



Licenciatura em Sistemas e Tecnologias de Informação

## **Soluções de Interoperabilidade VoIP no SEF**

Projeto Final de Licenciatura

Elaborado por Carlos Alberto Pereira Dias Rodrigues

Discente N° 20141908

Orientador Professor Doutor Alexandre Humberto dos Santos Barão

Barcarena

Novembro de 2017



Universidade Atlântica

Licenciatura em Sistemas e Tecnologias de Informação

## **Soluções de Interoperabilidade VoIP no SEF**

Projeto Final de Licenciatura

Elaborado por Carlos Alberto Pereira Dias Rodrigues

Discente N° 20141908

Orientador Professor Doutor Alexandre Humberto dos Santos Barão

Barcarena

Novembro de 2017



O autor é o único responsável pelas ideias expressas neste documento.



## Agradecimentos

A todos os meus colegas da universidade Atlântica que me ajudaram nesta caminhada de três anos assim como a todos os professores que foram peça fundamental a ultrapassar as várias etapas neste percurso académico.

Ao Professor Doutor Alexandre Barão pela sua disponibilidade, orientação e dedicação na elaboração deste trabalho.

Aos meus colegas de trabalho os quais partilham conhecimento comigo e me ajudam no dia a dia a ultrapassar as várias barreiras, em especial ao meu colega Pedro Sousa.

À minha família, em especial a minha mãe que onde quer que esteja estará muito orgulhosa por mais uma etapa concluída.

A todos aqueles que despenderam dias, horas, ou apenas segundos, a partilhar o conhecimento e a experiência construída e solidificada durante anos, ou apenas a partilhar palavras de conforto e animo, a todos obrigado.

*“Não procures o erro encontra a solução”*

*Henry Ford*

## **Lista de Abreviaturas e Siglas**

ATA – Analog Telephone Adapter

CUCM – Cisco Unified Communication Manager

IP – Internet Protocol

ISP – Internet Service Provider

PBX – Private Branch eXchange

PSTN – Public Switched Telephone Network

RTCP – Real-time Transport Control Protocol

RTP – Real-time Transport Protocol

SEF – Serviço de Estrangeiros e Fronteiras

SIP – Session Initiation Protocol

TCP – Transmission Control Protocol

UDP – User Datagram Protocol

VoIP – Voice over IP



## Resumo

O VoIP é uma tecnologia que tem estado em franca expansão nos últimos anos tanto a nível empresarial como a nível doméstico devido ao baixo custo que esta apresenta. É um serviço que, através da internet, permite efetuar chamadas de voz e vídeo, efetuar conferências e enviar mensagens.

A alta utilização não se fica só pelo seu baixo custo, mas também por apresentar uma maior diversidade de serviços tanto a nível quantitativo como qualitativo promovendo de certa forma a interoperabilidade entre os vários serviços.

Desta forma, o presente trabalho numa primeira fase pretende dar a conhecer o que é a tecnologia VoIP, como funciona, em que protocolos se apoia, que tipo de comunicações estabelece e as vantagens e desvantagens da sua implementação.

A seguir numa fase posterior analisa-se uma metodologia de estudo de caso, abordando a implementação do VoIP no SEF, numa perspetiva de interoperabilidade e de redução de custos atendendo as melhores opções que existem no mercado em termos de tecnologia VoIP inerente as necessidades do SEF. Numa primeira fase mostra-se o que já se encontra implementado a nível de VoIP com sistema proprietário da CISCO CUCM e de seguida, e por necessidades de contenção de custos mostra-se para onde se pretende evoluir.

Para demonstrar essa evolução, que em muito se traduziu pela necessidade de contenção, levou este trabalho para outro patamar que é a interoperabilidade entre sistemas proprietários e não proprietários e através de protocolo SIP agilizar e operacionalizar toda a estrutura VoIP de forma a que esta esteja operacional sem perder qualidade de serviço.

Tendo em conta do sucesso desta integração entre vários sistemas é intenção que esta seja implementada no resto dos locais remotos que estão em falta já que para além da vantagem desta interoperabilidade à uma necessidade de reduzir custos que é um fator inerente a implementação do VoIP.

