

**SÉRGIO HENRIQUE MARTINS COSTA PASCOAL
MACHADO**

**TOLLING COLLECTION SYSTEM
TECHNOLOGY BENCHMARKING**

Orientador: Prof. Doutor José Rogado
Co-Orientador Prof. Mestre Pedro Malta

**Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias
Engenharia Informática e Sistemas de Informação**

**Lisboa
2018**

**SÉRGIO HENRIQUE MARTINS COSTA PASCOAL
MACHADO**

**TOLLING COLLECTION SYSTEM TECHNOLOGY
BENCHMARKING**

Dissertação defendida em prova pública na Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias, no dia 03 de Janeiro de 2018 perante o júri nomeado pelo Despacho de Nomeação nº160/2017, com a seguinte composição:

Presidente:

Prof. Doutor Pedro Hugo Queirós Alves

Arguente:

Prof. Doutor Rui Pedro Nobre Ribeiro

Orientador:

Prof. Doutor José Luís de Azevedo Quintino Rogado

**Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias
Engenharia Informática e Sistemas de Informação**

Lisboa

2018

It turned out that for each additional car making a daily trip that contributes to the dominant flow, during the peak hour, an additional investment of \$23,000 was projected. In other words, a man who bought a \$3,000 car for the purpose of driving downtown to work every day would be asking the community, in effect, to match his \$3,000 investment with \$23,000 from general highway funds.

(Vickrey, Public Economics, 1997, p. 311)

Dedicatória

À minha filha Francisca aos meus Pais
e à minha Mulher e grande companheira Ana Alves

Agradecimentos

Com o aproximar do final de mais uma etapa é interessante fazer uma retrospectiva.

Estou grato aos meus Pais por todo o apoio e condições que me deram para ter um dos bens mais preciosos da humanidade, o conhecimento. O meu obrigado do fundo do coração por todo o apoio que me deram ao longo destes anos.

À minha Mulher por toda ajuda e suporte.

Estou grato às instituições por onde passei, desde a escola primária onde tive a sorte de ter uma Professora Primária, que me deu as bases de ensino.

À minha Universidade, que deu a possibilidade de evoluirmos e criar os nossos projectos, desde o Grupo de Linux aos Concursos de Programação e à TecWeb. Um grande abraço à grande turma de informática de 2000 a 2004.

À coordenação do meu curso por toda a paciência e ajuda dada ao longo destes anos.

Estou igualmente grato aos locais por onde trabalhei. Tive a sorte de encontrar sempre projectos que me valorizaram. Aqui gostaria de destacar à minha empresa por ter dado as condições para terminar este projecto e aos meus colegas por toda a ajuda e suporte dado.

E por último, não podia deixar de agradecer a duas pessoas, ao meu grande amigo Sérgio Rosa, que mesmo cheio de projectos, foi incansável no suporte e apoio ao survey realizado dentro da empresa. E ao Professor Mestre Pedro Malta, que nunca deixou o tema da tese ficar parado. Um grande obrigado por tudo, mas principalmente por me fazerem acreditar que era possível, no meio desta correria do dia-a-dia.

Resumo

Os sistemas de tolling estão instalados em todo o mundo, tem como base o financiamento e manutenção das estradas. Existem diversas tecnologias para identificar a passagem de cada veículo. Mas quais os problemas que podem advir deste conjunto diversificado de tecnologias?

Quais as tendências e recomendações que podem ser feitas para implementar um sistema de cobrança electrónico?

Neste âmbito, este trabalho visa apresentar um conjunto de recomendações na implementação de projectos em tolling no âmbito da actividade da Q-Free.

Com base num inquérito realizado através dos vários escritórios espalhados por todo mundo (Noruega, Chile, Portugal e Brasil) obteve-se um conjunto de repostas que evidenciaram as tecnologias e tendências da implementação de projectos de tolling. Seguiu-se a realização de duas entrevistas no sentido de validar os resultados dos questionários e posteriormente proporcionar à empresa uma base fidedigna de informação para a decisão no âmbito destes projectos.

Esta dupla abordagem, qualitativa e quantitativa à metodologia de inquérito (survey) permitiu contribuir com as recomendações referidas para uma necessidade empresarial sempre que se deparar com um novo projecto de tolling.

Palavras-Chave: Tolling, ETC, DSRC, Vídeo, GNSS

Abstract

The tolling systems are installed all over the world, based on the financing and maintenance of the roads. There are several technologies to identify the passage of each vehicle.

What problems can appear from this diverse set of technologies, what trends and recommendations can be made to implement an Electronic Toll.?

In this context, this work aim to suggest a set of recommendations in the implementation of tolling projects within the scope of Q-Free activity.

Based on a survey, carried out through the global offices (Norway, Chile, Portugal and Brazil), a set of answers was obtained that show the technologies and trends to be used in the implementation of tolling projects. Two interviews were followed to validate the results of the survey and to provide the company with a reliable basis of information for the decision in these projects.

This qualitative and quantitative mix approach to the survey methodology allow the contribute with the mentioned recommendations for a business need whenever a new project come across.

Keywords: Tolling, ETC, DSRC, Vídeo, GNSS

SIGLAS E ABREVIATURAS

CEN	European Committee for Standardization
CN	Cellular Network
DSRC	Dedicated Short-Range Communications
EC	European Community
EETS	European Electronic Toll Service
ETC	Electronic Toll Collection
EN	European standard
CEN	European Committee for Standardization (Comité Européen de Normalisation (www.cenorm.be))
ETSI	European Telecommunications Standards Institute (www.etsi.org)
GNSS	Global Navigation and Satellite System
HGV	Heavy Goods Vehicle
ISO	International Standards Organization (www.iso.ch)
NPRA	Norwegian Public Road Administration (www.vegvesen.no)
OBU	On-Board Unit
PISTA	Pilot on Interoperable Systems for Tolling Applications
RSE	Road-Side Equipment
ES	ETSI Standard (a type of standard document)
ESO	European Standardization Organizations (CEN, Cenelec and ETSI)
ETS	European Telecommunications Standard
EU	European Union
FAT	Factory Acceptance Tests
ITS	Intelligent Transport Systems
C-ITS	Cooperative Intelligent Transport Systems
IC	Interoperability Constituent
IEC	International Electrotechnical Commission
ISO	International Organization for Standardization
KPI	Key Performance Indicator
OBE	On-Board Equipment
RCI	Road Charging Interoperability

RFU	Recommendation For Use
RSE	Roadside Equipment
SAT	Site Acceptance Tests
SC	Standard Committee
SLA	Service Level Agreement
TC	Technical Committee
TR	Technical Report (a tentative form of standard)
TS	Technical Specifications (a type of standard document)
VST	Vehicle Service Table
WG	Working Group (in CEN or ISO)
RFID	Radio-Frequency IDentification
EIS	Electronic Identification System
BST	Beacon Service Table

Índice

INTRODUÇÃO	13
1. HISTÓRIA E PROBLEMÁTICA	16
2. MODELOS E TECNOLOGIAS EXISTENTES	19
2.1. TIPO E MODELOS DE PORTAGENS EXISTENTES PARA O ETC	19
2.2. VISÃO GERAL DAS TECNOLOGIAS NUM SISTEMA ETC.....	20
2.2.1. Produtos	21
2.2.1.1. AVI.....	21
2.2.1.2. AVC.....	22
2.2.1.3. VES.....	22
2.2.1.4. Backoffice.....	22
2.2.2. Local	22
2.2.3. Distribuição Geográfica.....	23
2.2.4. Tecnologias.....	24
2.2.4.1. Dedicated short-range communications (DSRC)	24
2.2.4.2. Radio-frequency identification (RFID)	25
2.2.4.3. Global Navigation Satellite System (GNSS).....	26
2.2.4.4. VÍDEO.....	26
2.2.4.5. Análise SWOT das tecnologias usadas nos sistemas de Tolling Electrónico	27
2.2.4.5.1. DSRC.....	28
2.2.4.5.2. RFID	29
2.2.4.5.3. GNSS	30
2.2.4.5.4. Vídeo	31
2.3. TENDÊNCIAS.....	33
3. METODOLOGIA DA INVESTIGAÇÃO	35
3.1. INTRODUÇÃO	35
3.2. RECOLHA DE DADOS	35
4. ANÁLISE DE DADOS.....	37
4.1. TOLLING COLLECTION SYSTEM TECHNOLOGY SURVEY	37

4.1.1.	Entrevistas Analise Qualitativa	56
4.2.	RESULTADOS E CONTRIBUTO	71
4.3.	VALIDAÇÃO DA INVESTIGAÇÃO	72
5.	CONCLUSÃO.....	72
5.1.	LIMITAÇÕES E DIFICULDADES	76
5.2.	TRABALHOS FUTUROS	77
6.	BIBLIOGRAFIA	79
	APÊNDICES.....	I

Índice de Tabelas

TABELA 1 ANALISE SWOT DSRC	28
TABELA 2 ANALISE SWOT RFID	29
TABELA 3 SWOT GNSS	30
TABELA 4 SWOT VÍDEO	31
TABELA 5 ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS	32

Índice de Figuras

FIGURA 1 PLAZA DE PORTAGEM	19
FIGURA 2 MLFF	20
FIGURA 3 PRINCIPAIS TECNOLOGIAS POR REGIÃO	23

Introdução

A mobilidade sempre foi uma das formas de reduzir as distâncias entre os seres humanos e melhorar a sua comunicação e interacção.

Desde há muito que as rodovias e os meios de transporte são importantes. Um dos marcos para o crescimento das rodovias deu-se com a conquista de Roma por parte do Gaulês Brennus 390ac, não havia uma comunicação eficiente para movimentações de tropa e isso obrigou a uma melhoria das redes de comunicação.

O Império Romano no seu apogeu tinha uma comunicação rodoviária (miliária) de milhares de quilómetros que se estendiam por todo o Império. Esta infra-estrutura deu grandes vantagens ao Império, quer económicas quer militares, a sua economia cresceu bastante com os impostos sobre as importações/exportações, já na altura uma forma de portajar.

“Roadways were the lifeblood of Ancient Rome. Over the course of 700 years, the Romans built more than 55,000 miles of paved highways throughout Europe—enough to encircle the globe. These engineering marvels ensured the swift movement of goods, soldiers and information across the Empire, and played a crucial role in tightening Rome’s grasp on the Mediterranean Basin. Explore eight reasons why this remarkable transit system helped unite the ancient world”.
(Andrews, History.com, 2014, p. 1)

Nos dias de hoje as infra-estruturas rodoviárias aumentaram e melhoraram significativamente, quer no transporte colectivo, individual ou de transporte de carga.

Uma das melhorias na rede rodoviária foi a introdução das auto-estradas que diminuíram distâncias entre regiões, facilitando o transporte de mercadoria e pessoas pelo mundo fora. Só em Portugal a rede de Auto-estrada tem cerca de 3.087 km (Infraestruturas de Portugal, 2016)

Estas infra-estruturas são dispendiosas e muitas vezes com grande impacto nos orçamentos de cada estado, sendo por isso necessário portajar estes quilómetros de auto-estrada como forma de financiamento da sua construção e manutenção.

Uma das tecnologias mais usada a nível Europeu é a tecnologia com o protocolo DSRC (Dedicated Short-range Communications). Um dos países que mais se destacou, foi Portugal com uma via dedicada (Via Verde), o seu sistema ETC (Eletronic Tolling Collection), implementado nos anos 90 inicialmente através de tecnologia Q-Free (DSRC 5.8Ghz).

Um dos segredos da utilização da tecnologia DSRC em Portugal, deve-se também ao facto do sistema de cobrança dos serviços via verde ser gerido por uma união bancária (SIBS) que criou uma framework comum, agilizando e facilitando o pagamento entre as diversas entidades e serviços associados, Portagens, OBU's Parques, etc. Esta Framework permite optimizações de custos que irá beneficiar o utilizador final. Em Portugal apenas existe uma entidade que gere todo este processo, enquanto noutros países são várias. A diversidade de entidades que gerem o negócio faz com que todas queiram ser responsáveis pelo clearing das transacções e respectivo lucro desse serviço, o que torna a interoperabilidade mais complexa no pagamento de transacções de passagens entre Países.

Algumas questões importantes no âmbito deste projecto realizado sobre o tipo e modelo de cobrança electrónica:

- Será possível outros países também terem este tipo de interligação bancária que permite a cobrança de serviços sem grandes custos entre operadores?
- Será a união Bancária Europeia uma oportunidade para uma maior Interoperabilidade nos sistemas de cobrança electrónica?
- Em termos de implementação de um sistema de cobrança electrónico, quais os factores que podem pesar na implementação do mesmo?
- Será importante a segurança do sistema? Será importante a área de cobertura da rede rodoviária ou ao final do dia o importante é o rácio das transacções que são correctamente lidas e aquelas que foram perdidas?
- Tendo em conta a globalização cada vez maior, será possível integrar ou adicionar funcionalidades ao DSRC para que possam por exemplo melhorar a segurança dos veículos automóveis?
- Que tipo de comunicação será possível de veículo para veículo e de veículo para infraestrutura?
- Num mundo cada vez mais ligado na Internet of Things (IoT) quais as tendências para os próximos dez anos?

- Em termos de segurança, vivemos dias de alguma complexidade onde a privacidade começa a ter um peso cada vez menor. Poderá a tecnologia associada ao ETC criar um controlo nas passagens e fluxo de tráfego, sem restringir a liberdade de movimento entre pessoas e bens?
- Um dos componentes dos sistemas ETC (Eletronic Toll Collection) é a alta anonimização. De forma muito simples e sem impacto na privacidade de cada utilizador. Pode por exemplo uma ou as diversas tecnologias dentro de um sistema ETC fazer um tracking rápido da circulação da viatura, sem qualquer muro e de forma bastante eficiente?

Em suma, este trabalho aborda a problemática da implementação de sistemas de tolling tentando no fim fazer recomendações que respondam a estas e eventualmente a outras questões, facilitando e promovendo as tecnologias a fim de aportar benefício final do cliente, bem como de quem gere toda infra-estrutura.

De forma a ajudar as repostas a estas questões, foi realizado um inquérito que aborda todas as problemáticas aqui apresentadas.

1. História e Problemática

Desde os tempos do antigo império romano que existem rodovias como meio de comunicação para aproximação de pessoas e bens.

Em Inglaterra no Século XII e XV já existiam planos para financiar melhorias das pontes existentes.

“Another method used for raising funds for maintenance of bridges was through pontage and tolls on goods for sale. They were similar to pavage grants, for paving towns and to legislations about the king’s highway”. There was difference between road and bridge maintenance, but in ancient England, the king had supreme powers over both” (Cooper, 2015)

O grande salto é dado no séc. XX com a revolução industrial e o fabrico em série que possibilitou a produção em massa e em maior escala dos veículos de transporte, trocando a carroça pelo veículo automóvel, aumentando assim a necessidade de uma maior e melhor rede rodoviária.

Com o aumento de veículos de transporte privados e de transporte de mercadorias começaram a existir preocupações a nível da Comunidade Europeia de como financiar a sua rede rodoviária.

O Tema de os sistemas de portagens a nível europeu remonta a 1964, onde é proposto fazer um inquérito desde os padrões de tráfego, infra-estruturas, de forma a ligar as diversas zonas económicas.

“Proceder-se-á na Comunidade a um inquérito, segundo princípios comuns, sobre os custos das infra-estruturas que servem os transportes ferroviários, rodoviários e por via navegável. Os Estados-membros ficam encarregados, cada um no âmbito que lhe diz respeito, da organização e execução do inquérito” . (CEE, 1965, p. 58)

As auto-estradas passaram a ser um padrão na forma como nos interligarmos a nível mundial com enormes benefícios económicos. Mas, ao melhorar as infra-estruturas existentes por estradas de maior porte, mais rápidas e com maior segurança, foi necessário um grande

investimento o que provocou um elevado impacto no orçamento de cada estado. A introdução de portagens surge nesse sentido como forma de financiar o pagamento para manter e melhorar infra-estruturas.

Em 1959, o Nobel de Economia William Vickrey foi pioneiro em propor um modelo de cobrança electrónica na Área Metropolitana de Washington DC. Cada carro deveria ter uma unidade a bordo que a cada passagem de uma determinada intercepção enviava informação para um sistema central e dependendo da hora do dia fazia ou não a cobrança dessa mesma passagem. Vickrey chegou a abordar o tema do congestionamento urbano em Calcutá com a Fundação Ford e em Buenos Aires e Nova Dehli para o Banco Mundial.

“the father of auto congestion pricing, outlined a scheme for congestion pricing of urban auto travel in downtown Washington, D.C”. (Arnott, 2001, p. 17)

A Noruega foi pioneira na implementação de sistemas de cobrança electrónica. Este sistema foi uma importante ferramenta de financiamento para os altos custos das estradas Norueguesas devido à topologia e localização das mesmas.

A Q-Free, empresa fundada em 1984 como Micro Design por um pequeno grupo de engenheiros sediados em Selbu, (município perto de Trondheim) esteve na linha da frente com a implementação de um sistema de cobrança electrónico non-stop em 1988 na área de Ranheim (Trondheim, Noruega).

No mercado Europeu o uso do DSRC (5.8Ghz) teve um grande avançado com a implementação de Standards CEN (European Committee for Standardization) em 1997.

Em Portugal o ETC da rede de auto-estradas começou a ser implementado em 1995. O conceito Via Verde tinha como base tecnologia Q-Free (RSE Reader, OBU, Back Office) em portagens tradicionais (com recurso a uma via reservada, Via Verde).

“In 1995, Micro Design AS has its first international breakthrough. Its Q-Free system becomes the technology backbone of Portugal’s nationwide Via Verde RUC system. The Company also sets up a national office in Portugal.” (Q-Free, 1995)

Diferentes modelos de portagem foram igualmente implementados em Portugal baseados no modelo Inglês de “Shadow Tolling”: portagens virtuais sem custo para os utilizadores. Este modelo foi abandonado em 2010 e substituído pelo Modelo “Multilane Free Flow” onde os utilizadores eram portajados sem necessidade de diminuir velocidade.

O mundo do Tolling tem diversas tecnologias. No entanto, a sua diversidade e complexidade poderá traduzir-se num problema na hora de escolher o modelo de negócio.

Uma das maiores ineficiências do sistema de cobrança electrónico é a interoperabilidade entre países na cobrança das passagens, isto é, o condutor do veículo que se desloca entre o seu País e um País vizinho poderá ter problemas com o reconhecimento da sua passagem mesmo tendo uma OBU válida instalada.

Outros problemas poderão existir na implementação de um sistema de tolling, nomeadamente o enforcement e os sistemas usados para evitar que o utilizador tire proveito de uma falha ou da liberdade que o sistema possa dar. Neste sentido, que sistemas ou que complementos poderão existir para diminuir o risco de perda de receita?

Assim, o foco deste trabalho tem como base analisar as diversas tecnologias existentes através de um estudo de mercado e inquérito de apoio para encontrar e recomendar possíveis soluções e tendências deste mercado, por forma a poder-se concluir se poderá haver uma tecnologia padrão de todos os sistemas de cobrança electrónica europeus (EETS), bem como de sugestões para trabalhos futuros.

2. Modelos e tecnologias existentes

As tecnologias para implementar um sistema de cobrança electrónico são diversas. Todas elas estão dependentes do modelo que seja escolhido.

2.1. Tipo e modelos de portagens existentes para o ETC

As portagens podem ser inseridas num modelo fechado onde o utilizador é cobrado a cada saída. Tipicamente suportado por uma infra-estrutura de grande dimensão (plaza). Exemplo no caso Português, a entrada e saída A5 Porto Salvo para Lisboa, onde existem uma ou mais vias dedicadas da Via Verde a carros com On Board-Unit.



Figura 1 Plaza de Portagem

Os veículos são obrigados a reduzir velocidade e aqueles que não tiverem um dispositivo electrónico (OBU) não podem circular na via reservada.

