma lógica que a escolha inicial do local de comparação para o local 1, será utilizada toda a autoestrada A29. Os dados para o cálculo dos estimadores de ω e os resultados se encontram nas tabelas abaixo.

Tabela 17 - Número de acidentes no período anterior à intervenção do local 2

	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Estudo	8	15	13	19	16	4
Comparação	60	97	110	102	105	32

Tabela 18 – Resultados da adequação no local 2

2012-2013	2013-2014	2014-2015	2015-2016	2016-2017
0,80	1,20	0,60	1,14	0,81

A média e a variância são 0,91 e 0,07 respetivamente. Apesar da média não ser tão próxima a 1 quanto o caso anterior, a variância tem um valor menor e consequentemente terá um desvio padrão menor, assim, foi considerado adequado o local de comparação selecionado.

Para os cálculos do método, os números de acidentes assumem os seguintes valores:

Tabela 19 - Número de acidentes totais no local 2

	Antes	**Depois**
Estudo	K= 76	L= 25
Comparação	M= 506	N= 377

4.3.3. LOCAL 3: NÓ DE COIMBRÕES – RAMO E (A44)

O local de comparação a ser avaliado para o local 3 é a autoestrada A44 em toda sua extensão, pela suposição de que as mudanças ocorridas são proporcionais.

Tabela 20 - Número de acidentes no período anterior à intervenção do local 3

	2012	**2013**	**2014**	**2015**	**2016**	**2017**	**2018**
Estudo	3	4	6	3	4	2	0
Comparação	12	33	27	25	18	20	19

Como não ocorreram acidentes em 2018, foi considerado apenas para cálculo do estimador de ω que houve 1 acidente de modo que o par 2017-2018 pudesse ser contabilizado.

Tabela 21 – Resultados da adequação no local 3

2012-2013	**2013-2014**	**2014-2015**	**2015-2016**	**2016-2017**	**2017-2018**
1,03	0,46	1,35	0,42	1,43	0,93

A média desses valores é de 0,94 e a variância 0,23, sendo então classificado como adequado para as relações que serão realizadas. Pelo mesmo princípio do caso de estudo 2, o local de comparação será utilizado para elaboração dos cálculos, e os números de acidentes está exposto a seguir.

Tabela 22 - Número de acidentes totais no local 3

	Antes	**Depois**
Estudo	K= 21	L= 12
Comparação	M= 154	N= 79

4.3.4. LOCAL 4: NÓ DA PONTE DA PEDRA – RAMO C (A4)

Quanto ao local 4, foi selecionada a autoestrada A4 para as análises comparativas.

Tabela 23 - Número de acidentes no período anterior à intervenção do local 4

	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Estudo	0	0	0	6	4	0
Comparação	5	10	23	39	30	24

Também de modo a contabilizar os pares de períodos, utilizou-se a contagem de acidentes equivalente a 1 resultando na tabela a seguir.

Tabela 24 – Resultados da adequação no local 4

2012-2013	2013-2014	2014-2015	2015-2016	2016-2017
0,91	1,10	0,23	0,90	1,57

A média desses valores é de 0,94 e a variância é 0,18. Pela proximidade da média ao valor almejado de 1, considerou-se o local de comparação apropriado.

Tabela 25 - Número de acidentes totais no local 4

	Antes	Depois
Estudo	K= 10	L= 19
Comparação	M= 131	N= 209

4.3.5. LOCAL 5: NÓ DA CREL – RAMO B (A16)

Neste caso a seleção inicial de um local para comparação foi a autoestrada A16.

Tabela 26 - Número de acidentes no período anterior à intervenção do local 5

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Estudo	6	14	26	8	13	12	22
Comparação	38	42	73	52	58	71	59

Tabela 27 – Resultados da adequação no local 5

2012-2013	2013-2014	2014-2015	2015-2016	2016-2017	2017-2018
0,43	0,88	2,03	0,63	1,20	0,43

Com isso, a média resultante foi de 0,93 e a variância 0,38. Após análise dos valores foi concluído que o local selecionado pode se enquadrar nos requisitos para comparação.

Tabela 28 - Número de acidentes totais no local 5

	Antes	**Depois**
Estudo	K= 76	L= 69
Comparação	M= 393	N= 256

4.3.6. LOCAL 6: NÓ DE LOUREL – RAMO B (A16)

Também por estar integrado na autoestrada A16, será realizada uma análise de adequação ao local em estudo de forma idêntica ao local 5.

Tabela 29 - Número de acidentes no período anterior à intervenção do local 6

	2012	**2013**	**2014**	**2015**	**2016**	**2017**	**2018**
Estudo	5	6	8	2	3	13	5
Comparação	38	42	73	52	58	71	59

Tabela 30 – Resultados da adequação no local 6

2012-2013	**2013-2014**	**2014-2015**	**2015-2016**	**2016-2017**	**2017-2018**
0,77	1,13	1,88	0,55	0,26	1,78

A média dos valores obtidos na tabela acima é de 1,06 com uma variância de 0,39. Optou-se por manter o local selecionado para realização dos cálculos do método devido a proximidade suficiente da média ao valor de 1, e para se avaliar os efeitos da utilização de um mesmo local de comparação para locais de estudo diferentes.

Tabela 31 - Número de acidentes totais no local 6

	Antes	**Depois**
Estudo	K= 42	L= 18
Comparação	M= 393	N= 256

4.3.7. SÍNTESE

Com todos os valores de K, L, M e N definidos pela escolha dos locais de comparação e recolha de valores na base de dados da Ascendi, pode-se prosseguir com a metodologia que, como referido no subcapítulo 4.3.1., utiliza a equação 12, as estimações presentes na Tabela 13 e as equações 1 a 4, nesta ordem. Na tabela a seguir se encontra a síntese dos cálculos mencionados para todos os locais de estudo.

Tabela 32 - Síntese dos cálculos do método de comparação

	Local 1	Local 2	Local 3	Local 4	Local 5	Local 6
$VAR(\omega)$	0	0,012	0,065	0,015	0,346	0,304
$\hat{\lambda}$	3	25	12	19	69	18
$\widehat{r_c}$	0,76	0,74	0,51	1,58	0,65	0,65
$\hat{\pi}$	39,54	56,51	10,70	15,83	49,38	27,29
$VAR(\hat{\lambda})$	3	25	12	19	69	18
$VAR(\hat{\pi})$	37,55	95,81	16,80	31,93	891,27	249,06
$\hat{\delta}$	36,54	31,51	-1,30	-3,17	-19,62	9,29
$\hat{\theta}$	0,07	0,43	0,98	1,06	1,02	0,49
$\sigma(\hat{\delta})$	6,37	10,99	5,37	7,14	30,99	16,34
$\sigma(\hat{\theta})$	0,04	0,11	0,47	0,45	0,63	0,31

4.4. ANÁLISE DE SÉRIES TEMPORAIS (ARIMA)

Adicionalmente aos métodos tradicionais de estudos antes-depois, considerou-se ainda a aplicação de um método estatístico que contribui para a comparação dos resultados dos vários métodos e assim, aumentar a confiança nos resultados. Este método tem sido aplicado na avaliação de medidas de mitigação dos acidentes nomeadamente na avaliação do efeito dos equipamentos de fiscalização da velocidade (também designado de radares) [11].

Em estatística, um modelo auto-regressivo integrado de médias móveis (tradução da designação em inglês *autoregressive integrated moving average* – ARIMA) é ajustado aos dados de uma série temporal de modo a identificar padrões na sequência de números ao longo do tempo, que são correlacionados entre si, mas deslocados no tempo, e também prever padrões futuros.

Essa análise é usada quando as observações são feitas repetidamente ao longo de 50 ou mais períodos de tempo [11], o que é caso dos locais em estudo e, portanto, pode ser aplicada para testar o impacto das intervenções já que isso configura um dos objetivos da análise.

Apesar de ser um modelo com poucas variáveis é muito complexo e exige um nível de conhecimento estatístico elevado para definir os parâmetros requeridos (p,d,q) que serão utilizados. Assim, foi utilizado o software SPSS que permite a seleção de um modo *expert modeler* que realiza o ajuste automaticamente conforme os dados introduzidos.

Estes dados são os números de acidentes ocorridos em cada período de tempo observado e a indicação de quais períodos estavam sob influência da intervenção por meio da utilização dos operadores lógicos 0 e 1 como falso e verdadeiro para representar a existência ou não da intervenção naquele período.

As imagens abaixo elucidam o passo a passo para a realização do processo necessário até a obtenção dos resultados. Partindo como exemplo os dados do local 1, seleciona-se a aba de análise (*analyze*), previsão (*forecasting*) e criação de modelos tradicionais (*create traditional models*).