Palavras-chaves: VoIP, Interoperabilidade, PBX, SIP Trunk, SEF

.

## Abstract

VoIP is a technology that has been booming in recent years both at the corporate level and at home because of the low cost it presents. It is a service that, through the internet, allows you to make voice and video calls, make conferences and send messages.

The high utilization is not only for its low cost, but also for presenting a greater diversity of services both quantitatively and qualitatively, promoting in a certain way the interoperability between the various services.

In this way, the present work, in a first phase, aims to make known what is VoIP technology, how it works, what protocols it supports, what kind of communications it establishes, and the advantages and disadvantages of its implementation.

Later, a case study methodology is analyzed, addressing the implementation of VoIP in the SEF, with a perspective of interoperability and cost reduction, taking into account the best options available in the market in terms of VoIP technology inherent to the needs of the SEF. In a first phase it shows what is already implemented in VoIP level with proprietary system of Cisco CUCM and then, and by needs of containment of costs shows where to evolve.

In order to demonstrate this evolution, which in a great way was translated by the necessity of contention, it took this work to another level that is the interoperability between proprietary and non-proprietary systems and through SIP protocol to streamline and operationalize the entire VoIP structure so that it is operational without losing quality of service.

Taking into account the success of this integration between several systems is intended to be implemented in the rest of remote locations that are missing since in addition to the advantage of this interoperability to a need to reduce costs is an inherent factor in the implementation of VoIP.

Keywords: VoIP, Interoperability, PBX SIP Trunk, SEF.



## Índice

<b>Agradecimentos</b> .....	iii
<b>Lista de Abreviaturas e Siglas</b> .....	v
<b>Resumo</b> .....	vii
<b>Abstract</b> .....	ix
<b>Índice de Figuras</b> .....	xiii
<b>Índice de Tabelas</b> .....	xiii
<b>1. Introdução</b> .....	1
<b>1.1. Contexto</b> .....	1
<b>1.2. Objetivos</b> .....	2
<b>1.3. Método de Investigação</b> .....	3
<b>1.4. Estrutura do Documento</b> .....	3
<b>2. Fundamentação teórica</b> .....	5
<b>2.1. O que é o VOIP</b> .....	5
<b>2.2. Como funciona?</b> .....	5
<b>2.3. Protocolos</b> .....	6
<b>2.4. Tipos de comunicação</b> .....	9
<b>2.5. Codecs</b> .....	12
<b>2.6. Vantagens</b> .....	13
<b>2.7. Desvantagens</b> .....	14
<b>3. Caso de Estudo</b> .....	15
<b>3.1. Principais Desafios</b> .....	15
<b>3.2. Tecnologia existente</b> .....	16
<b>3.3. Escalabilidade evolutiva do sistema</b> .....	18
<b>3.4. Soluções para Interoperabilidade</b> .....	19
<b>3.4.1. Soluções Open Source</b> .....	19
<b>3.4.2. Soluções de software proprietário</b> .....	19

<b>4. Solução Integrada</b> .....	21
<b>4.1. Configurações Base</b> .....	22
<b>5. Conclusões</b> .....	25
<b>6. Bibliografia</b> .....	27

## Índice de Figuras

Figura 1 – Cloud Consumer .....	6
Figura 2 – SIP .....	8
Figura 3 – VoIP entre computadores .....	9
Figura 4 – VoIP entre telefones IP .....	10
Figura 5 – VoIP entre computador e telefone comum .....	10
Figura 6 – VoIP entre telefones comuns .....	12
Figura 7 – Implementação VoIP –atual SEF – Sede .....	17
Figura 8 – Implementação VoIP –atual SEF - Direção/Delegação Regional.....	17
Figura 9 – Implementação VoIP – Futuro SEF .....	18
Figura 10 – Solução Integrada de Interoperabilidade.....	21
Figura 11 – Configuração SIP Trunk no gateway .....	22
Figura 12 – Configuração Dial Rules no gateway.....	23
Figura 13 – Configuração SIP Trunk no Cisco CUCM (ligação ao gateway) .....	23
Figura 14 – Configuração SIP Trunk na ASTRA (ligação ao gateway) .....	24
Figura 15 – Configuração SIP Trunk Skype for Business .....	24