Ou um modelo aberto, tipicamente Multilane Free Flow onde o utilizador é cobrado por cada quilómetro percorrido nos diversos pontos intermédios (Pórticos) sem qualquer barreira ou restrição de velocidade. A infra-estrutura é baseada com a instalação de Pórticos na estrada.

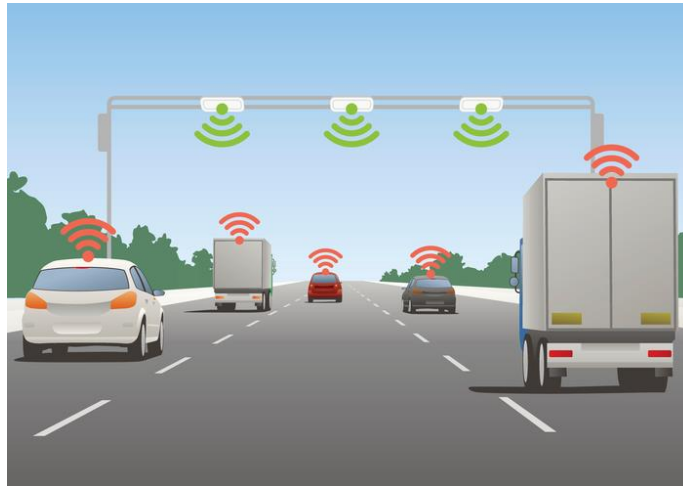


Figura 2 MLFF

O modelo permite que todo e qualquer veículo circule à velocidade máxima permitida sem qualquer restrição em termos de via. Para garantir que todos os veículos sem exceção são portajados, este modelo é muitas vezes complementado com sistemas de registo de imagem para permitir também transacções baseadas na matrícula do veículo. Video-Based Toll Collection (VTC)

2.2. Visão geral das tecnologias num sistema ETC

Tendo em consideração o mercado global de sistemas de Eletronic Toll Collection (ETC) Os sistemas de cobrança electrónica podem ser devidos nas seguintes áreas:

- Produtos
- Local
- Geo-localização
- Tecnologia

Que a seguir se detalham:

2.2.1. Produtos

Do ponto de vista de um sistema de informação, o sistema de cobrança electrónica é constituído através dos seguintes produtos:

- Automated vehicle classification (AVI)
- Automatic Vehicle Classification (AVC)
- Video Enforcement Systems (VES)
- Back-Office (BO)

“Global ETC System market is broadly classified into four segments such as Technology, application, product, and geography. The technology segment is divided into RFID, DSRC, Video analytics, and GNSS. ETC products include categories such as AVI, AVC, VES, and Back office & integration. Two application areas are involved in the report such as highway and urban area. Geographically, it covers all the geographies such as NA, APAC, Europe, and ROW.” (MarketsandMarkets, 2014, p. 38)

2.2.1.1. AVI

A Identificação automática de veículos é composta pelos seguintes componentes:

Road Side Unit (RSU) Leitor/Transmissor controla o sistema de comunicação entre o leitor, ou seja, emite sinal rádio para iniciar a leitura e escrita na OBU

OBU (On Board) emite uma identificação assim que recebe o sinal de rádio.

Os sistemas de identificação automática podem ser melhorados através de alguns componentes do sistema de classificação de veículos, como por exemplo as cortinas laser que podem permitir uma melhor identificação e classificação do veículo.

2.2.1.2. **AVC**

O Sistema automático de classificação é constituído pelos seguintes componentes:

- Loops, a passagem do veículo no campo magnético gera um sinal que permite a classificação do veículo.
- Piezos, permitem a contagem de eixos
- WIM (Weight in Motion), geralmente é composto por um sistema Piezo-Loop-Piezo, permitindo a classificação de eixos e medição do peso do veículo.
- Lasers, sistema baseado numa cortina de lasers permite a classificação do tipo de veículo através do varrimento do eco retornado pela pesagem do objecto.
- Vídeo, permite através do fluxo de tráfego fazer o tracking do veículo e classificar através da imagem.

2.2.1.3. **VES**

O Sistema de enforcement é constituído pelo seguinte componente:

- Câmara que permite capturar e identificar o veículo que passou no sistema.

2.2.1.4. **Backoffice**

Sistema central de processamento, agregação e correlação da passagem criada dos equipamentos RSE (Road Side Equipments) em cada ponto de cobrança efectuada para criar uma transacção comercial.

2.2.2. **Local**

Um sistema de tolling é inserido em diferentes âmbitos geográficos:

- Urbano
Neste âmbito o foco é a preocupação com o congestionamento de tráfego bem como a redução de emissões poluentes, exemplo Gothenburg congestion tax.
- Inter-urbano:
Num modelo inter-urbano a ligação entre regiões dá-se em grande parte por auto-estrada tornando-se importante portajar de forma eficiente toda esta rede de infra-estruturas rodoviárias.

2.2.3. Distribuição Geográfica

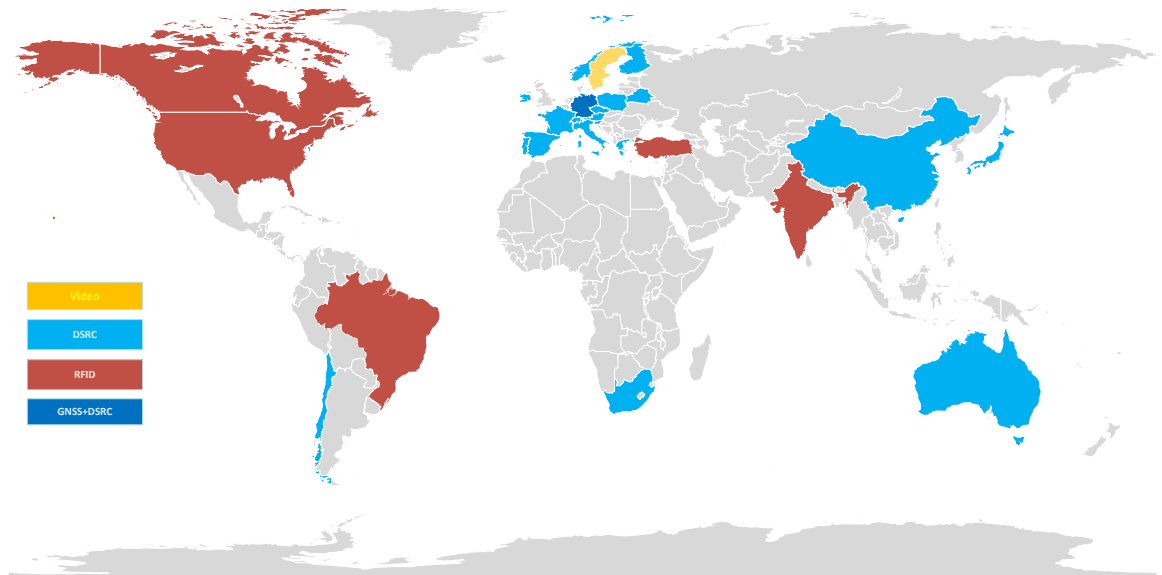


Figura 3 Principais tecnologias por região

Os sistemas de cobrança electrónica estão espalhados por todos os continentes:

Na Europa existe uma forte implementação de duas tecnologias Dedicated short-range communications (DSRC) e Global Navigation Satellite System (GNSS).

Na Ásia e Oceânia tem um equilíbrio entre as tecnologias DSRC e Radio-Frequency Identification (RFID).

No continente Americano existe uma maior predominância do RFID com excepção do Chile que usa também o DSRC.

Já no Continente Africano o DSRC encontra-se implementado na Africa do Sul.

2.2.4. Tecnologias

O sistema de cobrança electrónico é composto pelas seguintes tecnologias:

- DSRC
- RFID
- GNSS
- Vídeo

2.2.4.1. Dedicated short-range communications (DSRC)

A tecnologia DSRC é um protocolo para comunicação de curto alcance através de microondas nos 5.8Ghz usada na identificação automática de veículo, e em serviços adicionais tais como, pagamento de utilização de Parques e combustível em determinadas Bombas de Gasolina.

O ponto de cobrança tem instalada uma antena DSRC (RSU).

Os veículos têm instalado um identificador (OBU).

Em termos de passagem o veículo é identificado ao entrar numa área (EIS Radio Lobe Broadcast BST) onde o lóbulo da antena permite que o OBU caso esteja autorizado inicie uma sessão dedicada entre a OBU e a Antena DSRC.

Durante essa passagem através de eco e a respectiva força do sinal de reposta é possível encontrar o posicionamento do veículo. A transacção bem como o Posicionamento do veículo é enviado para um Lane Controller(LC). A comunicação suporta diversas aplicações: EN15509, PISTA, entre outras.

A rentabilidade desta tecnologia é proporcional ao número de veículos que são identificados. A sua elevada performance e baixa latência do protocolo, torna esta tecnologia uma das mais usadas em sistemas de tolling electrónico.

No caso europeu o DSRC (CEN 278/TC) opera no espectro dos 5.8Ghz.

Características técnicas:

- Pode operar em quatros canais: 5.7975, 5.8025, 5.8075 e 5.8125 GHz
- Downlink bit rate: 500kbps
- Uplink bit rate: 250kbps
- Sub carrier frequencies: 1.5 MHz (profile 0) and 2.0 MHz (profile 1)

Uma das grandes vantagens deste protocolo além da sua maturidade são as suas várias normas que garantem uma boa interoperabilidade, permitindo assim a expansão desta tecnologia.

“With the finalized standardization of DSRC by CEN TC 278 WG9 a long time demanded precondition for a widespread implementation of interoperable systems is now fulfilled. Electronic industry can now take the opportunity to supply vehicle and roadside into a worldwide growing DSRC market. Road operators can expect advanced ETC systems based on DSRC for multilane applications including high performance localization for enforcement in the very near future.” (Detlefsen & Wilhelm, 1997, p. 144)

2.2.4.2. **Radio-frequency identification (RFID)**

Existem diversos modelos para o RFID, em termos de dispositivo electrónico no veículo. Quando o modelo usa o RFID Activo a Tag é alimentada com uma bateria.

O Passivo não tem bateria interna e é o leitor que emite energia para acordar a tag.

Por sua vez, o Battery-Assisted Passive (BAP), não necessita de energia do leitor RFID pois tem alimentação própria com bateria interna.

A tecnologia escolhida na Turquia e Brasil foi a de RFID UHF Passiva. As tags passivas esperam por um sinal de um leitor RFID. Geralmente este leitor necessita de uma energia elevada para transmitir e acordar a tag passiva. O range de funcionamento em Road-Side é abaixo dos 10m, com uma frequência de rádio usada entre os 900 e 915MHz.

2.2.4.3. **Global Navigation Satellite System (GNSS)**

O sistema GNSS é constituído por uma constelação de diversos sistemas satélite. As constelações de satélites neste momento activas são:

- GPS (EUA)
- Glonass (Russia)
- BeiDou (China)

Tipicamente é usado para cobranças de veículos de transporte de carga já que cobre grandes distâncias geográficas. Já existem OBUs no mercado com protocolo DSRC e GNSS no mercado Alemão.

“The use of GNSS combined with DSRC for road tolling can be considered a mature technology and commercial OBUs are now available on the market, with a cost in the range of [120-200] Euros per unit. These OBUs are thought to preserve the interoperability of different national tolling systems and ease the migration from DSRC-based to GNSS-based charging schemes” (EUROPEAN GNSS AGENCY, 2015, p. 60).”

2.2.4.4. **VÍDEO**

O sistema vídeo é essencialmente usado em áreas urbanas. Um dos exemplos de sucesso a ter em consideração é a implementação da gestão de tráfego de Gotemburgo.

A característica essencial deste sistema é permitir a construção da identificação através do tracking do veículo e posterior identificação. Isto é possível graças a sistemas de reconhecimento automático de matrícula, bem como através do recurso de validação manual no BackOffice.

Este sistema também pode ser usado para a verificação e complemento de outros sistemas como o DSRC, permitindo o reconhecimento automático de matrícula.

O sistema Vídeo é também usado em parques de estacionamento que usam esta tecnologia para a identificação do veículo.

“Automatic Number Plate Recognition (ANPR) is a technology that uses cameras and optical character recognition for vehicle identification. It does not require on-board units (OBUs) and involves “less costly” roadside equipment. A vehicle is recognized by means of its license plate number, for either tolling or enforcement purposes. However, an ANPR-based scheme typically requires either

- a national number plate database to enable Toll Chargers to issue users with their bill; or
- a system that enables users to register for an account so that the Toll Charger is aware of their number plate and has a link to a payment account.

“Mostly used for enforcement purposes, ANPR technology is currently used in urban congestion charging schemes, such as London, Stockholm and Milan, as well as for charging on interurban infrastructures where video tolling mechanisms are offered to the users. The use of such technology for tolling purposes is not really covered by Directive 2004/52/EC for EETS.” (4icom, 2015, p. 31)

2.2.4.5. Análise SWOT das tecnologias usadas nos sistemas de Tolling Electrónico

Seguem as análises SWOT das tecnologias referidas, que proporcionaram informação de base quer para a construção do questionário a aplicar, bem como das questões das entrevistas pensadas. Estas análises SWOT foram também essenciais no suporte à análise que foi feita

2.2.4.5.1. DSRC

Tabela 1 Analise SWOT DSRC

Força	Fraqueza
<ul style="list-style-type: none"> • Robustez, fiabilidade do protocolo. • Elevado número de leituras em sistemas Multi-Lane Free Flow. • Tecnologia proposta para EETS directiva 2004/52/EC. • Imune a interferências. • Preço da OBU bastante diminuto comparado com o dispositivo GNSS. • Elevado número de OBUs. • Tecnologia bastante maturada. • Normas CEN. • Disponível para controlo e pagamento de entrada e saída de parques, suporte para outros serviços. • Suporta múltiplos OBU. • Segurança. 	<ul style="list-style-type: none"> • Preço da OBU elevado (>5€) comparado com as TAGs passivas do RFID. • Necessita de infra-estrutura Física. • Capex e manutenção elevados.
Oportunidades	Ameaças
<ul style="list-style-type: none"> • Interoperabilidade entre outros sistemas (GNSS). • Interoperabilidade entre as diversas concessionárias pelo modelo. • Protocolo de Aplicação bastante extensível, vários perfis PISTA, EN15509, AutoPASS, etc. 	<ul style="list-style-type: none"> • Custo elevado em troços com poucos utilizadores. • Pouca coordenação entre países para aplicação de uma framework comum, modelo existente para tolling EETS e REETS.

2.2.4.5.2. RFID

Tabela 2 Analise SWOT RFID

Força	Fraqueza
<ul style="list-style-type: none"> • Preço reduzido da tag (<1 €) 	<ul style="list-style-type: none"> • Range de operação reduzida comparado com o DSRC (abaixo dos 7m para tags passivas). • Não é imune às condições ambientais. • Não suporta múltiplas tags.
Oportunidades	Ameaças
<ul style="list-style-type: none"> • No caso do RFID com tags passivas, o preço reduzido pode ajudar a uma massificação da respectiva tecnologia. • Preço baixo da tag pode atrair mais clientes para o uso no veículo. 	<ul style="list-style-type: none"> • Não existem normas a nível de segurança para interoperabilidade. • O uso de tag passiva não permite a implementação do MLFF.

“The UHF RFID systems are characterized by several properties. While all RFID technologies are sensitive to metal or metal surfaces, the sensitivity to water increases with the operating frequency (Nikitin & Rao, 2006). Metal surfaces or electrical conductive surfaces interfere with the transponder reader communication, because the electromagnetic radiation is reflected, whereas the presence of water interferes with the communication because the electromagnetic radiation is absorbed. Through the stable environment and the animal itself, metal surfaces (reflection) and water (absorption) are inherent parts of a transponder’s surroundings and trouble-free” (Hammer, 2017, p. 13)

2.2.4.5.3. GNSS

Tabela 3 SWOT GNSS

Força	Fraqueza
<ul style="list-style-type: none"> • Não necessita de infra-estrutura física na estrada. • Depois de instalado o custo de manutenção é menos elevado. • Esquema e pontos de cobrança facilmente alterável dado não depender de infra-estrutura física. 	<ul style="list-style-type: none"> • Custo elevado das OBU (>100 €). • Tecnologia ainda não maturada. • Interoperabilidade ainda num estado embrionário com outros sistemas de ETC existentes.
Oportunidades	Ameaças
<ul style="list-style-type: none"> • Devido a tecnologia de posicionamento permite verificar velocidade adicionar serviços como informação de trânsito. • Performance e precisão poderão ser bastante melhoradas com o sistema Galileu • OBU híbridas e interoperabilidade com o DSRC. • Ideal para cobrança electrónica de troços de longa distância. 	<ul style="list-style-type: none"> • Erros de posicionamento em determinados troços. • Investimento em sistemas para Protecção de Dados do utilizador, dado o fluxo de informação adquirido.

2.2.4.5.4. Vídeo

Tabela 4 SWOT Vídeo

Força	Fraqueza
<ul style="list-style-type: none"> • Não necessita OBU. • Enforcement. • Classificação. 	<ul style="list-style-type: none"> • Necessita de infra-estrutura física. • Depende da qualidade da matrícula.
Oportunidades	Ameaças
<ul style="list-style-type: none"> • Sistemas de congestionamento como em Gotemburgo. • Áreas Urbanas. • Parking. • Complemento de outras tecnologias para enforcement. 	<ul style="list-style-type: none"> • Performance condicionada as condições ambientais. • Depende de algoritmos de identificação de matrícula e respectivas matrículas. sendo por isso necessário um conjunto de bibliotecas para o reconhecimento automático de veículos.

Também para ajudar a análise utilizou-se a tabela da página seguinte:

Tabela 5 Alternativas tecnológicas

Tecnologia	OBU	Investimento	Custos operacionais	Pórtico	VES	Velocidade	Condições meteorológicas
GNSS	Sim	Elevado	Médio-Alto	Não	Sim	Sem limite	Imune
DSRC	Sim	Elevado	Médio-Baixo	Sim	Sim	Elevada	Imune
Vídeo	Não	Médio	Médio	Sim	Não	Elevada	Sensível
RFID	Sim	Elevado	Baixo	Sim	Sim	Média/baixa	Sensível
Manual	Não	Médio	Elevado	Sim	Não	STOP	Imune

(Furnes, Ruja, & Voss, 2011, p. 7)

2.3. Tendências

O Mercado de Tolling, é um mercado bastante estável com uma tendência de crescimento anual a rondar os 10%, nas tecnologias actuais. Não é provável que exista uma mudança significativa do mercado nos próximos dez anos.

Em termos de tecnologias para o futuro, tais como os carros autónomos, a sua implementação inicial será pontual e limitada a algumas zonas.

Já o Mobility as a Service (MaaS) poderá ter alguma projecção uma vez que hoje existe uma maior densidade populacional nas cidades. Outro ponto a favor desta tecnologia é a facilidade de adquirir um dispositivo móvel e acesso aos respectivos serviços disponibilizados. Facilitando o acesso por exemplo a alternativas ao trânsito, possibilitando o acesso a informação de transportes públicos, hospitais bem como serviços que existam ao seu redor. Esta tecnologia pode ser uma tendência e facilmente aceite dado a massificação do uso destes dispositivos moveis.

O Tolling é um mercado altamente volátil a decisões políticas, como o caso do Brasil e Turquia que mudaram o seu modelo DSRC para RFID UHF 18000-6C.

Já em relação à tecnologia actual o sistema DSRC continua bastante activo e com crescimento no mercado. A Eslovénia por exemplo, está a migrar o sistema de 2.4Ghz para os 5.8 Ghz. Ao invés o GNSS viu alguns dos seus projectos serem cancelados no mercado Europeu, França, Dinamarca. (Mortimer, 2015)

“the French HGV toll scheme, was completely cancelled at the end of 2014, some regional representatives have asked for the utilisation of the already installed infrastructure in northern France, stating it would be a natural extension of the Belgian ETC system.