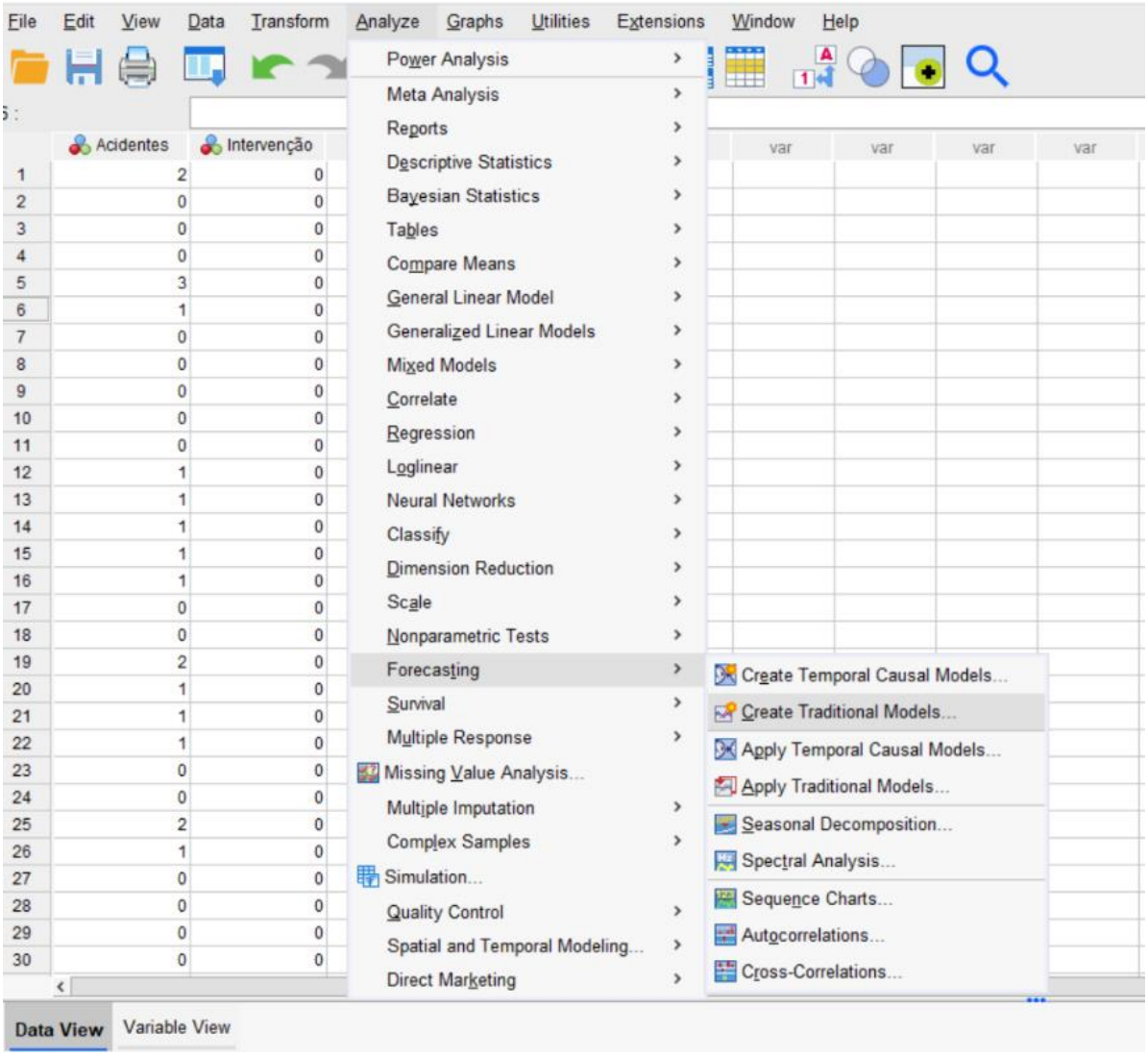


Figura 23 - Passo 1 ARIMA

Em seguida, faz-se a classificação da variável do número de acidentes como dependente e a de intervenção como independente, a seleção do método como *expert* e depois a escolha dos critérios (*criteria*) para definição do modelo como ARIMA e seleção da intervenção como o evento para avaliação de seus efeitos, de acordo com os passos 2 e 3,

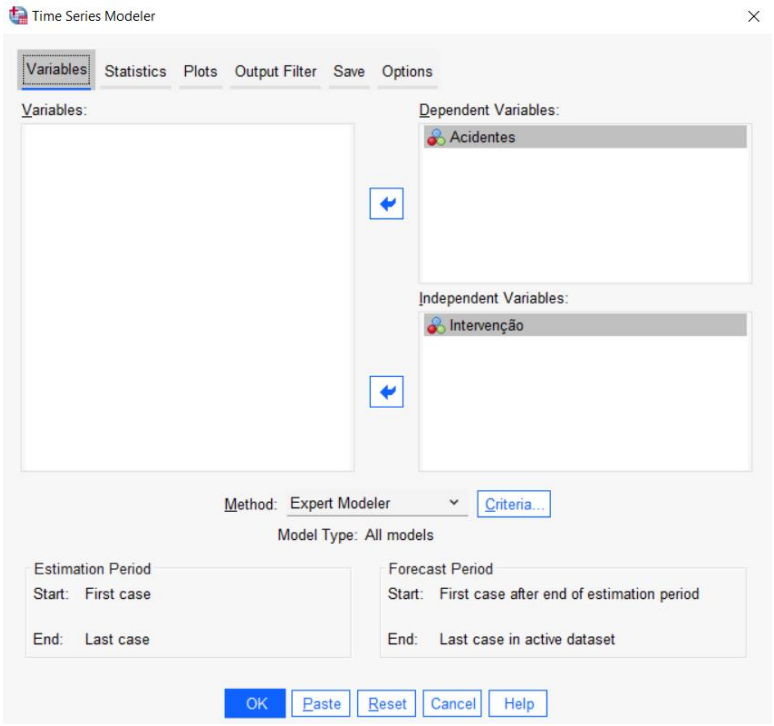


Figura 24 - Passo 2 ARIMA

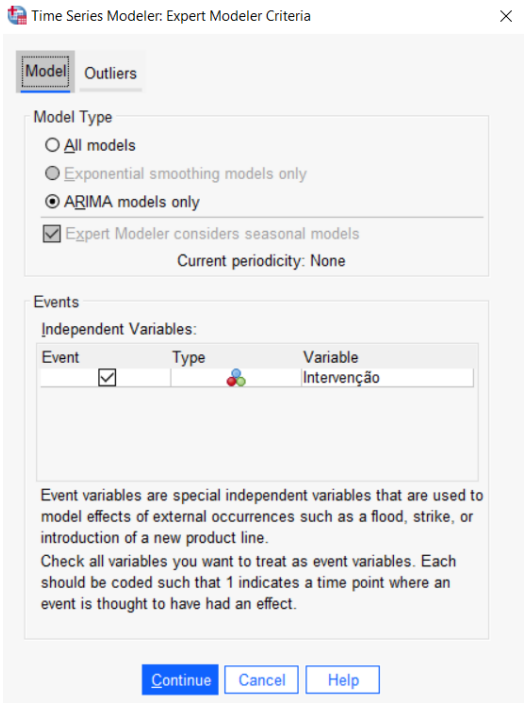


Figura 25 - Passo 3 ARIMA

Em seguida, é preciso definir na aba de estatísticas quais serão os *outputs* desejados, como por exemplo as medidas de ajuste ao modelo (*R square*) em que mais próximo de 1 melhor a qualidade do ajuste, as estimativas dos parâmetros e suas significâncias, e por fim na aba de *plots* quais os gráficos pretendidos a serem retornados pelo software.

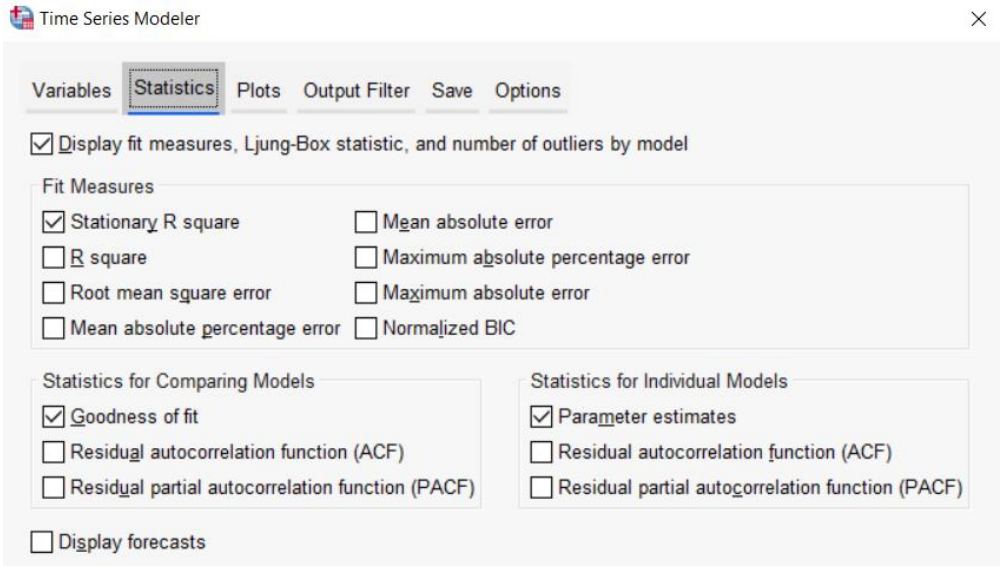


Figura 26 - Passo 4 ARIMA

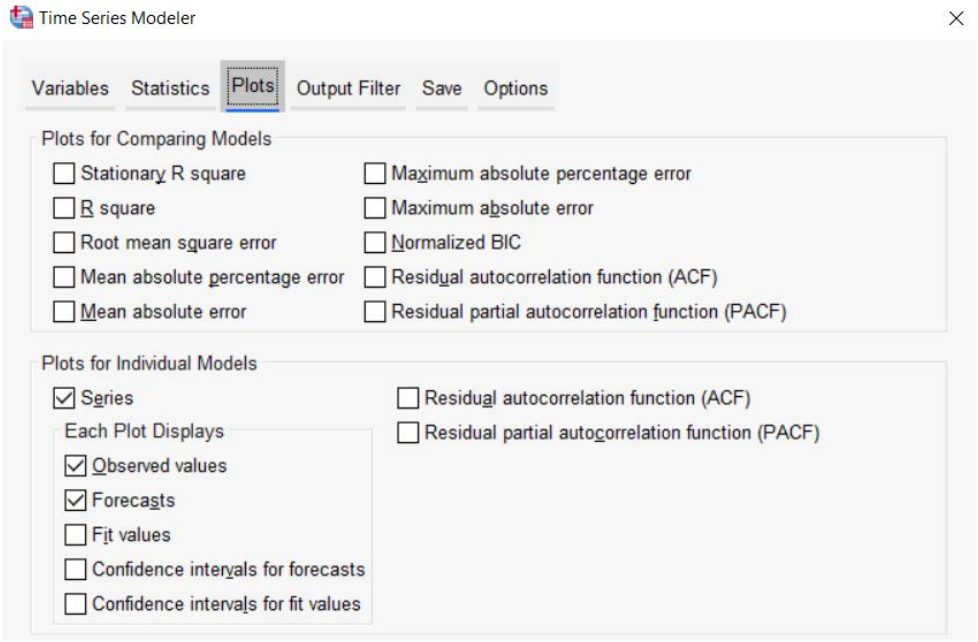


Figura 27 - Passo 5 ARIMA

5.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1. ESTUDOS ANTES-DEPOIS

Dentre os estudos que utilizam a metodologia de observação antes-depois, foram escolhidos dois métodos para interpretação e comparação de seus resultados, o primeiro sendo o mais simples que relaciona diretamente os acidentes nos períodos, e o outro que utiliza um local ou grupo de comparação para isso.