## Índice de Tabelas

Tabela 1 – Comparação entre protocolos VoIP.....	8
--	---



## 1. Introdução

Este capítulo subdivide-se em quatro secções, em concreto: o contexto, os objetivos, o método e a estrutura do documento. No contexto pretende-se enquadrar o leitor naquilo que é o tema principal do trabalho que é a telefonia sobre IP.

De seguida nos objetivos aborda-se o foco deste trabalho que é a vantagem de uma implementação do VoIP.

No que diz respeito ao método, a opção recaiu sobre um caso de estudo da interoperabilidade do VoIP no SEF.

Por último apresenta-se a estrutura do documento que resume o que cada capítulo aborda neste trabalho.

### 1.1. Contexto

Os sistemas de VoIP (Voice Over IP) são cada vez mais utilizados, essencialmente pela possibilidade de comunicação utilizando as infraestruturas de dados das empresas, o que contribui para a diminuição dos custos de equipamentos e infraestruturas locais, mas também, pela possibilidade de utilização das redes IP na comunicação das organizações para o exterior, contribuindo assim para a diminuição de custos.

Porém ainda não se tirou todo o partido possível da capacidade de redução de custos de chamadas de voz.

Quando interligadas à rede pública, os custos de comunicações continuam a ser elevados. O surgimento nos últimos anos de soluções de comunicação a baixo custo, do qual o Skype é um exemplo, conseguindo preços muito interessantes sobretudo para chamadas a nível internacional, permite considerar as vantagens de utilizar estes novos meios de comunicação, integrados a centrais VOIP, com o objetivo de diminuir ainda mais os custos de comunicação.

O contexto do caso de estudo é o SEF.

O Serviço de Estrangeiros e Fronteiras, abreviadamente designado por SEF, é um serviço de segurança, organizado hierarquicamente na dependência do Ministro da Administração Interna, com autonomia administrativa e que, no quadro da política de segurança interna, tem por objetivos fundamentais controlar a circulação de pessoas nas fronteiras, a permanência e

atividades de estrangeiros em território nacional, bem como estudar, promover, coordenar e executar as medidas e ações relacionadas com aquelas atividades e com os movimentos migratórios. (SEF, 2016)

## 1.2. Objetivos

O objetivo principal deste trabalho assenta no estudo para a melhor forma de adoção de uma metodologia, abordando a implementação do VoIP no SEF, em consonância com 7 benefícios do VoIP identificados, a saber:

- **Qualidade** – as chamadas realizadas através de uma linha VoIP oferecem aos utilizadores uma maior qualidade em comparação com os sistemas analógicos (é possível desfrutar de áudio em qualidade HD, redução de ruídos, chiados e interferências);
- **Mais Recursos** – é possível reencaminhar chamadas, partilhar dados com outros utilizadores, gravar chamadas, detetar linhas ocupadas, iniciar e participar de videoconferências de excelente qualidade, entre outros;
- **Mobilidade** – desde que exista ligação à Internet é possível ligar de qualquer ponto do mundo através do smartphone, portátil, computador ou tablet;
- **Interoperabilidade** – capacidade de transferir e utilizar informações de maneira uniforme e eficiente entre vários sistemas de voz.
- **Redução de Custos** – o investimento necessário para instalar um sistema VoIP é realmente baixo em comparação com todos os recursos e benefícios que a solução oferece. A redução de custos é garantida não apenas na instalação, mas também nos planos mensais e nas tarifas de comunicações que são muito mais baixas;
- **Serviços Integrados** – não permite apenas o envio e a receção de áudio, mas também de vídeo e dados. Assim, une serviços como telefonia, videoconferência, fax, acesso remoto e aplicações de dados, incrementando assim a produtividade da Organização;
- **Segurança** – é incrementada segurança na comunicação, tendo em conta que é muito mais difícil intercetar uma chamada VoIP do que uma chamada analógica.