However, the national government seems to have no plans to revive the Ecotaxe, as it is ready to launch an HGV vignette for the entire national and county road network not currently conceded.” (European GNSS Agency, 2015, p. 35)

De referir que em relação ao DSRC existem neste momento tenders disponíveis para soluções completas DSRC+Backoffice na Dinamarca

“With this procurement, A/S Storebælt is offering a contract regarding the acquisition and implementation of a new toll collection system as well as maintenance.” (TED, 2017)

Em França o volume de dispositivos OBU DSRC tem continuado a ter um aumento significativo.

“VINCI Autoroutes, the largest highway company and tag issuer in France, has increased the volume of the current frame agreement with Q-Free for tags announced in December 2016”

(Q-Free, 2017)

O Mercado Espanhol, está a dar os primeiros passos na implementação de modelos multilane free flow com protocolo DSRC. Esta implementação está a ser realizada no Norte de Espanha junto à fronteira com França (Irun). (gipuzkoa, 2016).

A solução que está a ser implementada no Norte de Espanha, tem apenas um pórtico (Single Gantry Solution), numa fase inicial para portajar os veículos pesados de forma a forçar o uso de alternativas ao troço de estrada existente. Esta solução usa tecnologia Q-Free.

Todos estes indicadores mostram que pelo menos no mercado Europeu o DSRC continua a ser uma das principais soluções.

3. Metodologia da investigação

3.1. Introdução

Optou-se por fazer uma abordagem quantitativa que inicialmente caracteriza-se os vários projectos tolling implementados pela Q-Free. No sentido de explicar a informação que resulta dos questionários, complementou-se com uma abordagem qualitativa através de entrevistas feitas a responsáveis/gestores de projecto, com o intuito de obter confirmação / sustentação dos resultados dos questionários por quem tem uma visão mais holística da actividade da Q-Free.

3.2. Recolha de Dados

O inquérito foi construído com base nas premissas em três áreas fundamentais

- Modelo de negócio;
- Tecnologia;
- Utilizador;

Pretendeu-se perceber a nível de implementação de um sistema de Tolling electrónico, qual a principal razão para a sua instalação. Neste sentido, a pergunta Q1 lista as razões globalmente consideradas que podem estar na raiz da implementação de um projecto deste tipo.

Na sequência também é importante identificar obstáculos (Q2) e os factores de decisão (Q3) que estão na base destes projectos. Também crucial é identificar os custos inerentes à implementação de um sistema de tolling (Q4), factores ambientais a considerar (Q5) e o tipo de esquema dependendo do local objecto de implementação (6). Ainda neste âmbito considerou-se importante caracterizar as formas de como as transacções electrónicas possam ser cobradas entre Países (Q7).

No sentido de se perceber as tendências que os inquiridos consideram importantes a questão (Q8) identifica as mais relevantes para os próximos dez anos.

Dado a diversidade de tecnologias a questão (Q11) identifica quais os factores principais para o uso das mesmas na instalação de um sistema de tolling electrónico, complementada pela questão (Q12).

De um ponto de vista técnico e tendo em conta a análise SWOT já apresentada anteriormente a questão (Q13) permite identificar qual a tecnologia com mais pontos fortes.

Tendo em conta uma solução baseada na distância a questão (Q14) identifica quais as tecnologias que se encaixam para uma topologia de tráfego com predominância de Transporte de Pesados, veículos ligeiros e em cidade.

A (Q15) para averiguar dentro de um ambiente de tolling, o que pode melhorar neste sistema com as novas tecnologias emergentes.

Estes desenvolvimentos além de serem usados no tolling electrónico podem complementarmente suportar outros serviços Ex: Parking (Q17).

Dentro desse complemento que estas tecnologias podem melhorar, qual aquela que mais se adequa a comunicações entre veículos e infra-estruturas (V2X (Vehicle-to-Vehicle or Vehicle-to-Infrastructure)). (Q16).

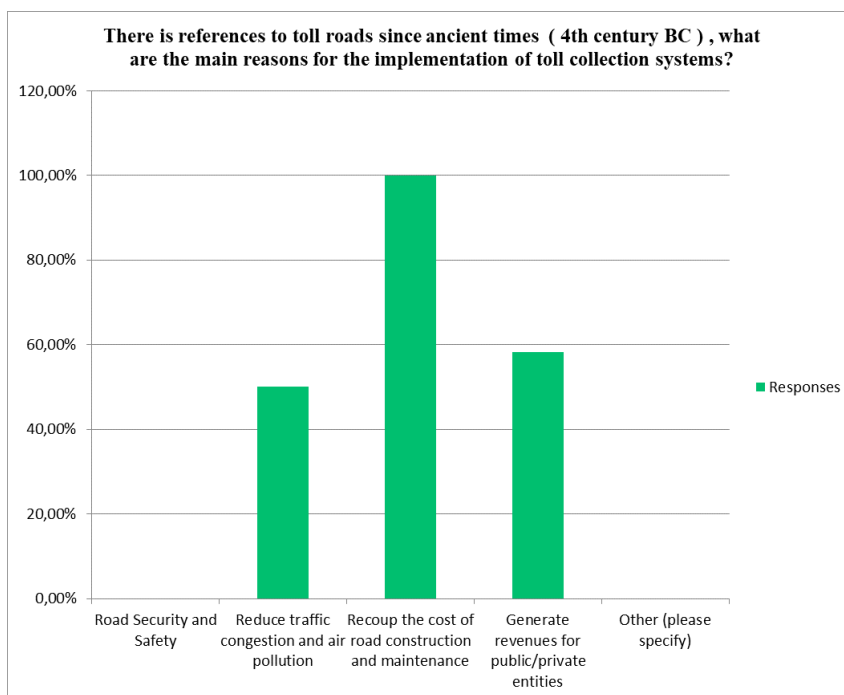
Porque a segurança também é uma premissa do sistema de tolling, pretendeu-se identificar que tipo de controle pode ser adicionado à solução (Q18).

No que respeita às entrevistas refez-se o contacto com colaboradores seniores no sentido de confirmar/suportar os resultados no questionário.

4. Análise de Dados

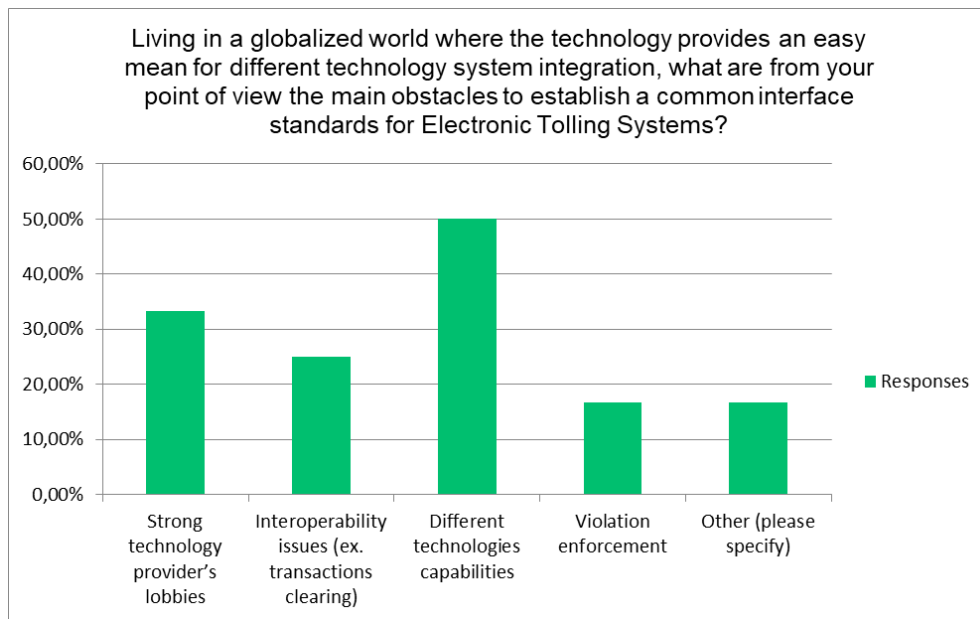
4.1. Tolling Collection System Technology Survey

Questão 1 Quais as principais razões para implementar um Sistema de cobrança electrónico?



Answer Choices:	Responses
Road Security and Safety	0,00% 0
Reduce traffic congestion and air pollution	50,00% 6
Recoup the cost of road construction and maintenance	100,00% 12
Generate revenues for public/private entities	58,33% 7
Other (please specify)	0,00% 0

A maioria das repostas recai na recuperação dos custos da estrada e respectiva manutenção.

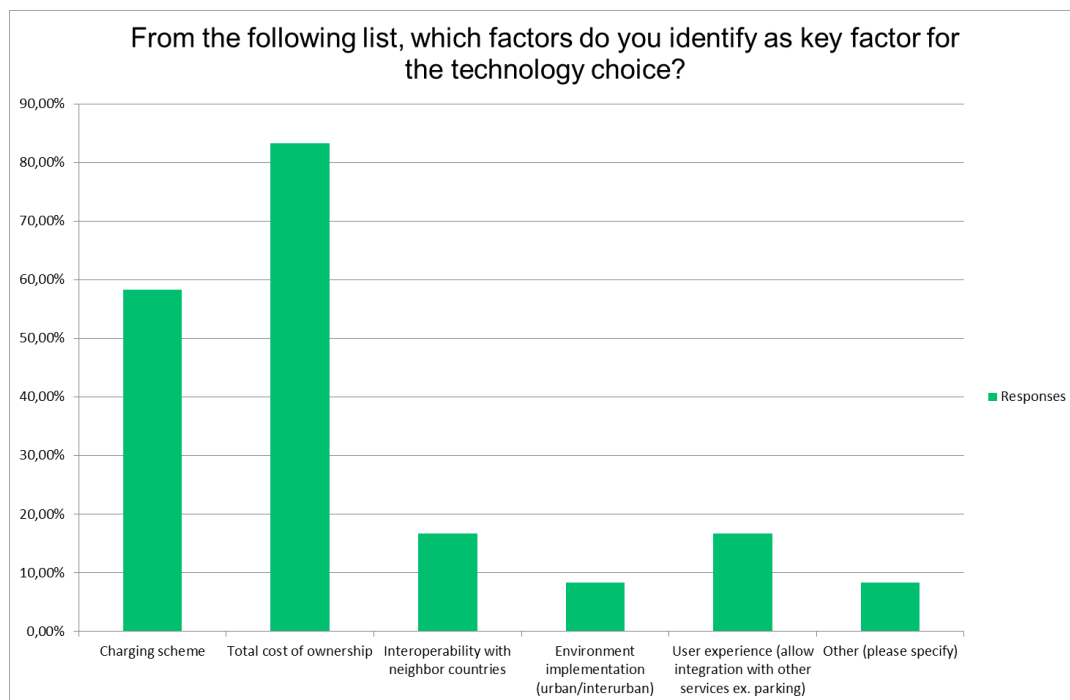
Questão2: quais os obstáculos para uma interface comum nos sistemas de tolling?

Answer Choices	Responses	
Strong technology provider's lobbies	33,33%	4
Interoperability issues (ex. transactions clearing)	25,00%	3
Different technologies capabilities	50,00%	6
Violation enforcement	16,67%	2
Other (please specify):	16,67%	2
Vested interest of independently governed national and regional infrastructure providers.		
Strong business case for EETS lacking.		
	Answered	12

A maioria das repostas tem como o factor que pode impedir uma interface comum, as diversas especificidades de cada tecnologia.

Em evidência estão também os lobbies existentes e a falta de interoperabilidade entre países.

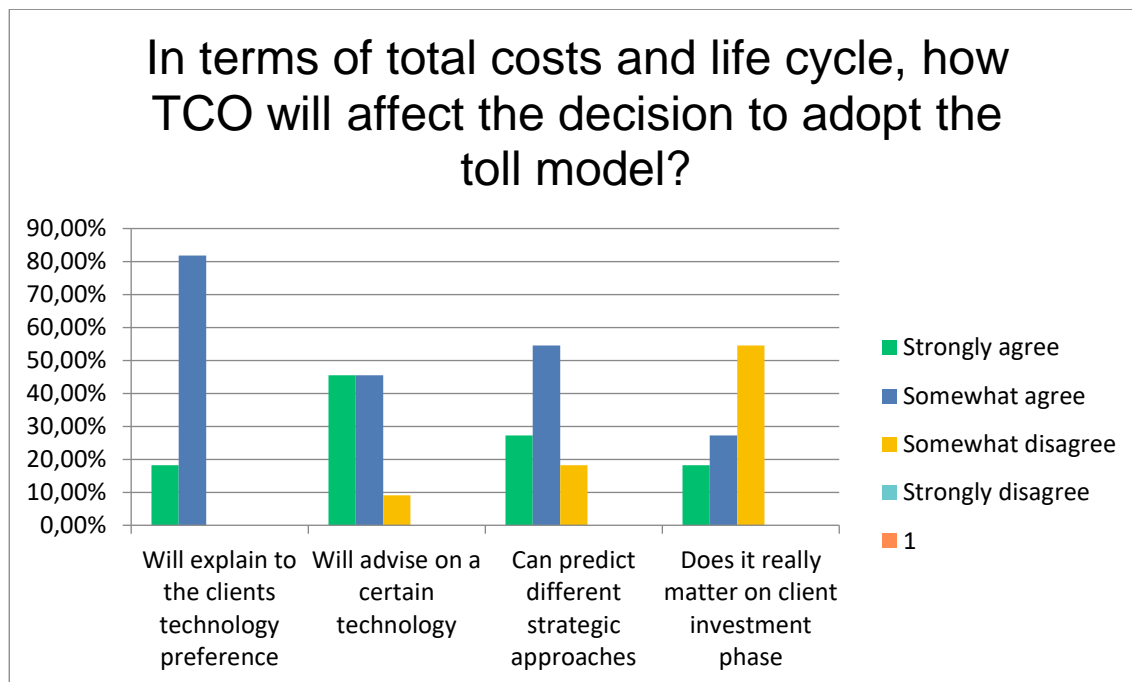
Questão3: do conjunto de factores quais aqueles que são chave para a escolha de uma determinada tecnologia.



Answer Choices	Responses
Charging scheme	58,33% 7
Total cost of ownership	83,33% 10
Interoperability with neighbor countries	16,67% 2
Environment implementation (urban/interurban)	8,33% 1
User experience (allow integration with other services ex. parking)	16,67% 2
Other (please specify): Security.	8,33% 1
Answered 12	

A grande maioria das respostas vê como um dos principais factores o custo total do projecto (directos e indirectos). Também com um grande conjunto de respostas está o tipo de modelo a usar para fazer a cobrança electrónica.

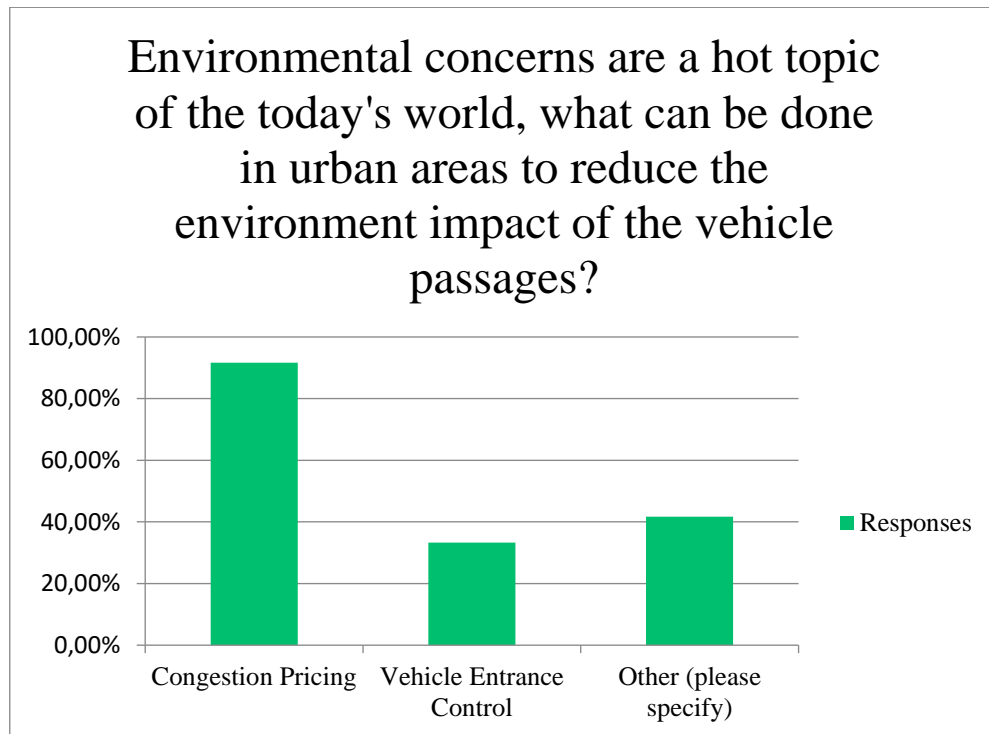
Questão 4: em que medida no tempo de vida de um projecto tem como peso do Total cost of ownership (TCO) para a decisão do modelo de cobrança a ser adoptado?



	Strongly agree	Somewhat agree	Somewhat disagree	Strongly disagree	1	Total					
Will explain to the clients technology preference	18,18%	2	81,82%	9	0,00%	0	0,00%	0	0,00%	0	11
Will advise on a certain technology	45,45%	5	45,45%	5	9,09%	1	0,00%	0	0,00%	0	11
Can predict different strategic approaches	27,27%	3	54,55%	6	18,18%	2	0,00%	0	0,00%	0	11
Does it really matter on client investment phase	18,18%	2	27,27%	3	54,55%	6	0,00%	0	0,00%	0	11
Other (please specify)											1
							Answered	11			
							Skipped	1			

A maioria tem como opção o TCO explicar a preferência de uma determinada topologia ou tecnologia.

Questão 5: as questões ambientais ganham cada vez mais relevância nos dias de hoje. O que pode ser feito nas grandes cidades para diminuir a pegada ecológica das passagens dos veículos?



Answer Choices	Responses	
Congestion Pricing	91,67%	1
Vehicle Entrance Control	33,33%	4
Other (please specify):	41,67%	5

I believe there should be a combination of different actions. Improve options such as better and efficient public transportation, car sharing, HOT lanes... but also with effort on other areas such as "home office", flexible working hours... to optimize how people move around urban areas.

Regulated and controlled traffic movements integrated with vehicle automation (self-driving vehicles, platooning etc.). Disruptive service schemes such as MaaS regimes (if a market place can be achieved where this is a truly competitive option to private mobility).

Pricing according to the vehicle's euro class (co2 emissions).

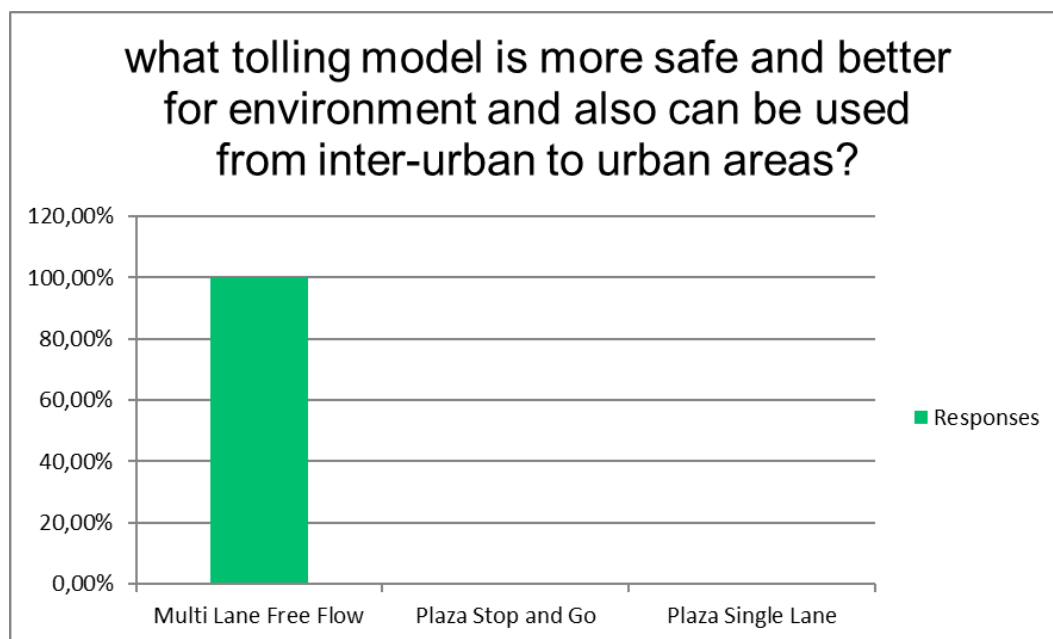
Reduce parking availability, and/or close certain áreas for all kind of private motor vehicles.