A principal diferença matemática entre eles é a forma de se obter a previsão de qual seria a frequência de acidentes caso nenhuma intervenção tivesse sido realizada no local (π). Com isso, os valores pretendidos de δ e θ são alterados pois dependem diretamente de π.

Após aplicação dos métodos antes-depois que foram descritos no capítulo anterior, foi possível chegar aos resultados de todos os parâmetros que se encontram nas duas tabelas abaixo.

Tabela 33 - Resultados do método simples

ESTUDO OBSERVACIONAL SIMPLES						
Parâmetro	**Local 1**	**Local 2**	**Local 3**	**Local 4**	**Local 5**	**Local 6**
$\hat{\boldsymbol{\lambda}}$	3	25	12	19	69	18
$\boldsymbol{VAR}(\hat{\boldsymbol{\lambda}})$	3	25	12	19	69	18
$\hat{\boldsymbol{\pi}}$	41,7	76	13,9	8,8	67,1	26,1
$\boldsymbol{VAR}(\hat{\boldsymbol{\pi}})$	33,5	76	9,2	7,8	59,2	16,2
$\hat{\boldsymbol{\delta}}$	38,7	51	1,9	-10,2	-1,9	8,1
$\boldsymbol{VAR}(\hat{\boldsymbol{\delta}})$	36,5	101	21,2	26,8	128,2	34,2
$\boldsymbol{\sigma}(\hat{\boldsymbol{\delta}})$	6,04	10,05	4,61	5,18	11,32	5,84
$\hat{\boldsymbol{\theta}}$	0,071	0,325	0,824	1,958	1,016	0,675
$\boldsymbol{VAR}(\hat{\boldsymbol{\theta}})$	0,002	0,005	0,081	0,483	0,028	0,034
$\boldsymbol{\sigma}(\hat{\boldsymbol{\theta}})$	0,041	0,074	0,284	0,695	0,167	0,186

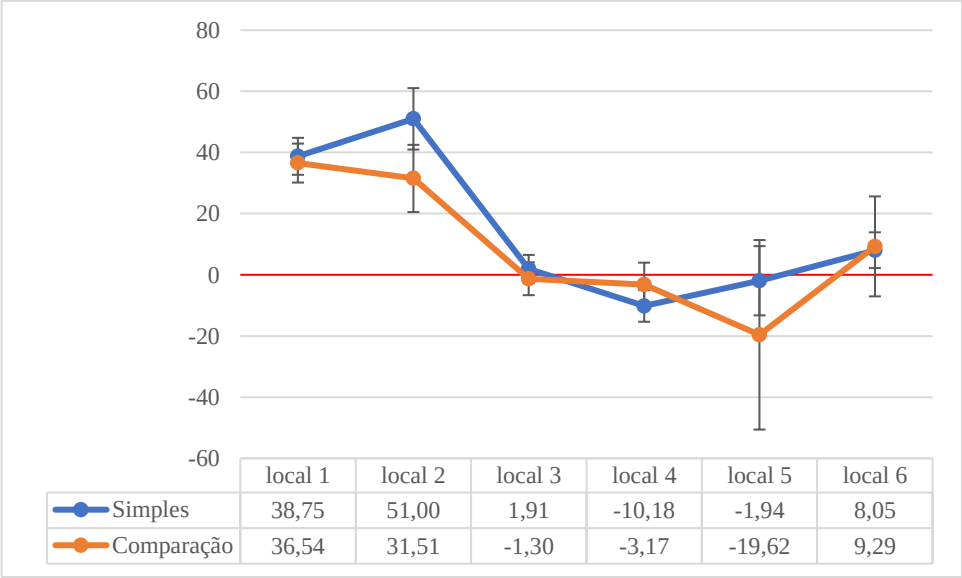
Tabela 34 - Resultados do método por comparação

ESTUDO OBSERVACIONAL POR COMPARAÇÃO						
Parâmetro	**Local 1**	**Local 2**	**Local 3**	**Local 4**	**Local 5**	**Local 6**
$\hat{\lambda}$	3	25	12	19	69	18
$VAR(\hat{\lambda})$	3	25	12	19	69	18
$\hat{\pi}$	39,54	56,51	10,70	15,83	49,38	27,29
$VAR(\hat{\pi})$	37,55	95,81	16,80	31,93	891,27	249,06
$\hat{\delta}$	36,54	31,51	-1,30	-3,17	-19,62	9,29
$VAR(\hat{\delta})$	40,55	120,81	28,80	50,93	960,27	267,06
$\sigma(\hat{\delta})$	6,37	10,99	5,37	7,14	30,99	16,34
$\hat{\theta}$	0,074	0,429	0,978	1,064	1,023	0,494
$VAR(\hat{\theta})$	0,002	0,013	0,220	0,204	0,398	0,095
$\sigma(\hat{\theta})$	0,044	0,114	0,469	0,452	0,631	0,309

Para verificação da efetividade das medidas que foram implementadas nos seis locais em estudo, dois parâmetros são avaliados. δ traduz a redução de acidentes esperados no período 'depois', e θ que é um índice que pode ser escrito em percentagem para verificar a efetividade das intervenções.

O gráfico abaixo ilustra os resultados de δ tanto para o método simples (laranja) quanto para o método de comparação (azul). Sendo valores estimados, também foram introduzidos os respetivos desvios padrões que mostram a dispersão dos resultados, gerando um intervalo de confiança para o valor real. Quanto menor for o desvio padrão, mais preciso o resultado obtido.

Gráfico 13 - Resultados de δ



· Local 1: Ambos os métodos obtiveram resultados muito próximos entre si, com uma diferença de apenas 2,21 acidentes. Sendo valores positivos, significa que os houve eficácia nas medidas implementadas descritas no capítulo 3, com uma redução média de 37,6 acidentes no período posterior à intervenção. Isso quer dizer que o decréscimo foi de aproximadamente 7,91 ≅ 8 acidentes por ano, e como a dispersão pode ser considerada baixa, a fiabilidade é considerável.

· Local 2: Há uma discrepância de valores entre os métodos de 19,49 acidentes, o que é bem considerável. Uma certeza é de que houve redução nos acidentes comparado com o período anterior, mas a precisão da quantificação dessa redução é algo que não foi obtido por meio da utilização dos dois métodos. É possível que um deles esteja correto, mas não se pode definir qual.

O método simples por mais que seja mais básico e não faça distinção entre os efeitos das medidas e os fatores externos, possui uma variância menor no valor de π, o que afeta diretamente o valor de δ. Isso ocorre porque no método por comparação a equação da variância de π possui um termo multiplicativo adicional, que apesar de considerar fatores exógenos que o tornam um método melhor no quesito avaliação singular das medidas, possui a adversidade de ter uma dispersão maior em seus resultados.

Outra possibilidade é que o local de comparação escolhido tenha afetado o resultado e não seja o mais apropriado como foi concluído. Logo, o valor de 0,91 de *o* pode não ser considerado suficientemente próximo de 1 e seja necessário realizar outra análise.

Sendo assim, a conclusão que se pode tirar do gráfico é que o valor almejado se encontra entre o intervalo aproximado de 20 e 60 acidentes.

· Local 3: Este caso é bem particular, porque apesar da diferença entre os valores ter sido de apenas 0,61, por estarem muito próximos ao eixo X ocorreu que no método simples há uma diminuição no número de acidentes de 1,91 e no método por comparação há um aumento de 1,31 acidentes.

Esses valores refletidos no período 'depois' significam que houve uma diminuição de 0,46 e um aumento de 0,31 acidentes por ano. Portanto, podem ser considerados próximos o bastante de 0 para se concluir que as medidas realizadas no local 3 não surtiram resultados, nem positivos e nem negativos, ou seja, a frequência anterior de acidentes continuou a mesma.

· Local 4: Por meio dos resultados negativos se nota que houve um aumento no número de acidentes, porém como o desvio padrão do método por comparação abrange alguns valores um pouco acima do eixo X, existe a possibilidade de na realidade as intervenções não terem tido efeito algum, ou terem causado uma leve redução no número de acidentes.

O mais provável, concluindo pelos parâmetros, é que houve sim o aumento no número de acidentes, mas a magnitude do efeito não foi acentuada.

· Local 5: Visualmente, destaca-se notavelmente o intervalo do desvio padrão do método comparativo, possuindo uma dispersão maior no resultado do que o outro método. Semelhante ao caso anterior, o intervalo do desvio padrão abrange o valor de zero e alguns valores acima de zero, tornando possível a chance de não ter surtido efeito ou o efeito ter sido levemente positivo.

De qualquer forma, como ambos os resultados de δ são negativos isso implica que houve um aumento na frequência de acidentes, apesar do aumento ocorrido no segundo método ter sido mais exacerbado. Para aumentar a confiança nestes resultados, é possível recorrer a outro local de comparação cujo valor de *o* seja mais próximo ainda de 1 e com uma variância menor.