### **1.3. Método de Investigação**

Na expectativa de implementar a melhor solução para o caso de estudo, visto que se trata de um cenário num contexto real a abordagem adotada para este trabalho será o método estudo de caso, por ser uma aplicação prática de um trabalho é o método que melhor se adapta. Tratando-se de um trabalho de campo que o investigador faça observação, emita juízos de valor e que analise. Na investigação qualitativa, é essencial que a capacidade interpretativa do investigador nunca perca o contacto com o desenvolvimento do acontecimento.

### **1.4. Estrutura do Documento**

Este documento é composto por quatro capítulos sendo que no presente capítulo é apresentado o contexto, os objetivos bem como o método de investigação que leva a elaboração deste trabalho.

No capítulo 2 é apresentada a fundamentação teórica do que é o VoIP, como funciona, os seus protocolos, a forma como comunicam os sistemas VoIP, os codecs e as vantagens e desvantagens.

No capítulo 3 vai-se ao encontro do caso de estudo deste trabalho que se centra na aplicabilidade do VoIP no SEF ora seja com sistemas proprietários ou sistemas open source.

No capítulo 4 a abordagem passa pela prova da interoperabilidade entre os vários sistemas sejam eles proprietários ou não proprietários.

No capítulo 5 apresenta-se a conclusão preliminar onde é abordado um prisma importante da implementação do VoIP, em função da interoperabilidade e dos respetivos custos.



## 2. Fundamentação teórica

Este capítulo pretende focar os principais aspetos teóricos do que é o VoIP. Aborda o seu conceito, a tecnologia em que assenta o seu funcionamento com base em redes IP e protocolos, passando pelos vários tipos de comunicações existentes suportado pelos codecs, que são responsáveis pela descodificação e codificação de dados analógicos (voz humana) e digitais (bits), assim como nas suas vantagens e desvantagens.

### 2.1. O que é o VOIP

O termo VoIP, que significa Voice over Internet Protocol, em português Voz sobre IP, corresponde à possibilidade de efetuar chamadas de voz e ou de vídeo através da Internet. Esta tecnologia consiste na conversão de um sinal de voz analógico num conjunto de sinais digitais, que posteriormente são enviados através da Internet (preferencialmente através de banda larga, uma vez que é mais rápida).

Apesar desta tecnologia não ser totalmente nova, o seu mercado está a crescer exponencialmente, sendo que as operadoras começam, cada vez mais, a oferecer equipamentos e serviços para a utilização destas chamadas, com diversos benefícios, entre os quais a redução de custos.

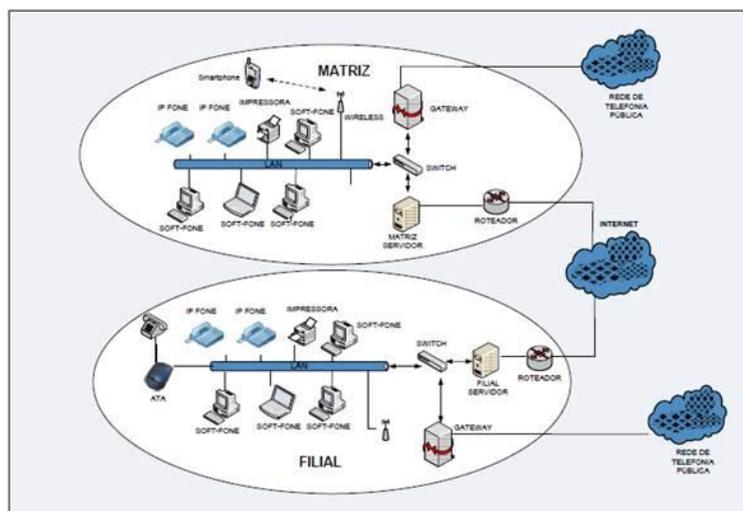
Ainda que a tecnologia VoIP seja mais utilizada para fazer chamadas de voz e até de vídeo, estende-se a outros canais de comunicação, como é o caso do fax, do correio eletrónico e até de partilha de mensagens instantâneas. (COLCHER et al., 2005)

### 2.2. Como funciona?

Segundo Balbinot et al. (2003), a tecnologia VoIP é um conjunto de protocolos que permite que o tráfego de voz seja transportado em redes IP. A voz é submetida a protocolos de codificação e decodificação (codecs) que definem como os sinais de voz são digitalizados.