Low Emission Zones.

Answered 12

A grande maioria dos inquiridos vem como opção a regulação do tráfico nas grandes cidades através do pagamento de cada passagem, mediante a hora e a zona de acesso.

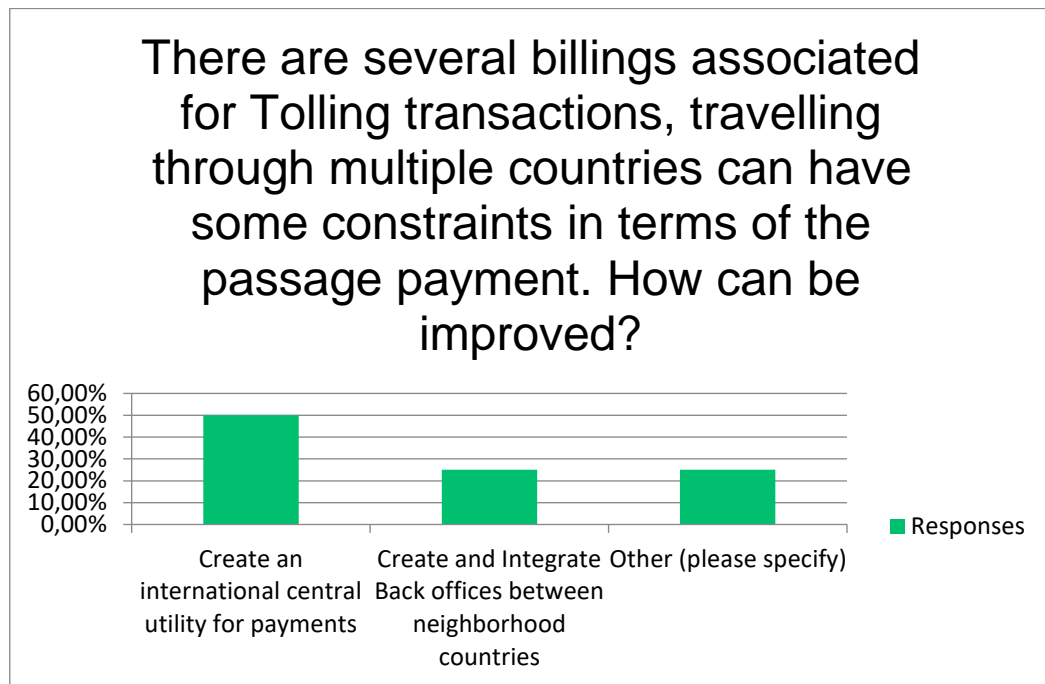
Questão 6: que tipo de modelo de tolling tem uma melhor integração em zonas urbanas e interurbanas com menor impacto ambiental.



Answer Choices	Responses	
Multi Lane Free Flow	100,00%	12
Plaza Stop and Go	0,00%	0
Plaza Single Lane	0,00%	0
Answered		12

A resposta é clara o modelo que melhor se integra tanto em cidade como em Auto-estrada e que tem um menor impacto ambiental é o Multi Lane Free Flow.

Questão7: Um dos grandes problemas quando se instala um sistema de tolling é a cobrança das transacções entre Países, como pode esse problema ser resolvido?



Answer Choices	Responses	Count
Create an international central utility for payments	50,00%	6
Create and Integrate Back offices between neighborhood countries	25,00%	3
Other (please specify): Alling also legislation related to enforcement violation	25,00%	3

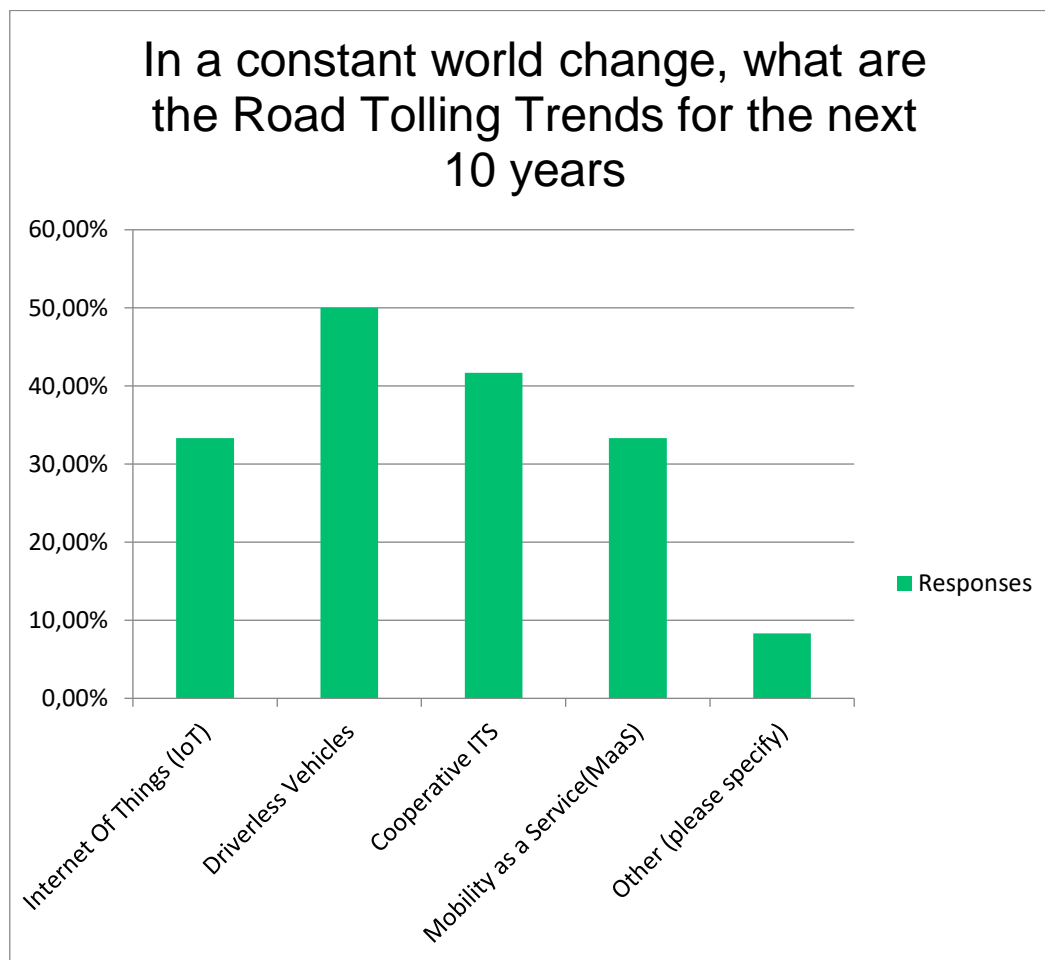
EETS (REETS).

BOs not necessarily fully integrated, but can speak together in specified format.

Answered 12

A maioria das repostas vê uma framework transversal entre países como forma de melhorar e resolver este problema.

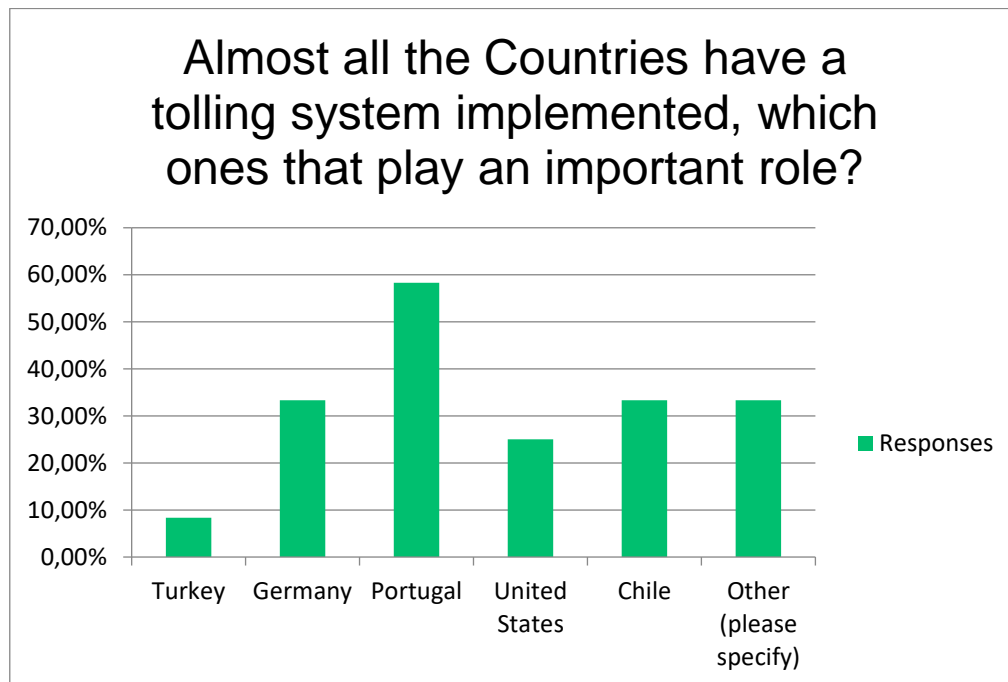
Questão 8: No Mundo em constante mudança, quais as tendências nos próximos dez anos para o Mundo do Tolling?



Answer Choices	Responses	
Internet Of Things (IoT)	33,33%	4
Driverless Vehicles	50,00%	6
Cooperative ITS	41,67%	5
Mobility as a Service(MaaS)	33,33%	4
Other (please specify): DSRC	8,33%	1
Answered		12

A maioria das repostas vê os veículos automáticos como uma das principais tendências. No entanto há um equilíbrio bastante grande entre todas as repostas, o que pode indicar uma grande incerteza quanto ao futuro.

Questão 9: existem vários sistemas de tolling espalhados por vários países. Quais aqueles que tem papel de relevo no tolling?



Answer Choices	Responses	
Turkey	8,33%	1
Germany	33,33%	4
Portugal	58,33%	7
United States	25,00%	3
Chile	33,33%	4
Other (please specify):	33,33%	4

All play an important role, however the most interesting ones for the near future are tolling domains that are subject to the various challenges of high volumes of international transit (challenges include interoperability, user experience, fair tariff schemes for regular (local) and casual (international) users etc.).

Norway. Emission-based pricing.

Spain.

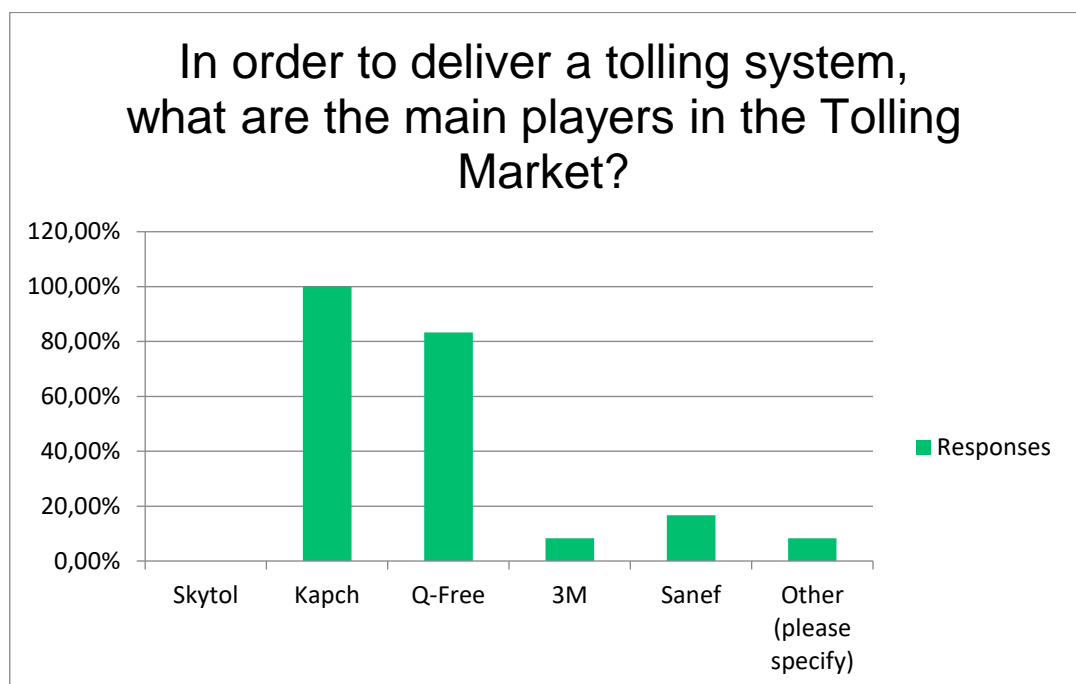
All have same role.

Answered

12

Quase todos os países como opção são importantes.

Questão 10: quais os principais players no mercado do Tolling?



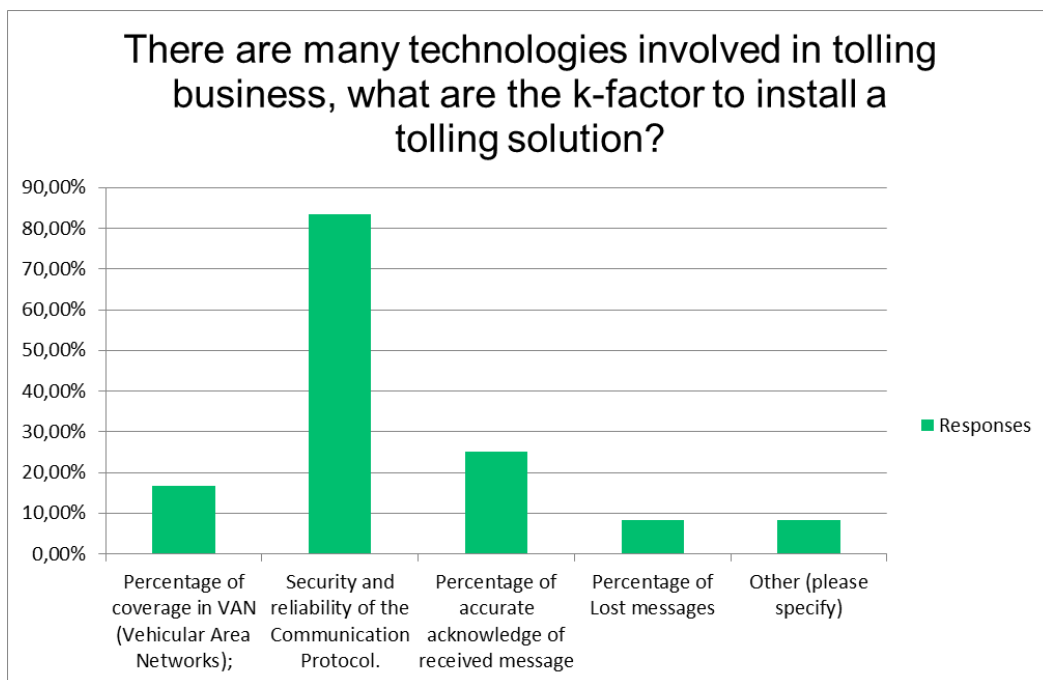
Answer Choices	Responses	
Skytol	0,00%	0
Kapch	100,00%	12
Q-Free	83,33%	10
3M	8,33%	1
Sanef	16,67%	2
Other (please specify):	8,33%	1

Any operator with strong in-house technology.

Answered

12

Questão 11: existem várias tecnologias no mercado, qual o factor principal para uma solução de tolling?

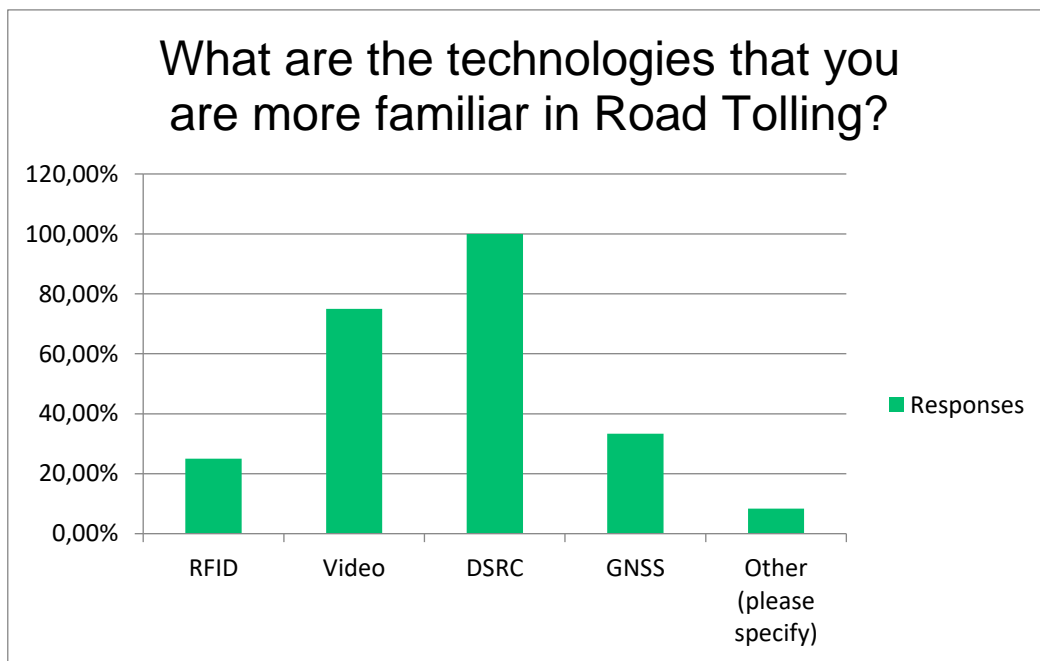


Answer Choices	Percentage	Responses
Percentage of coverage in VAN (Vehicular Area Networks);	16,67%	2
Security and reliability of the Communication Protocol.	83,33%	10
Percentage of accurate acknowledge of received message	25,00%	3
Percentage of Lost messages	8,33%	1
Other (please specify):	8,33%	1

Answered 12

A segurança e fiabilidade foi a opção com maior número de repostas.