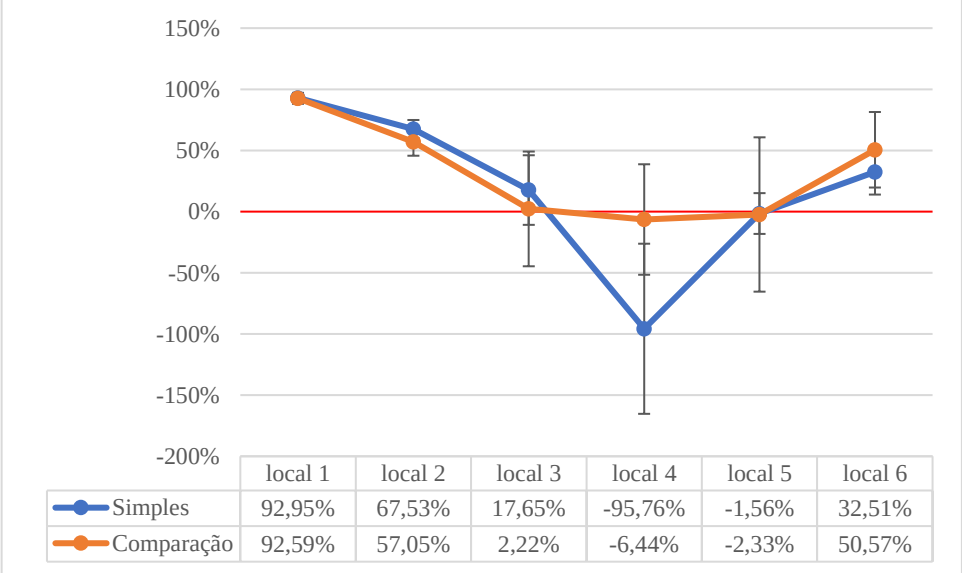
Outro método de avaliação também pode ser usado para verificar a proximidade com os resultados obtidos nos métodos aqui aplicados.

· Local 6: Com uma diferença de apenas 1,24, ambos os métodos aplicados corroboram os resultados um do outro com uma redução média de 8,67 de acidentes no período 'depois', ou de 2,17 acidentes por ano após a intervenção. Pode-se concluir que é um resultado fiável já que dois métodos distintos devolveram valores muito próximos.

A questão do intervalo do desvio padrão mostra que existe sim a possibilidade de a efetividade ter sido nula ou negativa, mas chance maior é de que a intervenção tenha resultado mesmo que parcamente.

De modo a complementar as conclusões sobre a eficácia e sua quantificação acerca das intervenções nos casos de estudo, abaixo tem-se o gráfico de θ.

Gráfico 14 - Resultados de θ



	local 1	local 2	local 3	local 4	local 5	local 6
Simples	92,95%	67,53%	17,65%	-95,76%	-1,56%	32,51%
Comparação	92,59%	57,05%	2,22%	-6,44%	-2,33%	50,57%

Visualmente se nota uma semelhança nos resultados dos locais 1, 2, 3, 5 e 6 para ambos os métodos aplicados. A realização de dois processos diferentes que sucedem em um mesmo resultado expressa maior fiabilidade ao estudo.

· Local 1: Claramente se nota que a redução no número de acidentes foi significativa e de aproximadamente 92% em relação ao período anterior. As medidas de redução de risco foram eficazmente implementadas e bem-sucedidas.

· Local 2: Também houve uma redução, que apesar de ser menor numericamente, demonstra a efetividade das medidas com uma diminuição entre 57% e 67% na frequência de acidentes.

· Local 3: Ambos os valores traduzem uma redução no número de acidentes, porém se nota uma diferença de mais de 15% entre eles com um intervalo de desvio padrão que reduz a certeza do resultado e corrobora com o que se foi concluído com base no valor de δ, onde é mais provável que as medidas não tenham sucedido efeitos.

· Local 4: Este caso se apresenta de forma bem distinta dos outros, a diferença entre os resultados dos métodos é bastante considerável e isso implica na incerteza da análise. Não só existe uma diferença de quase 90% nos valores, como também o desvio padrão abrange o número zero e os números positivos, ou seja, possui caráter inconclusivo. É possível realizar nova análise com diferentes locais de comparação até encontrar algum cujo valor de *o* seja 1, para então verificar se a escolha do local é que foi causadora da diferença entre os resultados. Pode-se também utilizar outros métodos mais complexos como os citados no capítulo 2, de modo a auxiliar na análise da situação a qual o local 4 se encontra em termos de evolução do número de acidentes pós intervenção.

· Local 5: Os resultados indicam um leve aumento de 1,56% e 2,33% na frequência de acidentes, como mencionado anteriormente. Por estar próximo do valor 0, existe a probabilidade de a efetividade ter sido nula também. Mais uma vez, as incertezas estatísticas interferem nas conclusões analíticas.

· Local 6: A efetividade da intervenção é notável, com uma redução entre 32% e 50% no número de acidentes rodoviários ocorridos no local 6.

O método antes-depois simples não consegue diferenciar se o aumento ou redução no número de acidentes foi devido a implementação de medidas de mitigação ou devido a outros fatores como clima, tráfego, comportamento dos condutores, entre outros. É necessário referir que o resultado então é parcialmente atribuído às medidas, mas não se consegue fazer a quantificação.

Como forma de melhorar isso, o método de comparação assume que locais semelhantes e sob influência das mesmas condições tendem a possuir uma frequência de acidentes que evolui na mesma proporção. Assim, contabiliza-se fatores exógenos desconhecidos por meio da utilização da razão de comparação.

A melhoria alcançada com este método que consegue contabilizar os fatores externos por meio da comparação, possui a adversidade de ter uma variância maior e consequentemente um desvio padrão maior, o que estatisticamente é desvantajoso para a certeza dos resultados, como comprovado pelas análises realizadas acima.

De modo a aumentar a credibilidade do método e diminuir as incertezas, faz-se necessário o uso de um local de comparação apropriado. No capítulo 4, foram escolhidos locais de comparação com base no valor de *o*, que deveria ser o mais próximo possível de 1, senão a significância estatística é afetada.

Não existe outra maneira de selecionar o local de comparação sem ter de analisar todos os dados de acidentes disponíveis e repetidas vezes para locais diferentes, o que pode tornar este método dispendioso em termos de tempo. Se, em uma situação ideal, fosse escolhido um local perfeitamente adequado, os resultados obtidos a partir de então poderiam ser considerados bastante fiáveis.

No presente estudo, concluiu-se que os locais eram adequados e, portanto, os resultados do método de comparação são mais confiáveis que o do método simples. Nota-se que os dois locais mais precisos foram justamente os que tiveram valor de *o* mais próximo de 1, e os resultados do método simples corroboraram com essa precisão. Para os outros casos, é provável que outro grupo de comparação gerasse mais confiança no método e menor dispersão.

É importante ressaltar a necessidade da prudência ao descartar ou uma metodologia em prol de outra sem considerar todas as vantagens e desvantagens associadas a cada um. O processo de decisão da metodologia a ser seguida deve ser feita visando a melhor previsão de π que influencia todos os outros parâmetros. Para isso, é preciso aplicar diferentes métodos para uma mesma amostra de dados para verificar qual deles é o mais adequado, porque acidentes rodoviários constituem um âmbito com muita aleatoriedade, incertezas e imprecisões.

5.2. ANÁLISES TEMPORAIS

Por seguir uma metodologia diferente da observacional antes-depois, optou-se por primeiramente distinguir os resultados e então posteriormente realizar a análise de comparação com ambos os valores discutidos no subcapítulo anterior.

Após introdução dos dados dos locais mês a mês desde 2012, como ilustrado nos gráficos do capítulo 3, e indicado a partir de qual mês os acidentes passaram a sofrer influência das implementações das medidas de mitigação de acidentes, o software proporcionou as informações necessária para as análises.

Os resultados pretendidos foram os de ajuste ao modelo para verificar se foi possível obter qualidade na modelação, e os parâmetros estimados do efeito das medidas, cujo valor negativo significa diminuição no número de acidentes, e valor positivo significa o aumento, além do desvio padrão associado e significância estatística.

Na tabela estão compilados os resultados para os locais em estudo.

Tabela 35 - Resultados ARIMA

	Local 1	**Local 2**	**Local 3**	**Local 4**	**Local 5**	**Local 6**
Ajuste do Modelo (R^2)	0,188	0,16	0,068	0,074	0,081	0,023
Estimação dos parâmetros (p,q,d)	(0,0,2)	(1,0,0)	(0,0,0)	(1,0,0)	(0,0,1)	(0,0,0)
Impacto da intervenção	-0,665	-0,796	-	-	-	-
Desvio padrão	0,167	0,220	-	-	-	-
Significância estatística	0	0	-	-	-	-

Ao analisar os valores de R^2, nota-se que estão muito distantes de 1, que é o valor ideal de um modelo perfeitamente ajustado linearmente. Isso demonstra que a eficácia da variável independente (intervenção) na explicação da variável dependente (número de acidentes) não possui evolução linear, o que ilustra a aleatoriedade inerente a ocorrência de acidentes.

Os parâmetros do modelo (p,d,q) foram calculados automaticamente de acordo com os dados. Uma modelação mais complexa realizada manualmente e profissionalmente poderia ser realizada para conseguir resultados mais ajustados, possibilitando uma avaliação melhorada das mudanças nas frequências de acidentes.

De acordo com o modelo, o impacto da intervenção no local 1 foi de uma redução no número de acidentes em 33,5% e no local 2 uma redução de 20,4%. Comparando com os resultados dos métodos antes-depois, apesar de todos os métodos concluírem que as medidas foram efetivas, se nota uma grande discrepância na percentagem de redução, que pode estar associada justamente ao fato dos parâmetros de ajuste terem sido realizados automaticamente e a possibilidade desse ajuste ter sido equivocado, ou pela necessidade de uma amostra maior, ou pela calibração das configurações do software.

Os outros locais não retornaram resultados com significância estatística suficiente para se concluir que as intervenções produziram impactos na frequência de acidentes.

6.
CONCLUSÕES

O processo de intervenção na segurança rodoviária discorre basicamente nas fases de identificação e caracterização de um local com sinistralidade elevada, implementação de medidas para mitigação desses acidentes e por fim, análise do impacto dessas medidas no número de acidentes, fase realizada continuamente no tempo para controlo de conformidade com as metas inicialmente definidas.