Uma vez que está em forma digital, é introduzida em pacotes de dados e enviada através das redes IP, utilizando protocolos de transporte como o UDP e RTP (Real Time Transport Protocol). Quando chegam ao destinatário, esses pacotes são reordenados e reconvertidos para a forma analógica.

São definidos protocolos de controlo e de gestão para oferecer a sinalização e a funcionalidade da rede.



Fonte: Teleco  
Figura 1 – Cloud Consumer

### 2.3. Protocolos

Qualquer que seja a tecnologia, existe um ponto importante em todas elas, que são os protocolos. O VoIP assenta num conjunto de protocolos de comunicação de voz e dados. Pode-se dizer ainda que esses protocolos se dividem em protocolos de sinalização, que estabelecem as chamadas entre terminais e de transporte, responsável pelo encaminhamento de pacotes ponto a ponto. (Teleco, 2016)

Nos protocolos de sinalização, destacam-se o H.323 e o SIP (Session Initiation Protocol) e nos de transporte o RTP (Real Time Transport Protocol) e o RTCP (Real Time Control Protocol).

Importa por isso dar destaque aos dois seguintes principais protocolos de sinalização:

- **H.323**

O H.323 é um conjunto de padrões da ITU-T que define um conjunto de protocolos para o fornecimento de comunicação de áudio e vídeo numa rede de computadores.

É um protocolo que os equipamentos mais antigos do VoIP utilizam e que tem vindo a ser substituído pelo SIP por ser menos complexo e semelhante aos protocolos HTTP e SMTP. Neste protocolo pode-se ainda definir quatro componentes:

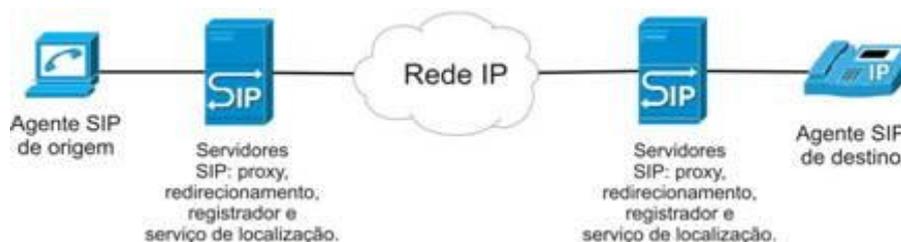
- **Endpoints:** são terminais clientes de rede onde tem origem ou destino os pacotes de informação em tempo real. O H.323 é que determina quais os padrões de codificação para captura e apresentação de multimédia aos quais os terminais devem dar suporte; (Simone Harff et al, 2008);
  - **Gateways:** São usados quando na comunicação onde existem terminais de diferentes tipos de rede. Um gateway efetua a conversão e a tradução de diferentes tipos de sinal. São eles que garantem a interoperabilidade entre terminais H.323 e o sinal de telefonia da rede analógica para a digital; (Simone Harff et al, 2008)
  - **Gatekeepers:** pode-se dizer que é um gateway de gestão por sua vez o mais importante componente do H.323. Permite uma gestão centralizada de todos os registos e a admissão de chamadas para os terminais já registados, é também responsável pela conversão dos nomes dos terminais de rede e gateways para os endereços IP e ainda faz a gestão da largura de banda. Também faz de router de mensagens de sinalização e controlo; (Teleco, 2016)
  - **MCU:** permite que sejam efetuadas conferências entre três ou mais terminais.
- **SIP**

O SIP foi padronizado pela IETF e é descrito na Request for Comments (RFC) 3261. O SIP é um módulo projetado para interagir bem com aplicações da Internet já existentes para a utilização da tecnologia VoIP.