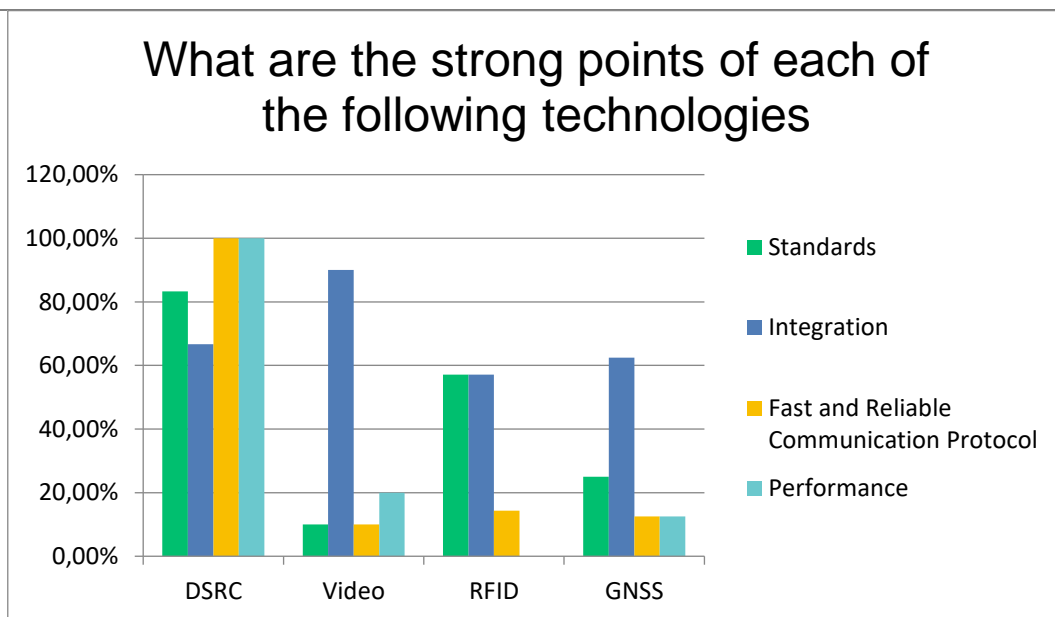
Questão 12: quais as tecnologias que são familiares no Tolling?



Answer Choices	Responses	
RFID	25,00%	3
Video	75,00%	9
DSRC	100,00%	12
GNSS	33,33%	4
Other (please specify): Detection and measurement; laser scanners, inductive loops, magnetic field sensors etc	8,33%	1
Answered		12

DSRC, obteve todas as repostas seguido do Vídeo e RFID.

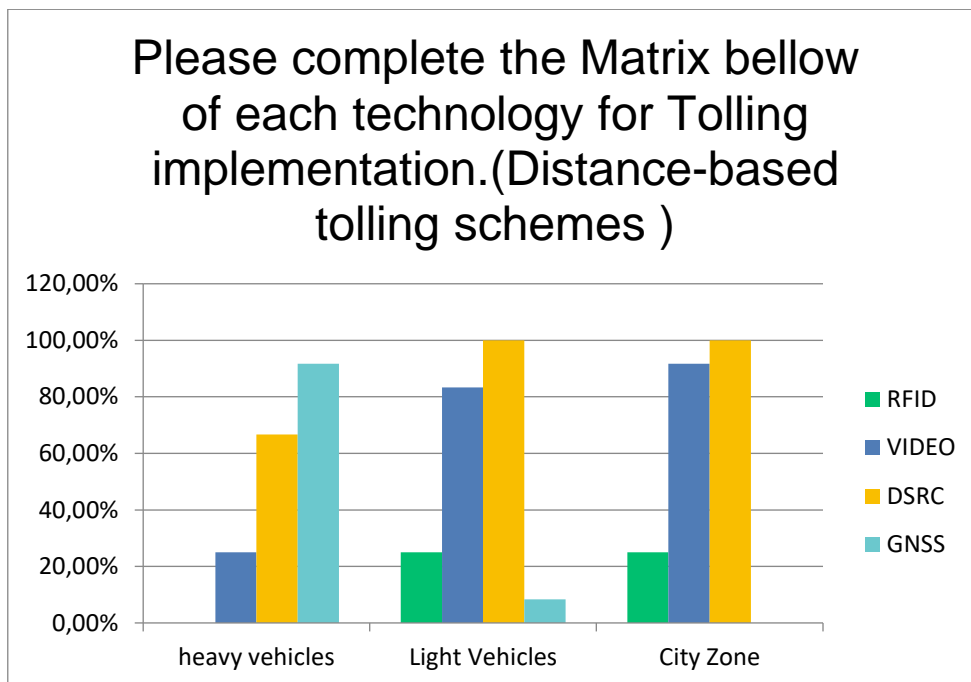
Questão 13: quais os pontos fortes de cada tecnologia?



	Standards	Integration	Fast and Reliable Communication Protocol	Performance	Total
DSRC	83,33%	66,67%	100,00%	100,00%	12
Video	10,00%	90,00%	10,00%	20,00%	10
RFID	57,14%	57,14%	14,29%	0,00%	7
GNSS	25,00%	62,50%	12,50%	12,50%	8
				Answered	12

DSRC é a tecnologia que mais pontos fortes teve identificados.

Questão 14: complete a Matriz com as tecnologias / modelo de tolling

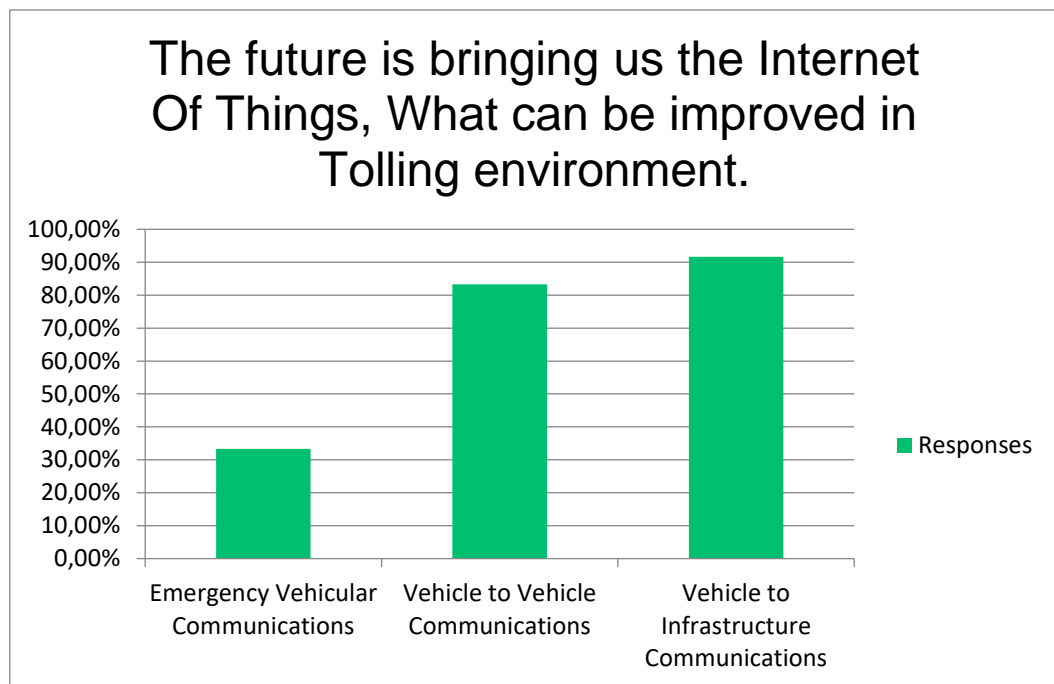


	RFID	VIDEO	DSRC	GNSS	Total
heavy vehicles	0,00% 0	25,00% 3	66,67% 8	91,67% 11	12
Light Vehicles	25,00% 3	83,33% 10	100,00% 12	8,33% 1	12
City Zone	25,00% 3	91,67% 11	100,00% 12	0,00% 0	12

Answered 12

O DSRC é o modelo que aparece mais transversal a modelos citadinos vs. urbanos bem como ao tipo de veículos.

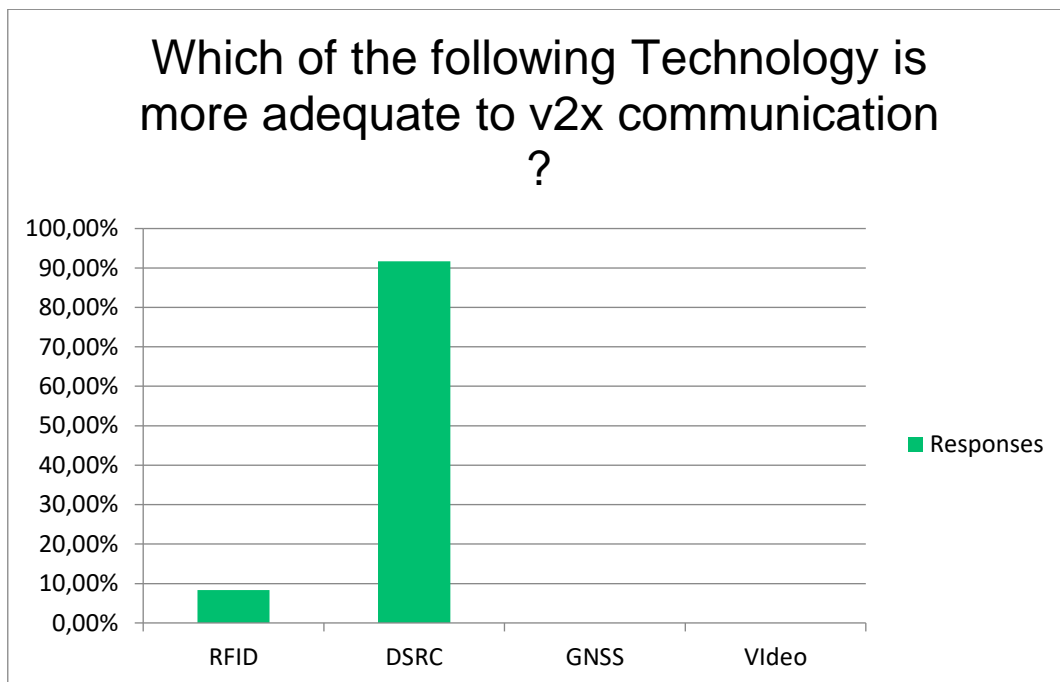
Questão 15: O que pode ser melhorado futuramente nos sistemas de Tolling?



Answer Choices	Responses	
Emergency Vehicular Communications	33,33%	4
Vehicle to Vehicle Communications	83,33%	10
Vehicle to Infrastructure Communications	91,67%	11
Other (please specify)		1
	Answered	12

Comunicações Veículo para Veículo e Veículo para Infra-estrutura foram as repostas com maior escolha.

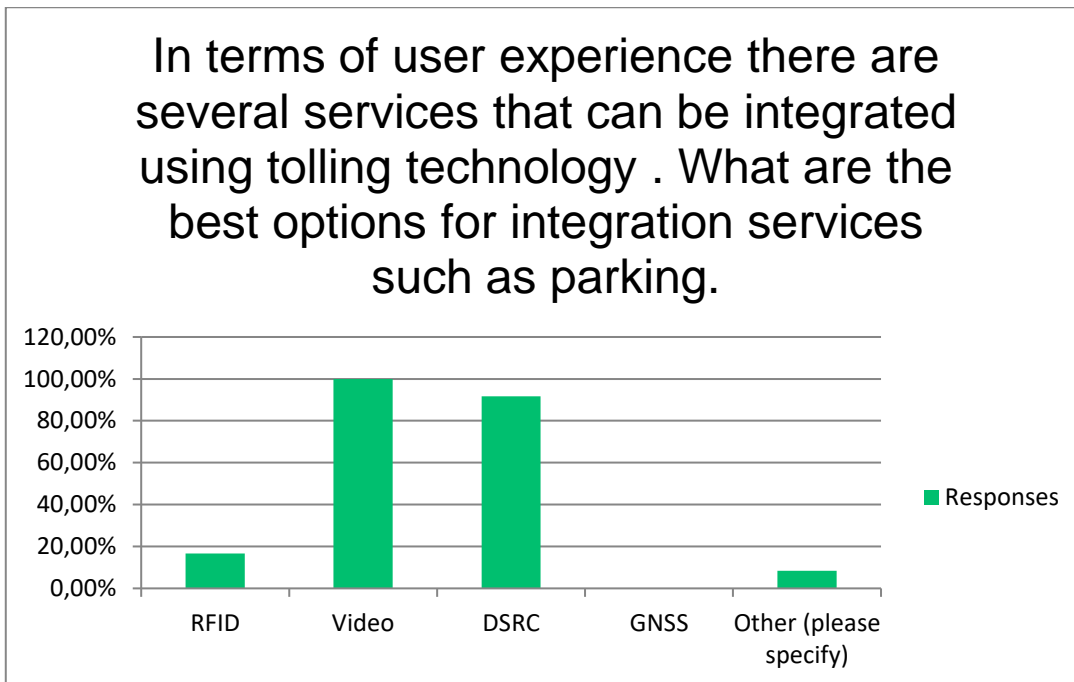
Questão 16: Qual a tecnologia mais adequada para comunicações v2x?



Answer Choices	Responses	
RFID	8,33%	1
DSRC	91,67%	11
GNSS	0,00%	0
Video	0,00%	0
Answered		12

O DSRC foi a opção mais votada.

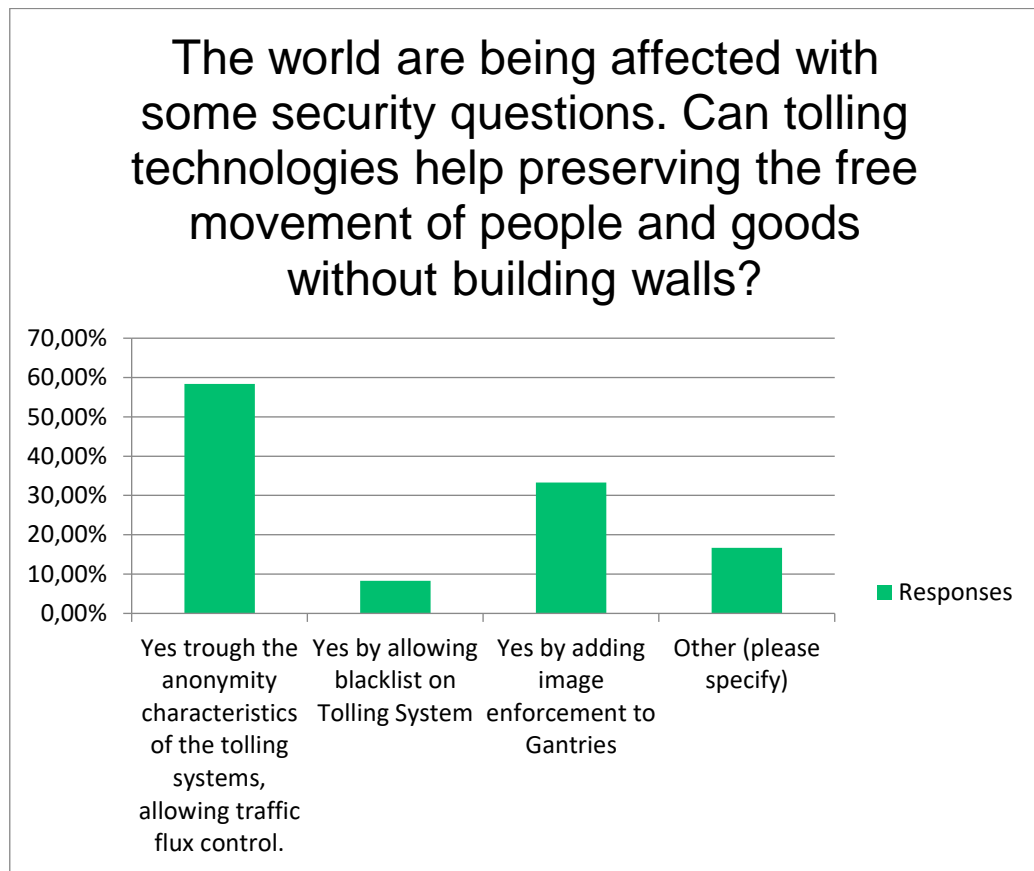
Questão 17: em termos de experiência de utilizador, quais os serviços que podem ser integrados usando as actuais tecnologias de tolling?



Answer Choices	Responses	
RFID	16,67%	2
Video	100,00%	12
DSRC	91,67%	11
GNSS	0,00%	0
Other (please specify): personal devices; mobile phone, bluetooth, NFC	8,33%	1
Answered		12

DSRC e Vídeo foram as mais escolhidas.

Questão 18: em termos de segurança, podem estas tecnologias manter a actual livre circulação de pessoas e bens na União Europeia?



Answer Choices	Responses	
Yes trough the anonymity characteristics of the tollingsystems, allowing traffic flux control.	58,33%	7
Yes by allowing blacklist on Tolling System	8,33%	1
Yes by adding image enforcement to Gantries	33,33%	4
Other (please specify): tolling technologies and similar automation solutions could improve efficiency at e.g. border stations.	16,67%	2
No answer.		
Answered		12

A maioria dos inquiridos respondeu que sim, através das características de anonimidade dos sistemas de tolling.

Em suma

No que respeita ao inquérito podemos evidenciar o seguinte:

- Uma das principais razões para implementar um sistema de portagens é o financiamento e a manutenção da estrada;
- O maior obstáculo é a utilização de tecnologias diferentes;
- Um dos factores mais importantes na decisão do modelo de tolling é o custo total (directo e indirecto) da sua implementação;
- Em termos de esquema de tolling, mais adaptável ao meio que o rodeia (urbano e interurbano) e a questões ambientais tais como emissões poluentes é o esquema MultiLane-Free Flow (unanimente escolhido);
- Em relação à problemática relativa ao processamento das transacções efectuadas entre países a recomendação mais votada foi a de criar uma entidade internacional que fornecesse ferramentas para agilizar o pagamento das transacções efectuadas um modelo semelhante ao Português (SIBS);
- Tendo em consideração tendências de tecnologias ou serviços futuros para os próximos dez anos identificam-se várias sendo elas:
 - Driveless Cars (Veículos autónomos)
 - C-ITS (Cooperative Intelligent Transport Systems)
 - MaaS (Mobility as a Service)
- O factor mais importante a nível da tecnologia escolhida é a Segurança e fiabilidade do protocolo.
- Em relação aos pontos fortes de cada tecnologia o DSRC é aquele que mais se destaca;
- No que respeita à topologia de tráfego o DSRC é também o que mais se destaca;
- A integração das tecnologias Vídeo e DSRC é a mais útil no suporte a serviços extras, como enforcement e parques.

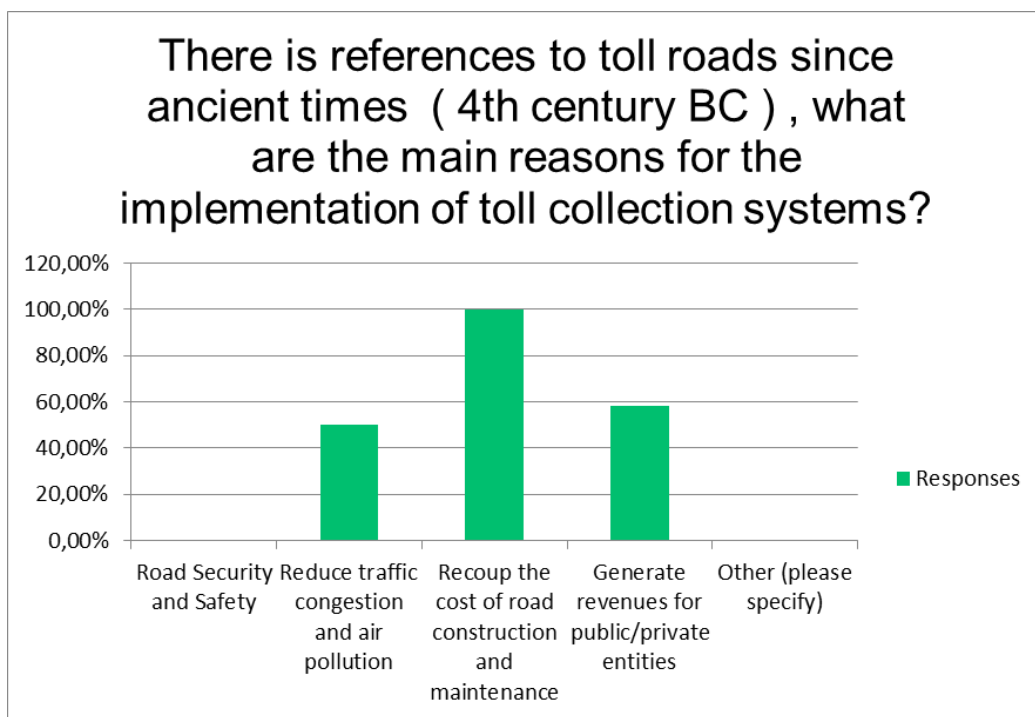
4.1.1. Entrevistas Analise Qualitativa

As entrevistas tiveram como base duas pessoas chave à organização.