Normalmente a quantificação das metas provém dos planos de ações, com a indicação da redução esperada no número de acidentes para as autoestradas em questão em um determinado período. A importância da monitorização não reside somente nesta verificação, mas também pode servir como fundamentação para próximas intervenções e processos de decisões.

No caso em estudo, a concessionária Ascendi realiza o acompanhamento da segurança em suas autoestradas somente utilizando os dados da contagem de acidentes e comparando com a situação anterior à intervenção.

Como visto, essa suposição não caracteriza os efeitos diretos das medidas, e sim o efeito combinado de todos os fatores influentes como clima, tráfego, entre outros. Conhecer a eficácia das medidas tem uma importância que vai além do efeito em si, permite criação de uma base de dados que conforme for ganhando robustez, irá melhorar o processo de decisão pela fundamentação em fatos.

Para análise inicial, seis locais foram selecionados por meio de critérios já explicados, para que fosse possível avaliar de forma exploratória os efeitos que as medidas tiveram e fazer a comparação com os resultados mais de um método.

Concluir qual metodologia é mais eficiente depende dos dados existentes e do grau de precisão pretendido. Os métodos mais complexos fornecem resultados mais precisos, porém dependem de mais variáveis, conhecimentos estatísticos aprofundados e maior tempo para as análises.

É por isso que os métodos empregados neste estudo foram os mais tradicionais em que, apesar da literatura acerca do assunto não ser muito vasta, é de senso comum a afirmação de que fornecem resultados significativos e que podem ser usados como base para a análise dos efeitos das medidas.

Devido a isso, considera-se fundamental a análise da variância dos resultados, uma vez que intervenções que acarretem uma pequena redução média e tenham elevada variância podem comprometer a certeza em relação às conclusões obtidas.

Assim, como visto nos resultados do capítulo anterior, os parâmetros de dispersão foram calculados para a ampliação do conhecimento sobre a (in)certeza inerente aos resultados obtidos. Ressalta-se ainda que o método por grupo de comparação possui uma variância inerente maior em virtude da incerteza em relação à seleção do local de comparação.

A expectativa relativamente a precisão dos resultados deve ser realista já que não é um trabalho feito em laboratório e não é possível controlar todos os fatores causais importantes enquanto se muda fator arbitrariamente. Portanto, os padrões de confirmação ou refutação que se aplicam na física ou na química não são alcançáveis e nem utilizar a abordagem de experimentação estatística de aleatoriedade. Logo, pode-se concluir que as incertezas nos dados de contagem de acidentes não devem ser vistas como comprometedoras aos altos padrões existentes nas ciências exatas.

No caso dos seis estudos analisados, a efetividade do conjunto de medidas implementadas se encontra sumarizada no quadro abaixo.

Tabela 36 - Impacto das intervenções nos locais

	Simples	Comparação
Local 1	↓ 92,95%	↓ 92,59%
Local 2	↓ 67,53%	↓ 57,05%
Local 3	↓ 17,65%	↓ 02,22%
Local 4	↑ 95,76%	↑ 06,44%
Local 5	↑ 01,56%	↑ 02,23%
Local 6	↓ 32,51%	↓ 50,57%

Apesar das variações já explicadas anteriormente, nota-se que os locais 4 e 5 indicam que houve um aumento no número de acidentes após as intervenções e os restantes indicam uma redução.

O método simples engloba todos os fatores que influenciam a ocorrência de acidentes, e o de comparação permite contabilizar mais eficazmente a influência das medidas de mitigação e, portanto, é mais fiável à realidade, desde que o local de comparação seja o mais adequado possível.

Quanto as previsões por séries temporais, os dados existentes não puderam fornecer resultados significativos para que fosse possível uma análise mais completa, portanto não foi realizada a comparação com os resultados dos métodos tradicionais.

Pode-se concluir que a utilização de metodologias que avaliam a efetividade das medidas de mitigação de acidentes possuem caráter promissor. Este estudo apresentou os princípios dos procedimentos que fazem essa avaliação, cujos resultados são considerados mais fiáveis do que a análise direta antes-depois normalmente empregada.

Isso significa uma melhoria do processo atual e pode ser cada vez mais evoluído ao longo do tempo, com base na solidez que for se obtendo e no aumento do conhecimento causa-efeito dos acidentes nas autoestradas, considerando potenciais viés de resultados.

Perspetivas futuras

Além do cálculo do efeito das medidas para cada local, que analisa a chance de redução no número de acidentes que uma determinada medida possui, é preciso calcular as respetivas variâncias. A existência de uma variabilidade evidencia que uma mesma medida pode ser mais efetiva para determinados locais do que para outros, por isso a necessidade da elaboração de mais estudos que possam auxiliar nas conclusões.

Este seria um progresso para a gestão da segurança rodoviária, pois se é viável que consigam evidenciar as razões para uma mesma medida ser mais eficiente em um caso do que em outro, o entendimento de causa-efeito será mais aprofundado.

É importante ressaltar que neste estudo foram considerados seis locais cujo efeito resultante foi da combinação das medidas, logo não foi possível concluir a contribuição de cada medida para a redução/aumento no número de acidentes.

Novamente, com a execução de mais estudos se poderá conhecer os efeitos separadamente, comparando as combinações de medidas e avaliando as contribuições de cada parcela. Posteriormente, será possível analisar não só as medidas em si como também o efeito em diferentes tipos de acidentes, não só na contagem total.

Infelizmente, devido ao caráter aleatório da ocorrência de acidentes rodoviários, a forma mais eficiente de obter progressos é por meio de estudos exploratórios, podendo ser primeiramente de forma mais simples para então evoluir para as mais complexas face o domínio que se for obtendo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] S. Raicu, D. Costescu, e S. Burciu, "The evaluation of road safety performances in urban areas", *WIT Transactions on the Built Environment*, vol. 138, p. 447–458, 2014, doi: 10.2495/UT140371.

[2] E. Nabais, "Avaliação da Segurança Rodoviária: Proposta de Abordagem Metodológica", Mestrado, Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, Lisboa, 2009.

[3] Á. Seco, S. Ferreira, A. Silva, e A. Costa, "Manual de Planeamento das Acessibilidades e da Gestão Viária", *Segurança Rodoviária*, vol. 11. Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional do Norte, Porto, p. 1–31, dezembro de 2018.

[4] F. Wegman, "Sustainable Road Safety", Hague, mar. 2019.

[5] World Road Association (PIARC), *Road Safety Manual*, 1º ed. Paris: Route Market, 2003.

[6] F. Gross, B. Persaud, e C. Lyon, "A Guide to Developing Quality Crash Modification Factors", Washington DC, dez. 2010.

[7] R. Elvik, "The importance of confounding in observational before-and-after studies of road safety measures", *Accid Anal Prev*, vol. 34, nº 5, p. 631–635, set. 2002, doi: 10.1016/S0001-4575(01)00062-8.

[8] American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO), "Highway Safety Manual", vol. 1. Washington DC, 2010.

[9] E. Hauer, *Observational Before-After Studies in Road Safety. Estimating the Effect of Highway and Traffic Engineering Measures on Road Safety*, 1º ed. Oxford, UK: Pergamon Press, 1997.

[10] F. Gross e E. T. Donnell, "Case–control and cross-sectional methods for estimating crash modification factors: Comparisons from roadway lighting and lane and shoulder width safety effect studies", *J Safety Res*, vol. 42, nº 2, p. 117–129, abr. 2011, doi: 10.1016/J.JSR.2011.03.003.

[11] B. Tabachnick e L. Fidell, "Time-Series Analysis", em *Using Multivariate Statistics*, 6º ed, Boston: Pearson, 2013, p. 1–65.

[12] J. Chelule, M. K. Ngetich, A. Anapapa, e H. Imboga, "Time Series Analysis of Road Accidents Using Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA) Model", 2019.

ANEXOS

ANEXO I

Dados dos acidentes dos locais em estudo

Local 1: Sublanço EN206 - Famalicão		
Mês	**Nº de acidentes**	**Intervenção**
jan/12	2	0
fev/12	0	0
mar/12	0	0
abr/12	0	0
mai/12	3	0
jun/12	1	0
jul/12	0	0
ago/12	0	0
set/12	0	0
out/12	0	0
nov/12	0	0
dez/12	1	0
jan/13	1	0
fev/13	1	0
mar/13	1	0
abr/13	1	0
mai/13	0	0
jun/13	0	0
jul/13	2	0
ago/13	1	0
set/13	1	0
out/13	1	0
nov/13	0	0
dez/13	0	0

jan/14	2	0
fev/14	1	0
mar/14	0	0
abr/14	0	0
mai/14	0	0
jun/14	0	0
jul/14	0	0
ago/14	1	0
set/14	1	0
out/14	0	0
nov/14	3	0
dez/14	1	0
jan/15	1	0
fev/15	1	0
mar/15	0	0
abr/15	0	0
mai/15	2	0
jun/15	0	0
jul/15	0	0
ago/15	1	0
set/15	0	0
out/15	1	0
nov/15	1	0
dez/15	4	0
jan/16	4	0
fev/16	2	0
mar/16	2	0
abr/16	0	0
mai/16	0	0
jun/16	0	0
jul/16	0	0
ago/16	0	0
set/16	1	0
out/16	0	0
nov/16	4	0
dez/16	0	0
jan/17	2	0
fev/17	0	0
mar/17	1	0
abr/17	0	0
mai/17	0	0
jun/17	0	0
jul/17	0	0
ago/17	0	0

set/17	0	0
out/17	0	0
nov/17	0	0
dez/17	1	1
jan/18	0	1
fev/18	0	1
mar/18	0	1
abr/18	0	1
mai/18	0	1
jun/18	0	1
jul/18	0	1
ago/18	0	1
set/18	0	1
out/18	0	1
nov/18	0	1
dez/18	0	1
jan/19	0	1
fev/19	0	1
mar/19	0	1
abr/19	0	1
mai/19	0	1
jun/19	0	1
jul/19	0	1
ago/19	0	1
set/19	0	1
out/19	0	1
nov/19	0	1
dez/19	1	1
jan/20	0	1
fev/20	0	1
mar/20	0	1
abr/20	0	1
mai/20	0	1
jun/20	0	1
jul/20	0	1
ago/20	0	1
set/20	0	1
out/20	0	1
nov/20	0	1
dez/20	0	1
jan/21	0	1
fev/21	0	1
mar/21	0	1
abr/21	0	1

mai/21	0	1
jun/21	0	1
jul/21	0	1
ago/21	0	1
set/21	0	1
out/21	0	1
nov/21	0	1
dez/21	0	1
jan/22	0	1
fev/22	0	1
mar/22	0	1
abr/22	1	1
mai/22	0	1
jun/22	0	1
jul/22	0	1
ago/22	0	1

Local 2: Sublanço Granja - Miramar		
Mês	**Nº de acidentes**	**Intervenção**
jan/12	0	0
fev/12	0	0
mar/12	1	0
abr/12	2	0
mai/12	1	0
jun/12	1	0
jul/12	0	0
ago/12	0	0
set/12	0	0
out/12	1	0
nov/12	2	0
dez/12	0	0
jan/13	0	0
fev/13	2	0
mar/13	2	0
abr/13	1	0
mai/13	1	0
jun/13	0	0
jul/13	1	0
ago/13	0	0
set/13	2	0
out/13	2	0

nov/13	1	0
dez/13	3	0
jan/14	5	0
fev/14	0	0
mar/14	0	0
abr/14	0	0
mai/14	0	0
jun/14	0	0
jul/14	0	0
ago/14	0	0
set/14	4	0
out/14	2	0
nov/14	2	0
dez/14	0	0
jan/15	0	0
fev/15	1	0
mar/15	4	0
abr/15	0	0
mai/15	3	0
jun/15	2	0
jul/15	0	0
ago/15	0	0
set/15	3	0
out/15	3	0
nov/15	1	0
dez/15	2	0
jan/16	3	0
fev/16	4	0
mar/16	3	0
abr/16	3	0
mai/16	1	0
jun/16	0	0
jul/16	0	0
ago/16	2	0
set/16	0	0
out/16	0	0
nov/16	0	0
dez/16	0	0
jan/17	4	0
fev/17	0	0
mar/17	0	0
abr/17	1	0
mai/17	0	1
jun/17	1	1

jul/17	1	1
ago/17	1	1
set/17	1	1
out/17	0	1
nov/17	0	1
dez/17	0	1
jan/18	0	1
fev/18	0	1
mar/18	0	1
abr/18	0	1
mai/18	0	1
jun/18	0	1
jul/18	0	1
ago/18	0	1
set/18	1	1
out/18	1	1
nov/18	1	1
dez/18	1	1
jan/19	0	1
fev/19	1	1
mar/19	0	1
abr/19	1	1
mai/19	0	1
jun/19	0	1
jul/19	0	1
ago/19	0	1
set/19	1	1
out/19	1	1
nov/19	0	1
dez/19	2	1
jan/20	0	1
fev/20	0	1
mar/20	1	1
abr/20	0	1
mai/20	0	1
jun/20	0	1
jul/20	1	1
ago/20	0	1
set/20	0	1
out/20	0	1
nov/20	0	1
dez/20	0	1
jan/21	1	1
fev/21	1	1

mar/21	0	1
abr/21	1	1
mai/21	0	1
jun/21	0	1
jul/21	1	1
ago/21	0	1
set/21	1	1
out/21	0	1
nov/21	1	1
dez/21	0	1
jan/22	1	1
fev/22	1	1
mar/22	0	1
abr/22	0	1
mai/22	0	1
jun/22	1	1
jul/22	0	1
ago/22	0	1

Local 3: Nó de Coimbrões Ramo E		
Mês	**Nº de acidentes**	**Intervenção**
jan/12	0	0
fev/12	0	0
mar/12	0	0
abr/12	1	0
mai/12	0	0
jun/12	0	0
jul/12	0	0
ago/12	0	0
set/12	1	0
out/12	0	0
nov/12	0	0
dez/12	0	0
jan/13	0	0
fev/13	0	0
mar/13	1	0
abr/13	0	0
mai/13	1	0
jun/13	0	0
jul/13	0	0
ago/13	0	0

set/13	0	0
out/13	0	0
nov/13	1	0
dez/13	1	0
jan/14	0	0
fev/14	1	0
mar/14	0	0
abr/14	1	0
mai/14	0	0
jun/14	1	0
jul/14	0	0
ago/14	0	0
set/14	0	0
out/14	1	0
nov/14	2	0
dez/14	0	0
jan/15	0	0
fev/15	1	0
mar/15	1	0
abr/15	0	0
mai/15	0	0
jun/15	0	0
jul/15	0	0
ago/15	0	0
set/15	0	0
out/15	0	0
nov/15	0	0
dez/15	1	0
jan/16	0	0
fev/16	0	0
mar/16	1	0
abr/16	0	0
mai/16	1	0
jun/16	1	0
jul/16	0	0
ago/16	0	0
set/16	0	0
out/16	0	0
nov/16	1	0
dez/16	0	0
jan/17	0	0
fev/17	0	0
mar/17	0	0
abr/17	0	0

mai/17	0	0
jun/17	0	0
jul/17	1	0
ago/17	0	0
set/17	0	0
out/17	0	0
nov/17	0	0
dez/17	1	0
jan/18	0	0
fev/18	0	0
mar/18	0	0
abr/18	0	0
mai/18	0	0
jun/18	0	1
jul/18	0	1
ago/18	1	1
set/18	0	1
out/18	0	1
nov/18	1	1
dez/18	0	1
jan/19	0	1
fev/19	0	1
mar/19	1	1
abr/19	0	1
mai/19	0	1
jun/19	0	1
jul/19	0	1
ago/19	0	1
set/19	0	1
out/19	0	1
nov/19	0	1
dez/19	1	1
jan/20	0	1
fev/20	0	1
mar/20	0	1
abr/20	0	1
mai/20	0	1
jun/20	1	1
jul/20	0	1
ago/20	1	1
set/20	0	1
out/20	0	1
nov/20	0	1
dez/20	1	1

jan/21	0	1
fev/21	1	1
mar/21	0	1
abr/21	0	1
mai/21	1	1
jun/21	0	1
jul/21	1	1
ago/21	0	1
set/21	0	1
out/21	0	1
nov/21	1	1
dez/21	0	1
jan/22	0	1
fev/22	0	1
mar/22	0	1
abr/22	1	1
mai/22	0	1
jun/22	0	1
jul/22	0	1
ago/22	0	1

Local 4: Nó da Ponte da Pedra Ramo C		
Mês	**Nº de acidentes**	**Intervenção**
jan/12	0	0
fev/12	0	0
mar/12	0	0
abr/12	0	0
mai/12	0	0
jun/12	0	0
jul/12	0	0
ago/12	0	0
set/12	0	0
out/12	0	0
nov/12	0	0
dez/12	0	0
jan/13	0	0
fev/13	0	0
mar/13	0	0
abr/13	0	0
mai/13	0	0
jun/13	0	0

jul/13	0	0
ago/13	0	0
set/13	0	0
out/13	0	0
nov/13	0	0
dez/13	0	0
jan/14	0	0
fev/14	0	0
mar/14	0	0
abr/14	0	0
mai/14	0	0
jun/14	0	0
jul/14	0	0
ago/14	0	0
set/14	0	0
out/14	0	0
nov/14	0	0
dez/14	0	0
jan/15	0	0
fev/15	0	0
mar/15	0	0
abr/15	1	0
mai/15	0	0
jun/15	0	0
jul/15	0	0
ago/15	0	0
set/15	0	0
out/15	3	0
nov/15	1	0
dez/15	1	0
jan/16	0	0
fev/16	0	0
mar/16	1	0
abr/16	0	0
mai/16	0	0
jun/16	0	0
jul/16	0	0
ago/16	0	0
set/16	0	0
out/16	1	0
nov/16	1	0
dez/16	1	0
jan/17	0	0
fev/17	0	0

mar/17	0	0
abr/17	0	0
mai/17	0	0
jun/17	0	0
jul/17	0	0
ago/17	0	0
set/17	0	1
out/17	0	1
nov/17	0	1
dez/17	1	1
jan/18	0	1
fev/18	0	1
mar/18	1	1
abr/18	0	1
mai/18	0	1
jun/18	1	1
jul/18	0	1
ago/18	0	1
set/18	0	1
out/18	1	1
nov/18	2	1
dez/18	0	1
jan/19	0	1
fev/19	0	1
mar/19	0	1
abr/19	0	1
mai/19	0	1
jun/19	0	1
jul/19	0	1
ago/19	0	1
set/19	0	1
out/19	2	1
nov/19	1	1
dez/19	2	1
jan/20	1	1
fev/20	0	1
mar/20	1	1
abr/20	0	1
mai/20	0	1
jun/20	0	1
jul/20	0	1
ago/20	0	1
set/20	1	1
out/20	1	1

nov/20	0	1
dez/20	0	1
jan/21	1	1
fev/21	0	1
mar/21	0	1
abr/21	1	1
mai/21	0	1
jun/21	0	1
jul/21	0	1
ago/21	1	1
set/21	1	1
out/21	0	1
nov/21	0	1
dez/21	0	1
jan/22	0	1
fev/22	0	1
mar/22	0	1
abr/22	0	1
mai/22	0	1
jun/22	0	1
jul/22	0	1
ago/22	0	1