Odd Skevik(Odd) gere as diversas equipas to grupo de Tolling da Q-Free e tem uma vasta experiência no Tolling, tendo estado envolvido em vários projectos a nível global no âmbito das tecnologias de cobrança electrónica.

Gino Olivato (Gino) gere o escritório do Brasil da Q-Free e viveu a transformação da tecnologia de DSRC para RFID no Brasil.

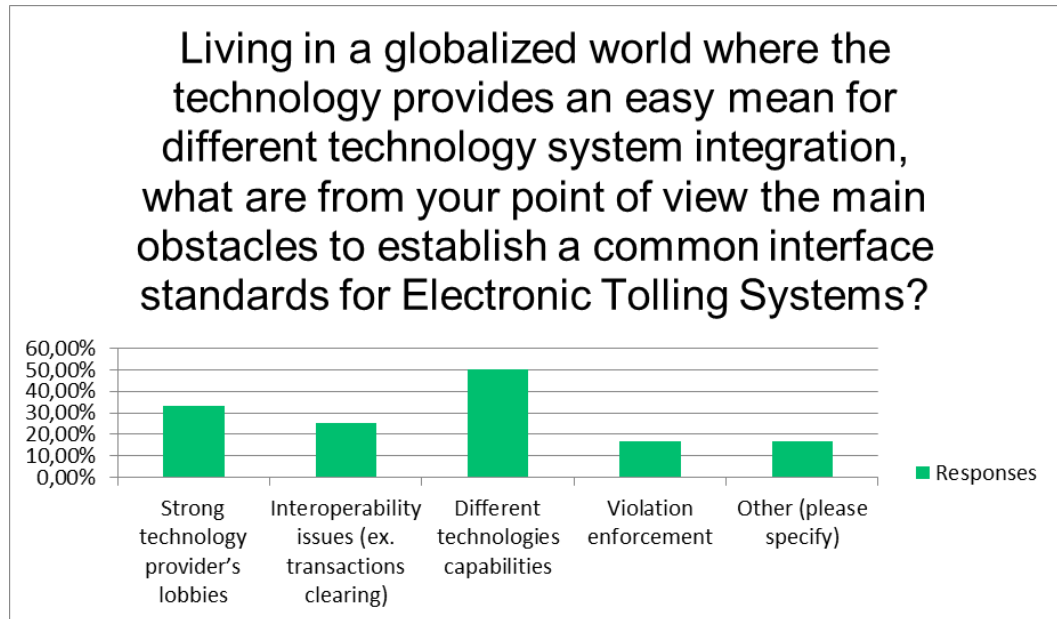
Entrevistas ao inquérito realizado:



Taking in consideration the result of the following survey, can you comment on the chosen option?

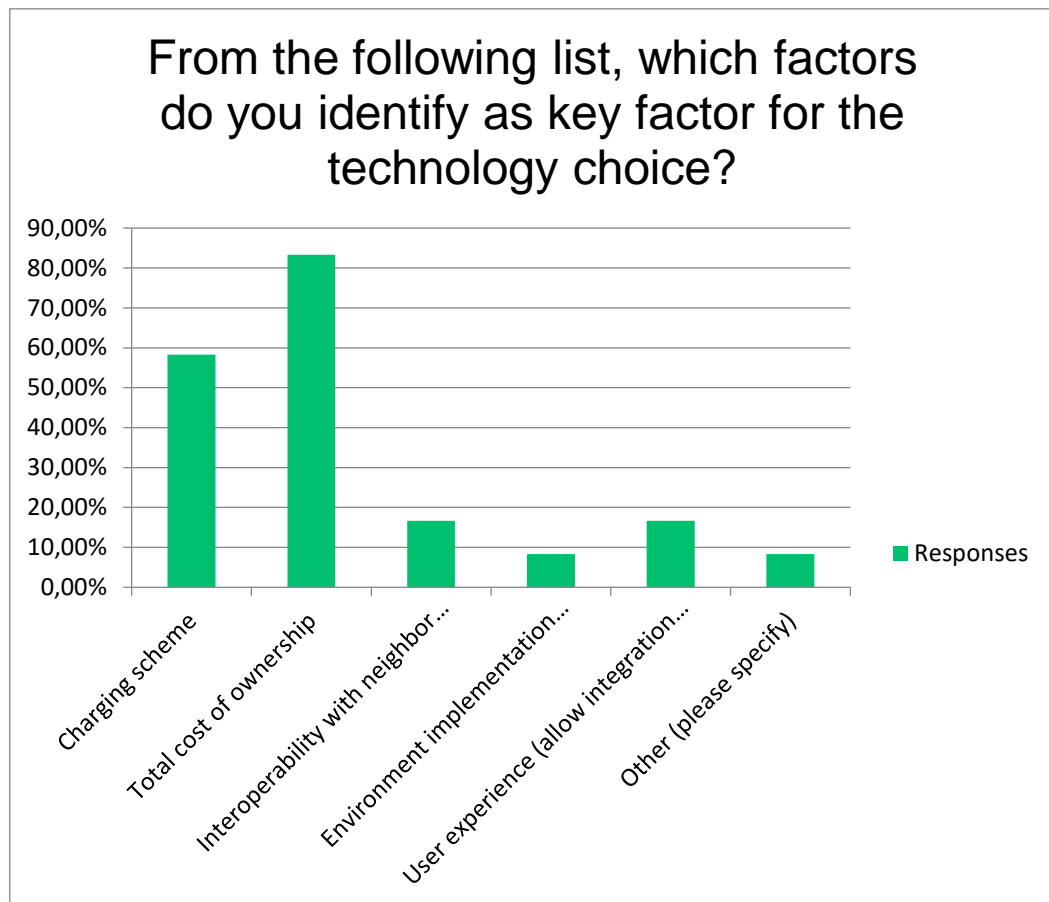
Odd:	Gino:
Globally, the main driver recouping the cost of the construction and maintenance of roads and related infrastructure. This sometimes comes with the added benefits of	The tolling system implemented in all the continents has the purpose of finance the road construction and operation. During the past 2 decades, this model proved to be

<p>revenues generated for other purposes (when the expenses for the roads and maintenance have been covered, it is not uncommon for the toll schemes to continue. This is the normal case for PPP concessions for instance).</p> <p>Tolling to give incentives to reduce roads or vehicle usage is rather rare, and is implemented in just a few cities globally. The pure form exists e.g. in Stockholm and London, whereas Gothenburg has mixed incentives where parts of the reasons are funding the infrastructure in the region.</p>	<p>the most effective from the quality of service perspective without burden the State/Government with all the costs. In Latin American Countries that uses this concession arrangement the roads safety and security had increased a lot.</p>
---	--



What was your chosen option and why?

Odd:	Gino:
<p>The mainly reason that there are different technologies available in the market is that in the begging of the Electronic Tolling Systems each Country developed their own standards, without thinking outside their boards. Once this need of integration increased the installed based was the first barrier to be overcome in order to make the interoperability possible. As the integration necessity is becoming bigger than each Country interest, driven by economic reasons, there's a tendency that this gap will decrease along the time</p>	<p>The mainly reason that there are different technologies available in the market is that in the begging of the Electronic Tolling Systems each Country developed their own standards, without thinking outside their boards. Once this need of integration increased the installed based was the first barrier to be overcome in order to make the interoperability possible. As the integration necessity is becoming bigger than each Country interest, driven by economic reasons, there's a tendency that this gap will decrease along the time</p>



The options chosen are pointing the TCO and the Charging Schema as the key factor. Can a common and standard technology for Tolling allow the improvement or the appearance of new Key Factors?

If both Key Factors are assured what would be your other options?

Odd:

Gino:

The main selection is normally TCO. The charging scheme will in most cases govern what technology gives the lowest TCO. As such, these two are tightly connected.

TCO may also be linked to the legacy from nearby tolling schemes and benefits from interoperability. I.e. not

The mainly reason that there are different technologies available in the market is that in the begging of the Electronic Tolling Systems each Country developed their own standards, without thinking outside their boards. Once this need of integration increased the installed based was the first barrier to be overcome in order to make the interoperability possible. As the integration necessity is

isolated within one tolling scheme or one toll service provider's operation.

The common and standard technologies for tolling employed in the European Union (GNSS and DSRC) seem to co-exist without universal convergence towards one or the other. TCO is the main deciding factor between them.

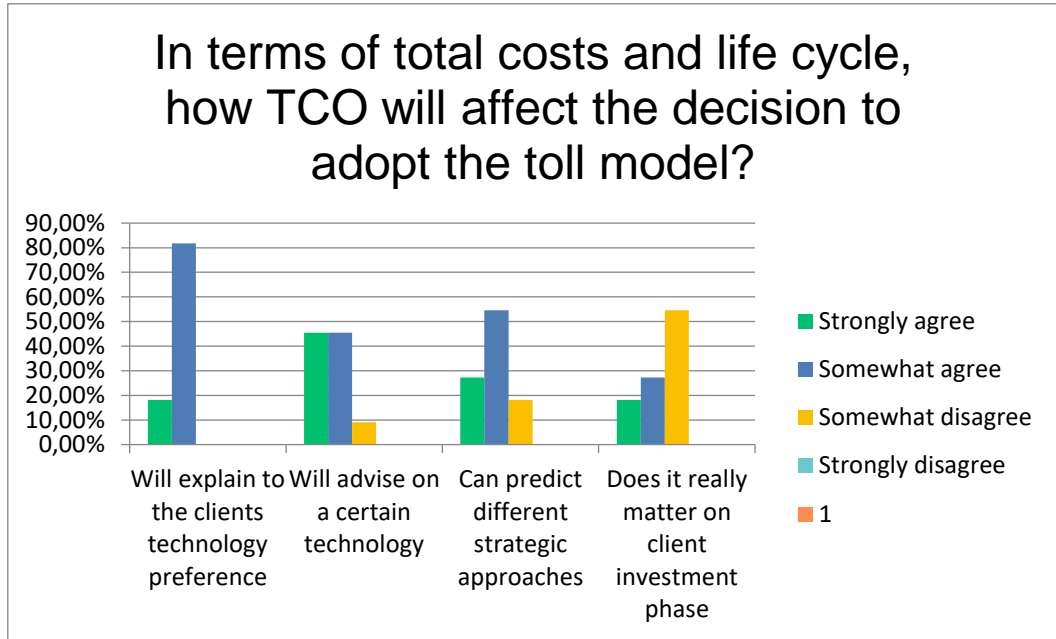
Further standardization of one technology in favor of the other will lead to less than optimal TCO for the schemes currently employing the 'losing' technology.

Note: There are cases in the global market where the technology choices appear to have been made without employing the technology giving the lowest TCO. In most of these cases political factors have been governing the process. These are not to be underestimated in any technology choice, but are also hard to describe in general

becoming bigger than each Country interest, driven by economic reasons, there's a tendency that this gap will decrease along the time

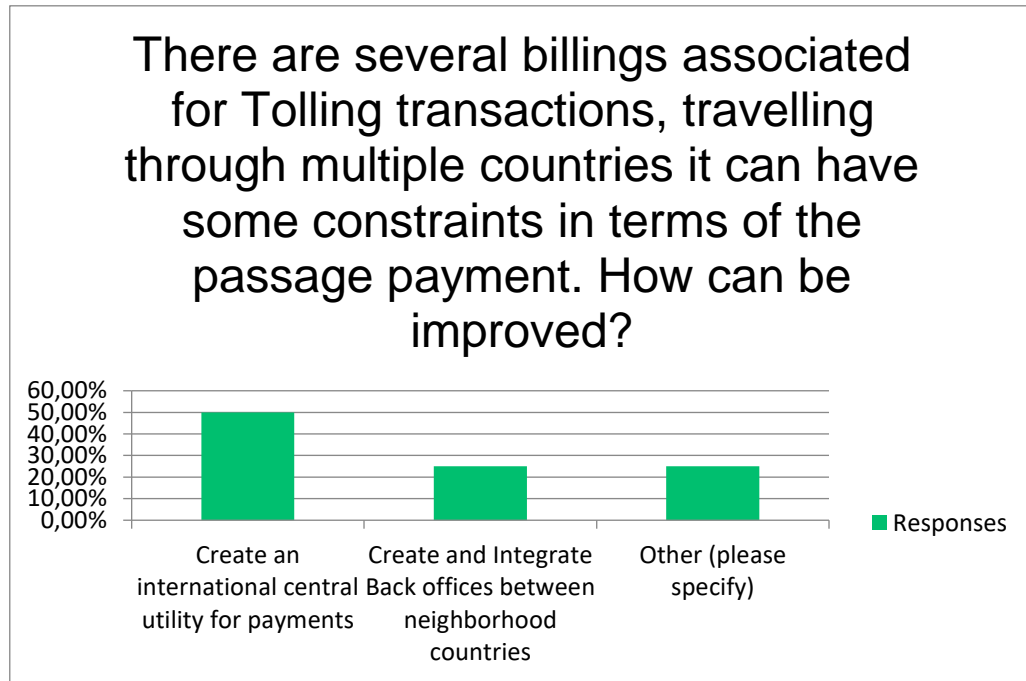
From these two key factors pointed, it is possible to read that the mainly concern about technology choice is to maximize the toll collection mitigating the risks of possible violators and ensuring that the chosen technology will have controlled costs along the time.

Gino. If both named key factors are assured, my other option will be INTEROPERABILITY



Taking in consideration the results, can you add comments?

<p>Odd:</p> <p>No comments to this. See comments about technology choices above.</p>	<p>Gino:</p> <p>Considering the results, it is shown the relevance of TCO as a driver for adoption of a toll model</p>
---	---



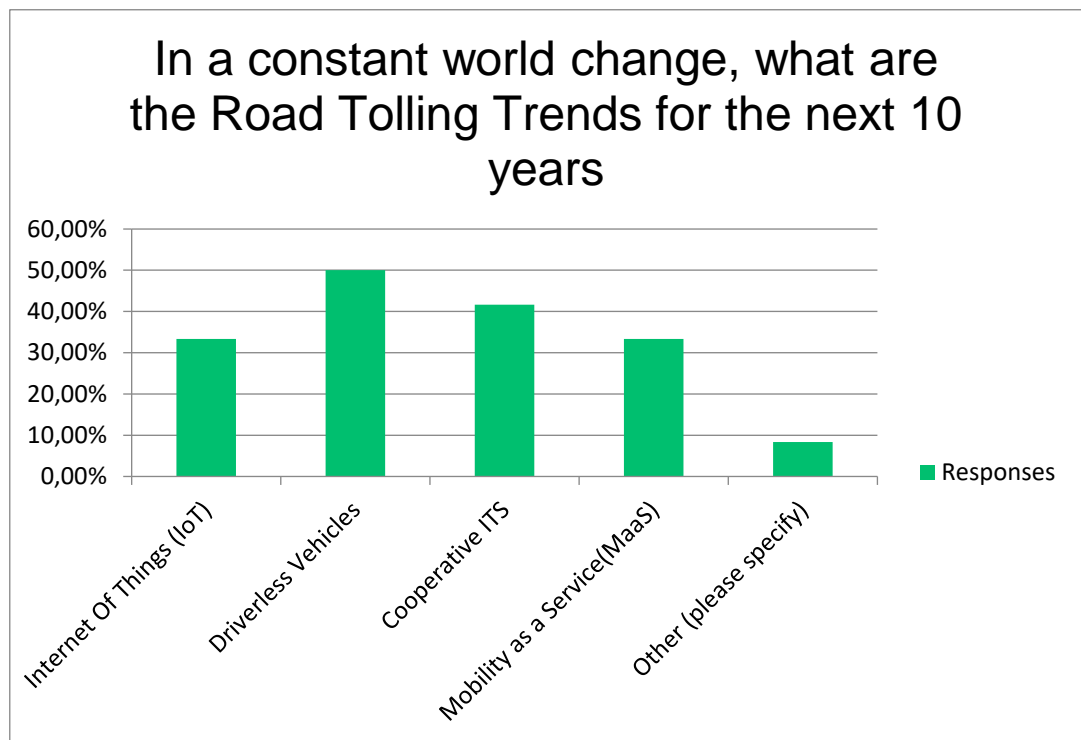
The Portuguese model for clearing transactions, provides a common framework (Provided by SIBS) to concessionaries, Parks and Restaurants for services such as Tolling and Parking (Via Verde), performing all operations for adding or replacement of the OBUs and the payment association to the OBU.

What you think regarding this model, how is related with previous question and can it be one of the solution to improve the constrains related to passage clearing?

<p>Odd:</p> <p>Passage clearing depends on a commercial agreement between toll service providers, and is normally established only when the number of 'roaming' users is high enough to justify the cost of establishing such arrangements.</p> <p>There are no technical obstacles to this as long as the technical interoperability between vehicle identification technologies exist.</p>	<p>Gino:</p> <p>There are two important points in how to address the constraints in the passage payment. The first one – that can be solved by the regulatory entities – is the system interoperation. Once there is a common interest that users for different roads pays to each other, the entities will come to a technology agreement to interoperate. The second point is more challenging to address; it is the user culture. Depending on the region/country the willing to spontaneously</p>
---	--

For ALPR / video charging schemes, the transaction clearing is also limited by the ability to reclaim money from vehicle owners based on the license plate of the vehicle. This is normally hard and/or expensive outside the country of the toll charger/service provider. Solving this depends on legal arrangements between countries rather than tolling agencies.

pay for a debt is not the first user option, what will make this interoperability agreement more difficult in terms of operation and enforcement.



Can you add any comment?

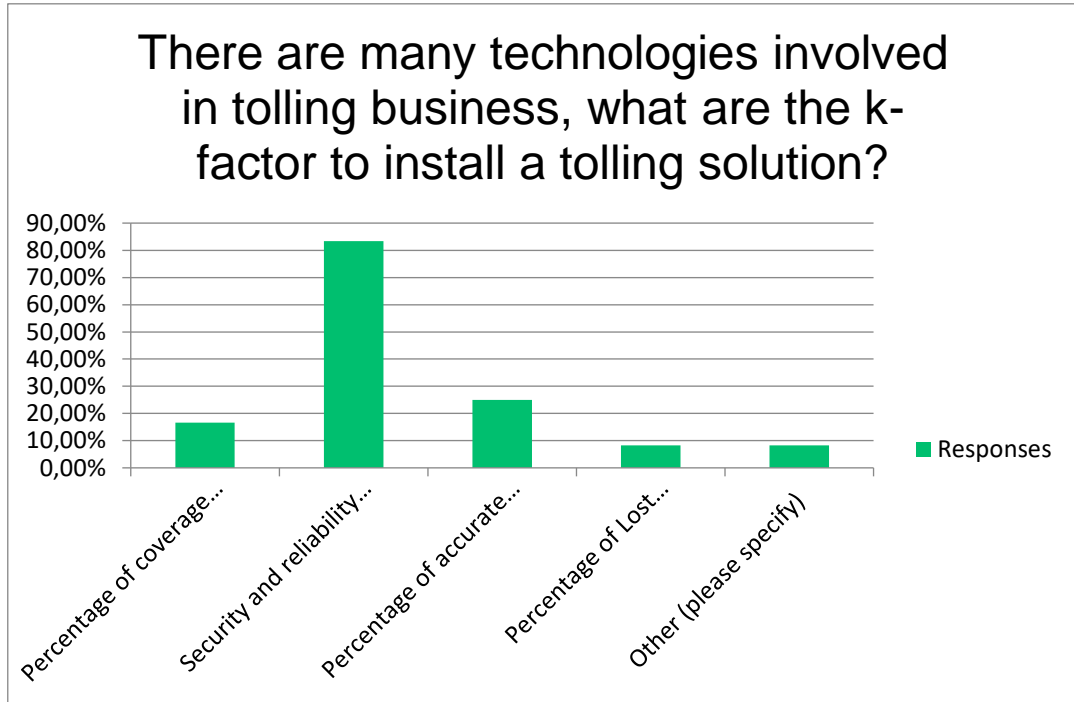
Odd:

I am not aware of any movements within the ITS industry that will change the fundamentals of road tolling from what is known today within the next 10 years.

Gino:

It is clear in the world market that the next generations are not willing to have something, they are looking for a way to use something. This said, there will be a

<p>Driverless vehicles may be solutions in some areas, as can MaaS solutions. Personally, I believe we will see more of the latter than the first.</p> <p>I do not believe any of these will impact the technologies or commercial arrangements within tolling in the coming decade.</p> <p>Cooperative ITS has been promoted for a long time, but has failed to gain widespread acceptance due to lack of commercial benefits over already existing technologies, e.g. DSRC or passive RFID. Regulatory changes (i.e. making C-ITS technologies mandatory) seem to be the only way of changing that. This may become reality in some markets within the next decade. If so, tolling technologies may change as a consequence of this</p>	<p>converging trend of MaaS, Cooperative ITS and IoT. These three points will grow together in order to fulfill the future generation to move from one point to the other in their daily life.</p>
---	--



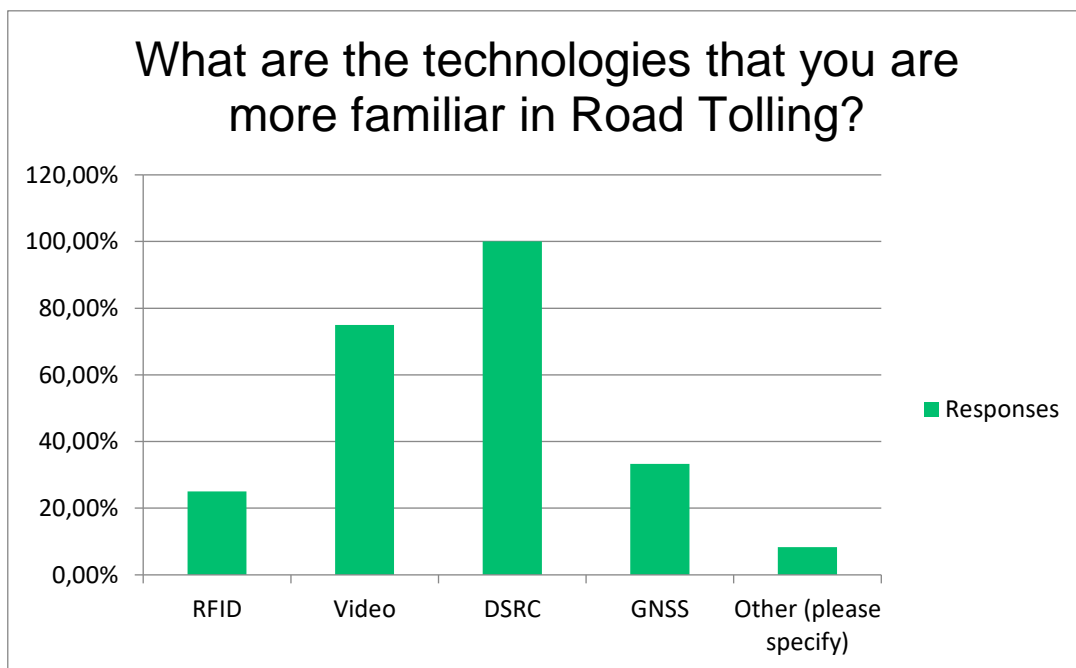
Do you Agree with the collected answers?

Odd:

Close enough

Gino:

Yes, I agree with the answers. The key factor of a Toll solution must be the capacity of correctly charge the user with all the available safety in the market. You have to correctly charge, otherwise it will be more expensive to correct it than the money you are making per transaction

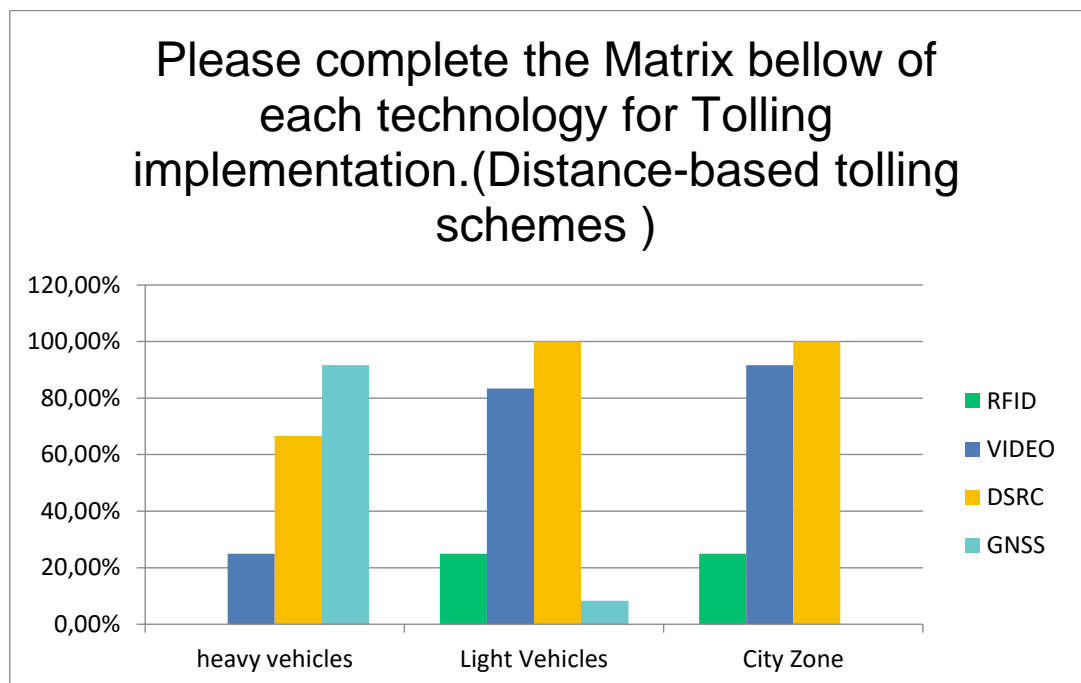


Do you agree that DSRC is the more complete technology?

What is your opinion?

Odd:	Gino:
<p>DSRC has the standards framework, the performance, the integration and the reliability.</p> <p>The same is the case with RFID in some cases (e.g. 18000-6C).</p> <p>GNSS OBUs depend on an enforcement interface which is currently in the EU based on the EN ISO/TS 12813 standards.</p> <p>Video tolling has no standards whatsoever except for within limited market domains. Not for the license plates, not for the camera technology, not for the recognition technology and not for the interoperability which is mainly non-existent between these systems.</p>	<p>In terms of technology the DSRC is the more complete one available. In countries that the technology choice is driven by transaction liability, road safety and standard it is widely used. The only upside is when the tech decision is oriented by the short-term costs. With this, the RFID tech is chosen over DSRC, but in long term the operational costs with cheaper technology indicates that it can become a problem for the future operators.</p>

Depending on the tolling scheme and the road topologies and traffic conditions that need to be supported, combined with the vehicle population that needs to be tolled (in essence that is part of the tolling scheme too), a good tolling system can be built based on any or almost any combination - of the above technologies



DSRC is well classified in all different schemes, can DSRC be a default and common technology for Tolling?

DSRC is well classified in all different schemes, can DSRC be a default and common technology for Tolling?

Odd:

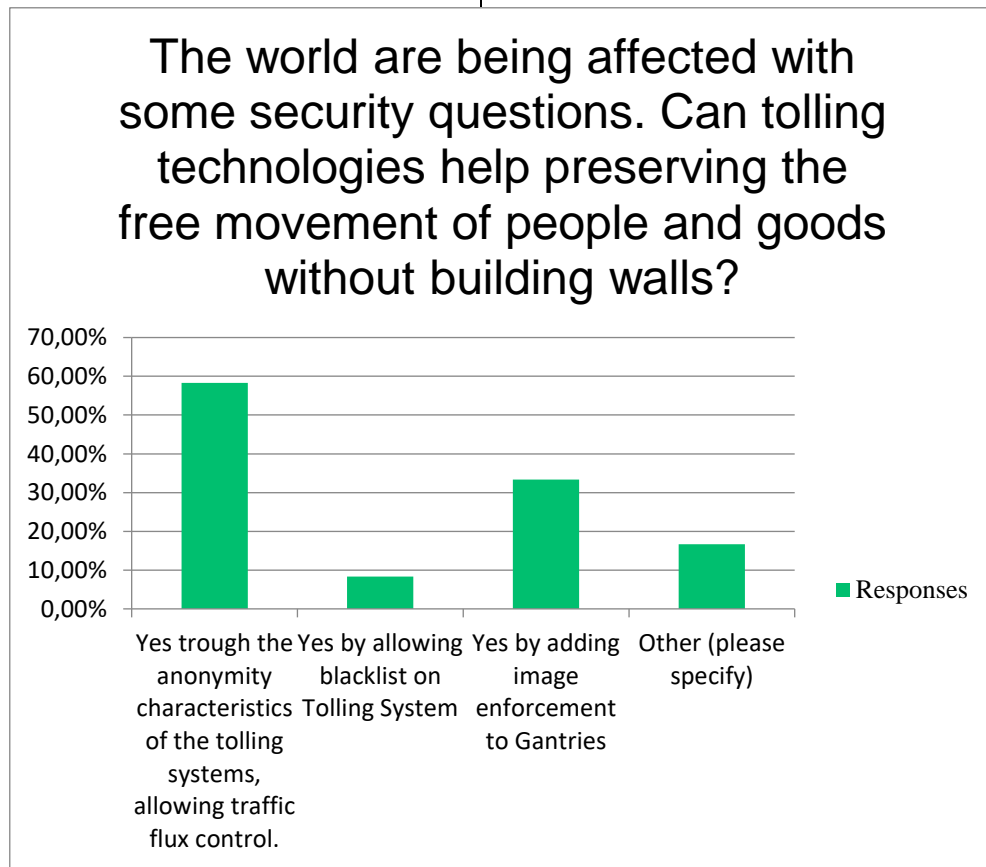
No. That would not make sense. If it did, we would see a universal convergence

Gino:

The DSRC had been used as a tooling technology for the last 20 years, it can

towards DSRC for all schemes. Which we do not

be considered as a default one for tolling, presenting in Europe, South America, Africa and Oceania



How can DSRC can contribute?

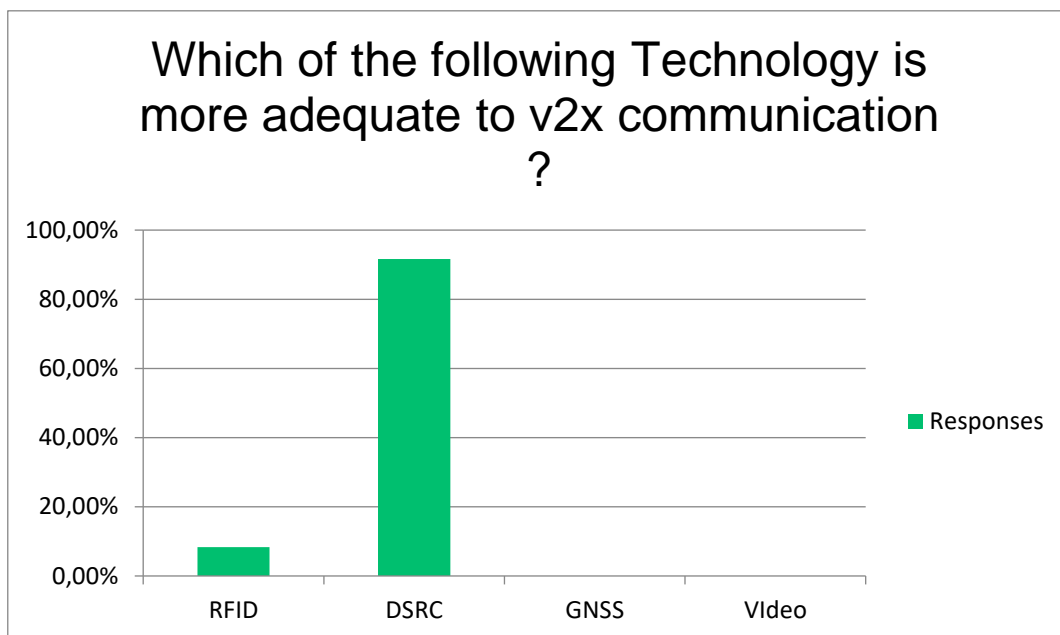
DSRC is well classified in all different schemes, can DSRC be a default and common technology for Tolling?

Odd:

I am not sure if this is a technical problem. And if it is not, no technology can contribute.

Gino:

As DSRC is an open standard it can contribute in spreading the technology in different countries that will interoperate with each other in terms of toll collection



How do you foreseen the implementation of DSRC and v2x in the future?

How can CEN DSRC 5.8Ghz help with this integration?

DSRC is well classified in all different schemes, can DSRC be a default and common technology for Tolling?

<p>Odd:</p> <p>. DEN DSRC 5.8Ghz technology is suited for vehicle to infrastructure communications based on a narrow set of information to be transmitted. The more generic vehicle-to-infrastructure or vehicle-to-vehicle communications are governed by other standards, of which none have gained widespread commercial acceptance yet.</p>	<p>Gino:</p> <p>The DSRC is widely used as a toll collection communication standard. This technology can be incorporated in all produced vehicles, instead of being installed one by one. With this standardization, the vehicles will be enabled to communicate to each other in the roads (V2V), with the infrastructure (V2I) and with the pedestrians (V2P), creating a network that will not depend on any infrastructure to operate.</p> <p>Gino. Once the CEN DSRC 5.8GHz is operation in millions of cars around the globe, this mass of usage could collaborate</p>
---	--

supplying data about spectrum usage near the point of reading, traffic behavior, fleet age and other data that will help the V2X standardization and application development.

Relativamente às entrevistas realizadas destaca-se o seguinte:

- O financiamento da estrada e a qualidade do serviço é o factor mais importante para instalação de um sistema tolling;
- Em relação às normas e interoperabilidade das diversas tecnologias, as interfaces são facilmente implementáveis, um sistema EETS complementa a interoperabilidade entre o GNSS e o DSRC, para isso é necessário que seja um requisito de negócio nomeadamente a nível comercial;
- O custo total do projecto deve servir de base para a implementar um sistema de tolling;
- O DSRC é o protocolo ideal já que tem uma framework compatível com as várias normas, elevada performance e robustez;
- A escolha do RFID é uma solução com custo inicial mais barato, mas os gastos no decorrer da operação podem significar a nível de projecto final um aumento significativo em relação a outras tecnologias;
- Os problemas em relação à cobrança de transacções electrónicas, apenas existem porque não há um interesse comum (dentro do universo Europeu) nem serviços comerciais que façam com que o PSP (Payment Service Provider) e os serviços financeiros tenham necessidade de criar uma framework comum tal como a Portuguesa de forma a efectuar o clearing destas transacções.

4.2. Resultados e contributo

Este conjunto de tópicos permite responder à necessidade de análise em futuros projectos de tolling nos quais a Q-Free pode sustentar-se para tomar uma posição positiva ou negativa.

Esta constatação deve-se ao conjunto de evidências, quer do inquérito, quer das entrevistas que identificamos e indicadas pelos colaboradores em sistemas de tolling já implementados, características de experiencias positivas e negativas.

Assim é útil considerar o conjunto de recomendações a seguir listado na implementação de novos projectos de sistemas de tolling electrónico no âmbito da actividade da Q-Free:

- Estudo prévio de implementação do local no sentido de verificar a disponibilidade dos recursos necessários para o projecto;
- Identificar todos os custos directos e indirectos que o projecto pode ter;
- Construção do modelo de tolling baseado preferencialmente no multilane free flow. Para isso é importante verificar a topologia do local. Em cidade por exemplo, a opção de apenas um pórtico será o mais adequado, já que tem menos pegada ambiental e potencialmente integra-se melhor na paisagem existente;
- Definição de arranque do projecto com cronograma devidamente desenhado;
- Gerir as datas de disponibilidade dos vários equipamentos nas alturas necessárias devidamente identificadas no cronograma;
- Definição das funções de acompanhamento do projecto, dos papéis e a sua correlação com os recursos e as datas definidas;
- Definição de testes de fábrica; aceitação e performance segundo o The European Electronic Toll Service(EETS);
- Implementação de regras de monitorização durante a implementação e nos períodos de Trial;
- Em cenários de mudança de tecnologia ou esquema de tolling, deverá haver uma sensibilização para a problemática que isso poderá levar junto dos utilizadores dada a sua experiencia com a tecnologia actual. O modelo, esquema e tecnologia podem neste sentido ser a melhor escolha. No entanto se

não houver essa sensibilização, poderá ser um bloqueio na implementação da mesma;

- Implementar medidas de hardening dos sistemas e serviços situados no ponto de cobrança e backoffice;

4.3. Validação da investigação

Dado o facto de haver uma amostra quantitativa de doze repostas, houve o cuidado de fazer uma abordagem mista garantindo que não só havia uma análise quantitativa, mas também qualitativa com o objectivo de cruzar informação.

Com efeito, à falta de possibilidade de triangular os dados, a análise qualitativa permite ter uma perspectiva positiva na valorização feita pelos resultados evidenciados do survey.

5. Conclusão

O trabalho realizado teve como objectivo o estudo das diversas tecnologias e problemáticas existentes nos pontos de cobrança electrónica, possíveis recomendações e opções futuras no mercado de Tolling. A grande diversidade tecnológica tem pontos positivos em relação à integração, mas outros menos positivos como a interoperabilidade entre as diversas tecnologias.

Um das principais preocupações é a de ter um sistema robusto e eficaz que permita rentabilizar o investimento na construção da infra-estrutura bem como da sua manutenção. O custo total do projecto (TCO) deve ser um dos principais factores a ter em consideração num projecto de tolling.

Tendo em consideração a comparação das tecnologias usadas como produto nas instalações de Tolling é possível identificar o DSRC como o protocolo que mais pontos positivos apresenta. É um protocolo usado há mais de 20 anos, mas continua a ser aquele que mostra uma latência bastante diminuta, uma performance e robustez difícil de igualar no sistema ETC.

Se olharmos para as tecnologias móveis, houve um pesquisa e tentativa de integração das mesmas em sistemas de segurança rodoviária e outras interações importantes v2c (veículo para veículo) e v2i (veículo para infra-estrutura), CALM (Communications access for land mobiles) e o IEEE 802.11p WAVE (wireless access in vehicular environments) nos Estados Unidos e ITS-G5 na Europa. Mas até ao momento não houve uma aceitação global destas

soluções. A união Europeia emitiu um documento estratégico em 2016 para se estreitar a cooperação a nível do C-ITS e implementar soluções a partir de 2019. No entanto, até à data não existiu uma movimentação clara nesse sentido.