Local 5: Nó da Crel Ramo B		
Mês	**Nº de acidentes**	**Intervenção**
jan/12	0	0
fev/12	0	0
mar/12	0	0
abr/12	1	0
mai/12	0	0
jun/12	0	0
jul/12	1	0
ago/12	0	0
set/12	0	0
out/12	1	0
nov/12	0	0
dez/12	3	0
jan/13	2	0
fev/13	0	0
mar/13	3	0
abr/13	0	0

mai/13	2	0
jun/13	0	0
jul/13	1	0
ago/13	0	0
set/13	0	0
out/13	1	0
nov/13	2	0
dez/13	3	0
jan/14	6	0
fev/14	7	0
mar/14	1	0
abr/14	2	0
mai/14	0	0
jun/14	0	0
jul/14	1	0
ago/14	0	0
set/14	1	0
out/14	2	0
nov/14	5	0
dez/14	1	0
jan/15	2	0
fev/15	2	0
mar/15	0	0
abr/15	0	0
mai/15	1	0
jun/15	0	0
jul/15	0	0
ago/15	0	0
set/15	0	0
out/15	3	0
nov/15	0	0
dez/15	0	0
jan/16	2	0
fev/16	1	0
mar/16	1	0
abr/16	0	0
mai/16	2	0
jun/16	0	0
jul/16	1	0
ago/16	0	0
set/16	0	0
out/16	2	0
nov/16	2	0
dez/16	2	0

jan/17	0	0
fev/17	4	0
mar/17	3	0
abr/17	0	0
mai/17	1	0
jun/17	1	0
jul/17	0	0
ago/17	0	0
set/17	0	1
out/17	1	1
nov/17	0	1
dez/17	2	1
jan/18	5	1
fev/18	2	1
mar/18	8	1
abr/18	5	1
mai/18	1	1
jun/18	1	1
jul/18	0	1
ago/18	1	1
set/18	0	1
out/18	0	1
nov/18	2	1
dez/18	0	1
jan/19	1	1
fev/19	0	1
mar/19	1	1
abr/19	0	1
mai/19	2	1
jun/19	2	1
jul/19	1	1
ago/19	0	1
set/19	1	1
out/19	2	1
nov/19	9	1
dez/19	2	1
jan/20	1	1
fev/20	1	1
mar/20	0	1
abr/20	0	1
mai/20	0	1
jun/20	0	1
jul/20	0	1
ago/20	0	1

set/20	0	1
out/20	1	1
nov/20	1	1
dez/20	3	1
jan/21	2	1
fev/21	0	1
mar/21	0	1
abr/21	1	1
mai/21	0	1
jun/21	2	1
jul/21	0	1
ago/21	0	1
set/21	0	1
out/21	0	1
nov/21	0	1
dez/21	5	1
jan/22	1	1
fev/22	0	1
mar/22	0	1
abr/22	0	1
mai/22	1	1
jun/22	1	1
jul/22	0	1
ago/22	0	1

Local 6: Nó de Lourel Ramo B		
Mês	**Nº de acidentes**	**Intervenção**
jan/12	0	0
fev/12	0	0
mar/12	1	0
abr/12	1	0
mai/12	0	0
jun/12	0	0
jul/12	0	0
ago/12	0	0
set/12	0	0
out/12	3	0
nov/12	0	0
dez/12	0	0
jan/13	1	0
fev/13	0	0

mar/13	0	0
abr/13	1	0
mai/13	0	0
jun/13	1	0
jul/13	0	0
ago/13	0	0
set/13	1	0
out/13	0	0
nov/13	1	0
dez/13	1	0
jan/14	5	0
fev/14	0	0
mar/14	1	0
abr/14	1	0
mai/14	0	0
jun/14	0	0
jul/14	0	0
ago/14	0	0
set/14	0	0
out/14	1	0
nov/14	0	0
dez/14	0	0
jan/15	0	0
fev/15	0	0
mar/15	0	0
abr/15	0	0
mai/15	0	0
jun/15	0	0
jul/15	0	0
ago/15	0	0
set/15	0	0
out/15	0	0
nov/15	1	0
dez/15	1	0
jan/16	1	0
fev/16	0	0
mar/16	0	0
abr/16	0	0
mai/16	1	0
jun/16	0	0
jul/16	0	0
ago/16	0	0
set/16	0	0
out/16	0	0

nov/16	1	0
dez/16	0	0
jan/17	1	0
fev/17	1	0
mar/17	1	0
abr/17	0	0
mai/17	0	0
jun/17	0	0
jul/17	1	0
ago/17	1	0
set/17	1	0
out/17	3	0
nov/17	2	0
dez/17	2	0
jan/18	1	0
fev/18	0	0
mar/18	3	0
abr/18	1	0
mai/18	0	0
jun/18	0	0
jul/18	0	0
ago/18	0	1
set/18	0	1
out/18	1	1
nov/18	0	1
dez/18	0	1
jan/19	1	1
fev/19	0	1
mar/19	1	1
abr/19	0	1
mai/19	0	1
jun/19	0	1
jul/19	0	1
ago/19	0	1
set/19	0	1
out/19	0	1
nov/19	1	1
dez/19	1	1
jan/20	0	1
fev/20	1	1
mar/20	0	1
abr/20	0	1
mai/20	0	1
jun/20	0	1

jul/20	0	1
ago/20	0	1
set/20	0	1
out/20	0	1
nov/20	3	1
dez/20	3	1
jan/21	0	1
fev/21	1	1
mar/21	0	1
abr/21	1	1
mai/21	0	1
jun/21	0	1
jul/21	1	1
ago/21	0	1
set/21	0	1
out/21	0	1
nov/21	1	1
dez/21	1	1
jan/22	0	1
fev/22	0	1
mar/22	0	1
abr/22	0	1
mai/22	1	1
jun/22	0	1
jul/22	0	1
ago/22	0	1

ANEXO II

Dados dos acidentes nos locais de comparação

Local de comparação 1: Autoestrada A7		
Mês	**Nº de acidentes**	**Intervenção**
jan/12	11	0
fev/12	3	0
mar/12	3	0
abr/12	7	0
mai/12	15	0
jun/12	1	0
jul/12	9	0
ago/12	3	0
set/12	4	0
out/12	3	0
nov/12	3	0
dez/12	18	0
jan/13	11	0
fev/13	8	0
mar/13	12	0
abr/13	9	0
mai/13	6	0
jun/13	3	0
jul/13	9	0
ago/13	6	0
set/13	6	0
out/13	11	0
nov/13	4	0
dez/13	7	0
jan/14	8	0

fev/14	16	0
mar/14	2	0
abr/14	3	0
mai/14	3	0
jun/14	3	0
jul/14	2	0
ago/14	4	0
set/14	10	0
out/14	3	0
nov/14	7	0
dez/14	6	0
jan/15	4	0
fev/15	8	0
mar/15	4	0
abr/15	7	0
mai/15	9	0
jun/15	2	0
jul/15	3	0
ago/15	7	0
set/15	7	0
out/15	16	0
nov/15	3	0
dez/15	8	0
jan/16	14	0
fev/16	15	0
mar/16	9	0
abr/16	7	0
mai/16	10	0
jun/16	4	0
jul/16	6	0
ago/16	6	0
set/16	2	0
out/16	10	0
nov/16	9	0
dez/16	5	0
jan/17	10	0
fev/17	8	0
mar/17	11	0
abr/17	2	0
mai/17	7	0
jun/17	7	0
jul/17	5	0
ago/17	9	0
set/17	0	0

out/17	6	0
nov/17	4	0
dez/17	8	1
jan/18	4	1
fev/18	2	1
mar/18	28	1
abr/18	6	1
mai/18	9	1
jun/18	2	1
jul/18	7	1
ago/18	3	1
set/18	6	1
out/18	8	1
nov/18	10	1
dez/18	13	1
jan/19	4	1
fev/19	3	1
mar/19	4	1
abr/19	15	1
mai/19	5	1
jun/19	4	1
jul/19	2	1
ago/19	5	1
set/19	9	1
out/19	8	1
nov/19	15	1
dez/19	14	1
jan/20	8	1
fev/20	6	1
mar/20	0	1
abr/20	3	1
mai/20	0	1
jun/20	2	1
jul/20	4	1
ago/20	5	1
set/20	6	1
out/20	7	1
nov/20	10	1
dez/20	11	1
jan/21	2	1
fev/21	3	1
mar/21	4	1
abr/21	4	1
mai/21	4	1

jun/21	4	1
jul/21	4	1
ago/21	8	1
set/21	4	1
out/21	6	1
nov/21	4	1
dez/21	20	1
jan/22	2	1
fev/22	5	1
mar/22	4	1
abr/22	8	1
mai/22	9	1
jun/22	7	1
jul/22	6	1
ago/22	4	1

Local de comparação 2: Autoestrada A29		
Mês	**Nº de acidentes**	**Intervenção**
jan/12	4	0
fev/12	7	0
mar/12	8	0
abr/12	13	0
mai/12	10	0
jun/12	16	0
jul/12	4	0
ago/12	3	0
set/12	7	0
out/12	12	0
nov/12	11	0
dez/12	7	0
jan/13	6	0
fev/13	7	0
mar/13	16	0
abr/13	9	0
mai/13	7	0
jun/13	4	0
jul/13	9	0
ago/13	4	0
set/13	5	0
out/13	19	0
nov/13	4	0

dez/13	7	0
jan/14	22	0
fev/14	5	0
mar/14	5	0
abr/14	5	0
mai/14	9	0
jun/14	5	0
jul/14	4	0
ago/14	4	0
set/14	15	0
out/14	11	0
nov/14	16	0
dez/14	9	0
jan/15	8	0
fev/15	3	0
mar/15	6	0
abr/15	12	0
mai/15	10	0
jun/15	8	0
jul/15	5	0
ago/15	7	0
set/15	11	0
out/15	13	0
nov/15	10	0
dez/15	10	0
jan/16	14	0
fev/16	15	0
mar/16	8	0
abr/16	9	0
mai/16	12	0
jun/16	6	0
jul/16	4	0
ago/16	10	0
set/16	10	0
out/16	7	0
nov/16	7	0
dez/16	3	0
jan/17	7	0
fev/17	11	0
mar/17	8	0
abr/17	6	0
mai/17	5	1
jun/17	5	1
jul/17	2	1

ago/17	5	1
set/17	6	1
out/17	7	1
nov/17	9	1
dez/17	10	1
jan/18	11	1
fev/18	8	1
mar/18	6	1
abr/18	17	1
mai/18	2	1
jun/18	2	1
jul/18	4	1
ago/18	1	1
set/18	4	1
out/18	9	1
nov/18	11	1
dez/18	6	1
jan/19	5	1
fev/19	8	1
mar/19	3	1
abr/19	7	1
mai/19	6	1
jun/19	7	1
jul/19	2	1
ago/19	8	1
set/19	4	1
out/19	7	1
nov/19	11	1
dez/19	14	1
jan/20	10	1
fev/20	8	1
mar/20	5	1
abr/20	3	1
mai/20	0	1
jun/20	4	1
jul/20	5	1
ago/20	5	1
set/20	9	1
out/20	6	1
nov/20	5	1
dez/20	11	1
jan/21	4	1
fev/21	4	1
mar/21	4	1

abr/21	6	1
mai/21	2	1
jun/21	2	1
jul/21	5	1
ago/21	6	1
set/21	12	1
out/21	6	1
nov/21	5	1
dez/21	8	1
jan/22	4	1
fev/22	3	1
mar/22	3	1
abr/22	4	1
mai/22	5	1
jun/22	3	1
jul/22	5	1
ago/22	3	1