“With technology rapidly evolving and the public and private sector investing substantial amounts into developing and testing C-ITS technologies, there is a risk that, without a framework at European level, EU-wide interoperability will not be achieved on time. This would put European industry at a disadvantage to its competitors and delay the deployment of C-ITS in Europe, and with it the multiple benefits for transport and society at large. This Communication presents an EU strategy for the coordinated deployment of C-ITS in order to avoid a fragmented internal market in the field of C-ITS and create synergies between different initiatives. It addresses the most critical issues, including cyber-security and data protection (both particularly important for public acceptance) and interoperability and recommends action at different levels to meet the 2019 target date. This Communication thereby constitutes an important milestone of an EU strategy on cooperative, connected and automated vehicles. “ (CE, 2016, p. 3)

O DSRC continua a ser a tecnologia State of the art e largamente aceite, com uma elevada maturação e massificação no mercado europeu, tem capacidade de ser a tecnologia padrão nos sistemas de tolling electrónico, exemplificada tanto no inquérito feito como nas entrevistas realizadas “*DSRC has the standards framework, the performance, the integration and the reliability.*”. Existem alguns condicionalismos para a sua implementação, nomeadamente na necessidade de enforcement. Por exemplo em Portugal o Modelo inicial de substituição das portagens virtuais era para ser totalmente electrónico. Esta medida foi, no entanto, vetada no parlamento Português por questões de privacidade. O motivo não deixa de ser interessante, hoje através de qualquer dispositivo móvel temos quase toda a nossa vida privada e publica exposta ao ponto por exemplo sermos alertados para o tempo que falta para chegar ao trabalho e casa. Não existe qualquer preocupação nesse aspecto. A introdução de sistemas de enforcement e de classificação de veículos aumentam significativamente o custo.

Todavia, optar exclusivamente por uma tecnologia pode ter aspectos negativos, teoricamente o TCO pode reduzir significativamente, mas a concentração numa só tecnologia pode por vezes resultar no seu inverso. Outras questões como a interoperabilidade são facilmente ultrapassáveis se houver vontade nesse aspecto. A existência de uma framework comum Europeia para o pagamento das transacções electrónicas seria um avanço importante

para uma melhor interacção com o utilizador, desta forma poderia viajar sem qualquer restrição ou impedimento ao passar por um sistema de cobrança electrónico, independentemente do País europeu que estivesse. Já há ou houve tentativas para o fazer, o Modelo Português é um exemplo disso, onde a SIBS oferece a framework para o pagamento das passagens electrónicas, associação de serviços parque, restauração, gasolina, bem como na compra e troca de OBU's. O REETS (REGIONAL EUROPEAN ELECTRONIC TOLL SERVICE) com base na decisão europeia 2009/750/EC é uma tentativa de melhorar também a interacção com o utilizador. O grande problema continua a ser muitas vezes a falta de fiscalização e validação os veículos além-fronteiras, o que faz com que exista perda de receita e que existam pessoas a tentar contornar os ETC.

“EETS shall provide means for Toll Chargers to easily and unambiguously detect whether a vehicle circulating on their toll domain and allegedly using EETS is actually equipped with a validated and properly functioning EETS OBE providing truthful information.” (CE, 2009, p. 268/22)

Não é espectável nenhuma alteração de fundo nas tecnologias actuais. É difícil substituir tecnologias como o DSRC, dado o seu excelente comportamento nos sistemas ETC bem como competir com o custo das tag passivas associado do RFID, ambas as tecnologias vão continuar a crescer em mercados distintos.

O GNSS poderá ter grandes melhorias com os satélites Galileu em pleno funcionamento, aliás existem já OBU híbridas com suporte de GNSS e DSRC, garantindo uma maior segurança ao sistema GNSS através do uso do DSRC e facilitar as soluções de tolling que cobrem uma grande distância.

Considerando todas as tecnologias:

O Vídeo é uma excelente opção em combinação com as outras tecnologias, pode ser usada em meios fechados como meio de cobrança electrónica, mas em meios interurbanos é muito influenciável às condições atmosféricas. Por um lado, dá-nos uma imagem real da passagem, por outro basta condições ambientais extremas para ficar com um registo de menor qualidade do veículo, depende também do estado da matrícula existente. Outro problema, tem

a ver com as matriculas estrangeiras ou manipulação das mesmas, a cobrança das transacções tornar-se-ia muito mais complicada de País para País e os gastos em BackOffice seriam bastante mais elevados.

O RFID é interessante se não existir um acompanhamento do TCO, pois vai permitir reduzir os custos iniciais de implementação devido ao baixo custo das Tags passivas (cêntimos). É muito apelativo o baixo custo, mas os problemas em free flow, interferências e capacidade de leitura correcta Charging point (CP) a Charging point torna a solução bem menos competitiva com o passar dos anos, bem como a necessidade de aumentar os pontos de cobrança intermédios para uma maior precisão da cobrança.

O GNSS caso o projecto Galileu entre em pleno funcionamento e caso os preços associados à OBU diminua, é aquele que mais poderá crescer dado o seu alcance na cobertura dos vários milhares de km das estradas, não depende de grandes infra-estruturas como pórticos, no entanto existe aspectos que o GNSS só por si não resolve além de ter algumas questões relativas à segurança e um aumento dos custos de BackOffice para assegurar a protecção de dados.

O DSRC por outro lado apesar de não ter a capacidade do GNSS em cobertura de rede, tem algumas vantagens uma delas é os sistemas do RSE serem distribuídos. Geralmente os dispositivos no Road Side são praticamente autónomos um dos outros, e com capacidade de armazenar dados durante alguns dias caso existam problemas no BackOffice. Em situação de catástrofe ou incidente o DSRC comporta-se praticamente como uma rede off-line, permitindo a continuidade do negócio (Business Continuity) e uma rápida reconstrução das infra-estruturas afectadas. Outro ponto importante é a possibilidade de o protocolo DSRC(5,9Ghz) dar um maior aproveitamento das infra-estruturas existentes permitindo uma comunicação V2X.

5.1. Limitações e dificuldades

Durante a pesquisa e investigação deparei-me com algumas limitações no acesso a alguns parâmetros das tecnologias existentes, nomeadamente a dados de performance e fiabilidade do sistema RFID. A nível do RFID é possível verificar que apesar dos principais players desta tecnologia argumentarem uma performance idêntica ao DSRC, a realidade mostrada em testes internos é bem diferente, sobretudo em distâncias inferiores a sete metros e capacidade de operar em free flow.

O mercado do tolling é um mercado bastante vasto e com bastantes projectos, essa abrangência faz com que exista dificuldades em criar benchmarks ou falar da temática. Como tal, foi necessário realizar uma análise quantitativa e qualitativa de modo a perceber as tendências e possíveis recomendações.

5.2. Trabalhos Futuros

Existem alguns pontos interessantes a serem explorados no mundo do Tolling, sendo dois deles mais óbvios:

Verificar o estado do C-ITS e acções futuras bem como o impacto e compatibilidade do protocolo 802.11p no espectro dos 5.9 GHz com as tecnologias actuais.

“ITS-G5 stations shall avoid to interfere with CEN DSRC, see Figure 3. Therefore, mitigation techniques are required for ITS-G5 stations”

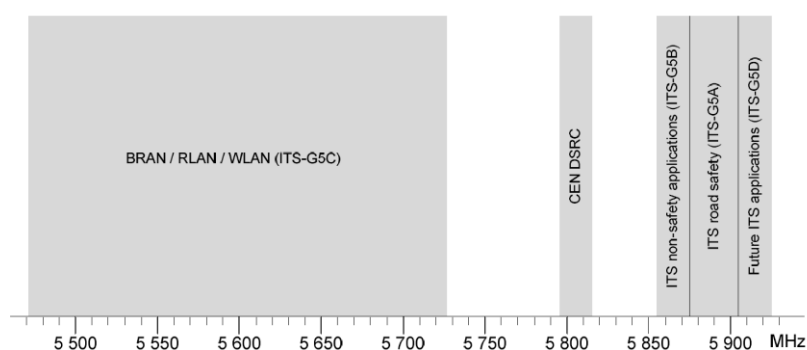


Figure 3: Channel allocation for the 5 GHz frequency range

-
- (ETSI EN 302 636-1, 2014, p. 12)

Dentro deste protocolo que permite o uso de aplicações de segurança activa e passiva nos veículos. Como será a reacção da industria automóvel?

Serão usados os dispositivos móveis para ajudar nesta comunicação, como será feita essa integração?

“In the next few years, most new vehicles are expected to integrate a wireless modem and use existing commercial cellular networks for the aforementioned use cases. The car is one of the most important “things” in the Internet of Things (IoT) ecosystem. It has some of the richest sets of use cases due to its unique and concurrent nature of applications that need both low latency and high bandwidth support, the highest levels of security, and the need to serve not only the driver, but the passenger, the environment, the automaker, the insurer, the fleet owner, and the shared mobility service provider simultaneously. The car is already driving the requirements for the next generation of wireless technologies.

The Opportunity

The automotive industry is going through an unprecedented transformation where the following conditions are happening concurrently:

cars are becoming carbon-emissions free with EV vehicles

shared mobility services are further reducing congestion and pollution

the definition of car-ownership is changing

automakers are committing to higher safety standards while road authorities are getting closer to the goal of zero-fatalities

the race towards automated driving is heating up across the industry” (Qualcomm, 2016)

Explorar a aplicação do modelo REETS (Regional European Electronic Toll Service) e as vantagens da sua aplicação.

A nível de decisão política será possível uma maior cooperação além-fronteiras, não só para infractores, mas também para um maior controlo no fluxo de veículos e respectivo controlo entre países aproveitando as infra-estruturas já existentes e o facto dos sistemas de ETC serem bastante anónimos, permitindo um rasto e monitorização dos padrões migratórios via estrada sem comprometer a segurança nem criar barreiras. Por exemplo, nos modelos Multilane Free Flow, quer em Portugal quer em Espanha na zona de Gipuzkoa cada ponto de cobrança tem sistemas de vídeo, DSRC e laser. Existe um potencial que não está a ser utilizado para um maior controlo de cada passagem.

6. Bibliografia

- 4icom, S. D. (2015). *Study on “State of the Art of Electronic Road Tolling”*. European Commission. Obtido em 02 de 10 de 2016, de https://ec.europa.eu/transport/sites/transport/files/modes/road/road_charging/doc/study-electronic-road-tolling.pdf
- Alaia, M., Becker, D. J., Bernard, A. F., Heckmann, D. C., Kinney, S. E., Meakem, G. T., . . . Stevens, R. G. (1999). *Method and system for handling disruptions in the management of electronic auctions*. Obtido em 7 de 12 de 2017, de <http://freepatentsonline.com/6223167.html>
- Andrews, E. (2014). Retrieved 2016, from History.com: <http://www.history.com/news/history-lists/8-ways-roads-helped-rome-rule-the-ancient-world>
- Andrews, E. (2014). Retrieved from History.com: <http://www.history.com/news/history-lists/8-ways-roads-helped-rome-rule-the-ancient-world>
- Arnott, R. (2001). *The Economy Theory of Urban Traffic Congestion: A Microscopic Research agenda*. Boston: Boston College Department of Economics. Obtido de Boston College Department of Economics: https://mitpress.mit.edu/sites/default/files/titles/content/9780262012195_sch_0001.pdf
- CE. (13 de 10 de 2009). COMMISSION DECISION of 6 October 2009 on the definition of the European Electronic Toll Service and its technical elements. *Official Journal of the European Union* , 11-29. Obtido em 20 de 11 de 2016, de <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32009D0750&from=EN>
- CE. (2016). *A European strategy on Cooperative Intelligent Transport Systems, a milestone towards cooperative, connected and automated mobility*. Retrieved 01 10, 2016, from https://ec.europa.eu/transport/sites/transport/files/com20160766_en.pdf
- CE. (2016). *C-ITS Platform*. Obtido em 20 de 01 de 2016, de <https://ec.europa.eu/transport/sites/transport/files/themes/its/doc/c-its-platform-final-report-january-2016.pdf>
- CEE. (1965). DECISÃO DO CONSELHO de 13 de Maio de 1965 que aplica o artigo 4º da Decisão nº 64 /389 /CEE do Conselho , de 22 de Junho de 1964, relativa à organização de um inquérito sobre os custos das infra-estruturas que servem os transportes ferroviários, rodoviários. *Jornal Oficial das Comunidades Europeias*, 64-90.

- CEN. (09 de 2004). Road transport and traffic telematics - Electronic fee collection - Application interface definition for dedicated short-range communication (ISO 14906:2004).
- CEN. (05 de 2007). Road transport and traffic telematics - Electronic fee collection - Interoperability application profile for DSRC.
- Cooper, A. (29 de 08 de 2015). Bridges, Law and Power in Medieval England, 700-1400.
- Detlefsen, W., & Wilhelm, G. (09 de 1997). Interoperable 5.8 GHz DSRC Systems as Basis for Europeanwide ETC Implementation. IEEE.
- Dyck, L. H. (20 de 06 de 2016). The Sack of Rome by the Gauls, 390 BCE. *Ancient History Enciclopedia*. Obtido de <https://www.ancient.eu/article/910/the-sack-of-rome-by-the-gauls-390-bce/>
- EC. (2004, 04 30). Corrigendum to Directive 2004/52/EC of the European Parliament and of the Council of 29 April 2004 on the interoperability of electronic road toll systems in the Community. *Official Journal of the European Union*, 50-57. Retrieved from <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2004:200:0050:0057:EN:PDF>
- ETSI EN 302 636-1. (2014, 11). Intelligent Transport Systems (ITS); Access layer specification for Intelligent Transport Systems operating in the 5 GHz frequency band . (1.2.1).
- European Commision. (2011). *The European Electronic Toll Service (EETS) guide For The Application Of The Directive On The Interoperability Of Electronic Road Toll Systems*. Obtido em 04 de 10 de 2016, de https://ec.europa.eu/transport/sites/transport/files/media/publications/doc/2011-eets-european-electronic-toll-service_en.pdf
- European GNSS Agency. (2015). GNSS ADOPTION FOR ROAD USER CHARGING IN EUROPE. Obtido de <https://www.gsa.europa.eu/system/files/documents/ruc-brochure.pdf>
- EUROPEAN GNSS AGENCY. (May de 2015). TECHNICAL ANALYSIS OF NEW PARADIGMS INCREASING EGNSS ACCURACY AND ROBUSTNESS IN VEHICLES. Obtido de https://www.gsa.europa.eu/sites/default/files/calls_for_proposals/Annex%201.pdf
- Expert Group 11. (2006). *Definition of the EFC Application for the EETS Based on Microwave Technologies*. Working to support the European Commission on the work on Directive 2004/52/EC, European Union. Obtido em 05 de 12 de 2016, de

- https://ec.europa.eu/transport/sites/transport/files/themes/its/studies/doc/eg11_dsrbased_eets_application.pdf
- Furnes, P., Ruja, S., & Voss, S. (2011). *Electronic Toll Collection Technologies for Road Pricing*. Obtido de *Electronic Toll Collection Technologies for Road Pricing*.
- Gipuzkoa. (2016). El sistema de peaje AT descongestionará el tráfico de la N-1 y garantizará su mantenimiento con las aportaciones de los camioneros foráneos. Obtido de <http://www.gipuzkoa.eus/es/-/at-bidesari-sistemak-n-1eko-trafikoa-arindu-etakanpoko-kamioilarien-ekarpenarekin-bere-mantenua-bermatuko-duk>
- Gonçalves, J. (s.d.). VVP Interface Specification CS – RSE. 8.5.1, 69.
- Hammer, N. (2017). Evaluation of a UHF RFID system for livestock. Hohenheim.
- IBBTA. (2014). Obtido em 10 de 11 de 2016, de <http://ibtta.org/content/2014-global-summit-innovations-technologies-sustainable-mobility-environment-and-road-safety>
- IBBTA. (2016). *Toll Technology Transforms Mobility for Customers: A National Toll Technology Survey*.
- Infraestruturas de Portugal. (06 de 2016). *Rede Rodoviária*. Obtido em 10 de 01 de 2017, de Infraestruturas de Portugal: <http://www.infraestruturasdeportugal.pt/rede/rodoviaria>
- Laffont, J.-J. (1996). *William Vickrey: A Pioneer in the Economics of Incentives*. Obtido em 7 de 12 de 2017, de https://ideas.repec.org/p/ris/nobelp/1996_002.html
- MarketsandMarkets. (2014). *Report Market: By Products, Technology, Applications & Geography- By Products (AVI, AVC, VES, Back office & Integration), Technology (RFID, DRSC, Video Analytics, & GNSS), Applications (Highway, & Urban), & Geography – Analysis & Forecast (2013-2020)*. Market sand Markets.
- Mortimer, K. (04 de 2015). The State Of Europe (with reference to RUC). Portland, US.
- Q-Free. (1995). *Q-Free's History*. Obtido de Q-Free: <https://www.q-free.com/about-us/q-frees-history/>
- Q-Free. (2017). Q-FREE – TAG ORDERS IN FRANCE.
- Qualcomm. (2016). *Qualcomm OnQ Blog*. Retrieved from <https://www.qualcomm.com/news/onq/2016/11/23/dsrc80211p-or-cellular-qualcomm-technologies-can-bring-direct-v2x-communications>
- RDW. (2012). *EReg*. Obtido em 1 de 10 de 2016, de Association of European Vehicle and Driver Registration Authorities (EReg).: <https://www.ereg-association.eu/media/1213/roadpricing-in-europe-second-version-2012.pdf>

- REETS. (s.d.). *Regional European Eletronic Toll Service*. Obtido em 20 de 02 de 2017, de <http://www.reets.eu>
- Ricardo-AEA. (s.d.). *Evaluation of the implementation and effects of EU infrastructure charging policy since 1995*. Report for the European Commission. Obtido em 10 de 10 de 2016, de <http://ec.europa.eu/smart-regulation/evaluation/search/download.do?documentId=10296156>
- Richard Arnott, A. B. (Ed.). (1994). *Public Economics; Selected Papers by William Vickrey*. Cambridge University Press. Obtido em 7 de 12 de 2017
- SIEV. (s.d.). OBU Technical Specification. 1.0. Obtido em 11 de 2016, de http://www.imt-ip.pt/sites/IMTT/Portugues/InfraestruturasRodoviaras/SistemadeIdentificacaoEletronicadeVeiculos/Documents/OBU_Technical_Specification_v1_0_07_10_2010.pdf
- Smiley, S. (2016, 05 20). UHF RFID Tag Communications: Protocols and Standards. *RFID Insider*. Retrieved 10 01, 2016, from <http://blog.atlasrfidstore.com/uhf-rfid-tag-communications-protocols-standards>
- Soutinho, P. (Ed.). (s.d.). Obtido em 01 de 11 de 2016, de <http://www.viasromanas.pt/>
- Standal, Ø. (2014). *Road User Charging, An Overview of the market technology applications & products*. Q-Free.
- Standal, Ø. (s.d.). *RFID TOLLING TECHNOLOGY OVERVIEW*. Q-Free, Product Manager Communication Systems.
- TED, U. (2017). Tenders Eletronic Daily. *TED*. Obtido de <http://ted.europa.eu/udl?uri=TED:NOTICE:361992-2017:TEXT:PT:HTML&tabId=0>
- Vickrey, W. (1997). Public Economics: Selected Papers by William Vickrey. In W. Vickrey, A. Richard, A. Anthony, A. Kenneth , & D. Jacques (Eds.). Cambridge University Press.
- Vickrey, W. (s.d.). Principles of Efficient Congestion Pricing. Obtido de <http://www.vtpi.org/vickrey.htm>

Apêndices

Dados sobre o inquérito realizado.

A Survey realizada teve 12 respostas completas e teve a seguinte distribuição geográfica:

Company:	City/Town:	Country:
Q-Free	Madrid	Spain
Q-Free	Lisbon	Portugal
Q-Free	Santiago	Chile
Q-Free	Porto	Portugal
Q-Free	Trondheim	Norway
Q-Free	Trondheim	Norway
Q-Free Chile	Santiago	Chile
Q-Free	Trondheim	Norway
Q-Free ASA	Trondheim	Norway
Q-Free	Lisboa	Portugal

Duas localizações foram omitidas for não terem sido preenchidas

A qualificação dos inquiridos neste Inquérito divide-se entre pessoal técnico e não técnico:

Background		
Answer Choices	Responses	
Tecnhical	72,73%	8
Non-Tecnhical	27,27%	3
Other (please specify)	0,00%	0
	Skipped	1

O inquérito foi realizado através da aplicação Survey Monkey encontra-se disponível em:

<https://www.surveymonkey.net/results/SM-FF368DSV8/>