Local de comparação 3: Autoestrada A44		
Mês	**Nº de acidentes**	**Intervenção**
jan/12	1	0
fev/12	1	0
mar/12	1	0
abr/12	3	0
mai/12	0	0
jun/12	1	0
jul/12	1	0
ago/12	0	0
set/12	3	0
out/12	1	0
nov/12	2	0
dez/12	4	0
jan/13	6	0
fev/13	4	0
mar/13	5	0
abr/13	0	0
mai/13	4	0
jun/13	1	0
jul/13	3	0
ago/13	0	0
set/13	1	0

out/13	3	0
nov/13	4	0
dez/13	2	0
jan/14	1	0
fev/14	6	0
mar/14	1	0
abr/14	3	0
mai/14	2	0
jun/14	2	0
jul/14	1	0
ago/14	1	0
set/14	1	0
out/14	2	0
nov/14	6	0
dez/14	1	0
jan/15	2	0
fev/15	7	0
mar/15	3	0
abr/15	1	0
mai/15	2	0
jun/15	3	0
jul/15	2	0
ago/15	1	0
set/15	0	0
out/15	1	0
nov/15	1	0
dez/15	2	0
jan/16	1	0
fev/16	1	0
mar/16	3	0
abr/16	0	0
mai/16	1	0
jun/16	2	0
jul/16	0	0
ago/16	1	0
set/16	1	0
out/16	5	0
nov/16	2	0
dez/16	1	0
jan/17	2	0
fev/17	2	0
mar/17	2	0
abr/17	2	0
mai/17	1	0

jun/17	0	0
jul/17	3	0
ago/17	1	0
set/17	0	0
out/17	2	0
nov/17	3	0
dez/17	2	0
jan/18	1	0
fev/18	3	0
mar/18	0	0
abr/18	1	0
mai/18	2	0
jun/18	0	1
jul/18	4	1
ago/18	1	1
set/18	1	1
out/18	0	1
nov/18	3	1
dez/18	3	1
jan/19	3	1
fev/19	1	1
mar/19	6	1
abr/19	2	1
mai/19	1	1
jun/19	0	1
jul/19	4	1
ago/19	1	1
set/19	0	1
out/19	0	1
nov/19	0	1
dez/19	2	1
jan/20	1	1
fev/20	4	1
mar/20	3	1
abr/20	0	1
mai/20	0	1
jun/20	1	1
jul/20	2	1
ago/20	1	1
set/20	1	1
out/20	3	1
nov/20	0	1
dez/20	3	1
jan/21	2	1

fev/21	2	1
mar/21	0	1
abr/21	4	1
mai/21	1	1
jun/21	1	1
jul/21	4	1
ago/21	0	1
set/21	1	1
out/21	0	1
nov/21	3	1
dez/21	1	1
jan/22	1	1
fev/22	3	1
mar/22	2	1
abr/22	1	1
mai/22	1	1
jun/22	0	1
jul/22	0	1
ago/22	1	1

Local de comparação 4: Autoestrada A4		
Mês	**Nº de acidentes**	**Intervenção**
jan/12	0	0
fev/12	1	0
mar/12	1	0
abr/12	0	0
mai/12	0	0
jun/12	0	0
jul/12	1	0
ago/12	1	0
set/12	0	0
out/12	0	0
nov/12	0	0
dez/12	1	0
jan/13	0	0
fev/13	1	0
mar/13	1	0
abr/13	1	0
mai/13	1	0
jun/13	0	0
jul/13	1	0

ago/13	1	0
set/13	3	0
out/13	0	0
nov/13	0	0
dez/13	1	0
jan/14	1	0
fev/14	3	0
mar/14	2	0
abr/14	2	0
mai/14	1	0
jun/14	1	0
jul/14	5	0
ago/14	1	0
set/14	2	0
out/14	0	0
nov/14	4	0
dez/14	1	0
jan/15	2	0
fev/15	2	0
mar/15	3	0
abr/15	2	0
mai/15	2	0
jun/15	2	0
jul/15	1	0
ago/15	2	0
set/15	6	0
out/15	12	0
nov/15	2	0
dez/15	3	0
jan/16	6	0
fev/16	6	0
mar/16	3	0
abr/16	3	0
mai/16	2	0
jun/16	0	0
jul/16	0	0
ago/16	1	0
set/16	1	0
out/16	3	0
nov/16	3	0
dez/16	2	0
jan/17	4	0
fev/17	4	0
mar/17	6	0

abr/17	2	0
mai/17	4	0
jun/17	1	0
jul/17	3	0
ago/17	0	0
set/17	2	1
out/17	4	1
nov/17	4	1
dez/17	5	1
jan/18	3	1
fev/18	4	1
mar/18	3	1
abr/18	3	1
mai/18	1	1
jun/18	5	1
jul/18	0	1
ago/18	1	1
set/18	0	1
out/18	6	1
nov/18	8	1
dez/18	2	1
jan/19	4	1
fev/19	3	1
mar/19	2	1
abr/19	4	1
mai/19	2	1
jun/19	2	1
jul/19	1	1
ago/19	0	1
set/19	1	1
out/19	10	1
nov/19	16	1
dez/19	8	1
jan/20	8	1
fev/20	4	1
mar/20	4	1
abr/20	2	1
mai/20	1	1
jun/20	3	1
jul/20	0	1
ago/20	2	1
set/20	4	1
out/20	6	1
nov/20	3	1

dez/20	8	1
jan/21	3	1
fev/21	3	1
mar/21	1	1
abr/21	6	1
mai/21	2	1
jun/21	0	1
jul/21	3	1
ago/21	3	1
set/21	6	1
out/21	5	1
nov/21	3	1
dez/21	6	1
jan/22	5	1
fev/22	2	1
mar/22	5	1
abr/22	1	1
mai/22	3	1
jun/22	1	1
jul/22	1	1
ago/22	1	1

Local de comparação 5 e 6: Autoestrada A16		
Mês	**Nº de acidentes**	**Intervenção**
jan/12	4	0
fev/12	3	0
mar/12	4	0
abr/12	4	0
mai/12	3	0
jun/12	2	0
jul/12	1	0
ago/12	1	0
set/12	2	0
out/12	6	0
nov/12	2	0
dez/12	6	0
jan/13	7	0
fev/13	2	0
mar/13	5	0
abr/13	2	0
mai/13	7	0

jun/13	3	0
jul/13	1	0
ago/13	0	0
set/13	2	0
out/13	4	0
nov/13	5	0
dez/13	4	0
jan/14	14	0
fev/14	13	0
mar/14	5	0
abr/14	3	0
mai/14	4	0
jun/14	3	0
jul/14	4	0
ago/14	3	0
set/14	3	0
out/14	7	0
nov/14	9	0
dez/14	5	0
jan/15	5	0
fev/15	8	0
mar/15	6	0
abr/15	2	0
mai/15	5	0
jun/15	0	0
jul/15	4	0
ago/15	2	0
set/15	7	0
out/15	5	0
nov/15	4	0
dez/15	4	0
jan/16	7	0
fev/16	11	0
mar/16	4	0
abr/16	2	0
mai/16	7	0
jun/16	1	0
jul/16	3	0
ago/16	1	0
set/16	4	0
out/16	4	0
nov/16	10	0
dez/16	4	0
jan/17	4	0

fev/17	8	0
mar/17	6	0
abr/17	3	0
mai/17	4	0
jun/17	10	0
jul/17	7	0
ago/17	3	0
set/17	4	0
out/17	9	0
nov/17	4	0
dez/17	9	0
jan/18	9	0
fev/18	3	0
mar/18	18	0
abr/18	9	0
mai/18	7	0
jun/18	8	0
jul/18	5	0
ago/18	4	1
set/18	2	1
out/18	9	1
nov/18	11	1
dez/18	2	1
jan/19	8	1
fev/19	7	1
mar/19	6	1
abr/19	4	1
mai/19	8	1
jun/19	5	1
jul/19	3	1
ago/19	4	1
set/19	4	1
out/19	5	1
nov/19	14	1
dez/19	10	1
jan/20	9	1
fev/20	6	1
mar/20	1	1
abr/20	3	1
mai/20	3	1
jun/20	1	1
jul/20	2	1
ago/20	5	1
set/20	2	1

out/20	3	1
nov/20	7	1
dez/20	13	1
jan/21	6	1
fev/21	5	1
mar/21	3	1
abr/21	5	1
mai/21	4	1
jun/21	7	1
jul/21	6	1
ago/21	0	1
set/21	3	1
out/21	4	1
nov/21	5	1
dez/21	15	1
jan/22	3	1
fev/22	4	1
mar/22	4	1
abr/22	3	1
mai/22	7	1
jun/22	3	1
jul/22	4	1
ago/22	4	1