Com o SIP é possível efetuar chamadas entre computadores, entre telefones IP, e de um computador para um telefone comum, havendo o gateway apropriado entre a Internet e o sistema de telefonia tradicional neste último caso.

O SIP baseia-se noutros protocolos de internet como HTTP na forma como faz o pedido/resposta na transação.

A figura 2 ilustra uma comunicação entre equipamentos utilizando o protocolo SIP por meio dos servidores:



Fonte: Teleco  
Figura 2 – SIP

Importa neste momento efetuar uma comparação entre os dois referidos protocolos, para tal o H.323 e o SIP têm em comum a possibilidade de fazerem chamadas entre dois ou mais participantes, com terminais independentemente de serem computadores ou telefones. Ambos também utilizam o protocolo RTP para transportar o fluxo de dados.

Apesar dessas semelhanças, diferem-se em vários aspetos. A recomendação H.323 é típica da indústria de telefonia tradicional, com a definição de protocolos específicos, impossibilitando a sua adaptação a aplicações futuras. Por outro lado, o SIP é típico da Internet, por ser um módulo que tem uma boa interoperabilidade com os outros protocolos da rede mundial, com maior flexibilidade e melhor adaptação a novas aplicações. (Teleco, 2016)

CARACTERÍSTICA	H.323	SIP
Projetado por	ITU	IETF
Compatível com a telefonia tradicional	Grande	Maior
Compatível com a Internet	Não	Sim
Arquitetura	Monolítica	Modular
Negociação de parâmetros	Sim	Sim
Transporte de Informação	RTP/RTCP	RTP/RTCP
Endereçamento	Número de <i>host</i> ou telefone	URL
Segurança com criptografia	Sim	Sim
Implementação	Grande e complexa	Moderada
Tamanho do documento de padrões	1.400 páginas	269 páginas
Estado atual	Tornando-se menos utilizado em VoIP, mas ainda disponível.	Tornando-se mais utilizado em VoIP, em expansão.

Fonte: Teleco  
Tabela 1 – Comparação entre protocolos VoIP

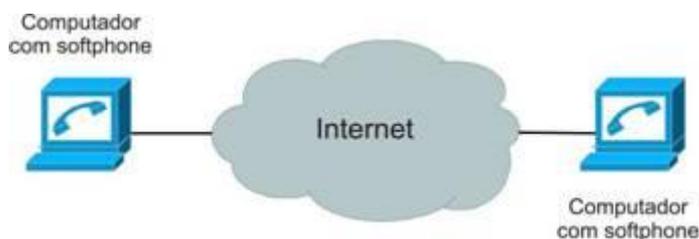
## 2.4. Tipos de comunicação

Há diversos cenários de comunicação em que a tecnologia VoIP pode ser aplicada, a seguir são apresentados alguns deles. Um detalhe importante a ser mencionado, é que em todos os cenários há a presença de uma rede IP, tipo de rede essencial para VoIP. (Teleco, 2016)

- **Entre dois computadores**

Os computadores precisam estar equipados de kits multimédia, com headsets ou caixas de som e microfones, além da conexão de velocidade razoável com a Internet. Mas o mais importante nesse tipo de comunicação, é a instalação nos computadores do softphone, programa que possibilita as ligações em VoIP, pois o softphone já tem implementado todas as funcionalidades e protocolos necessários. Portanto, um computador com o softphone e kit multimédia, assume o papel de um telefone, que possibilita a comunicação com outro computador também equipado pela Internet. Sem dúvida, a comunicação entre computadores com a tecnologia VoIP é a mais simples de ser implementada e utilizada, sendo difundida principalmente entre utilizadores domésticos. (Teleco, 2016)

A figura 3 ilustra o cenário de comunicação VoIP entre dois computadores:



Fonte: Teleco  
Figura 3 – VoIP entre computadores

- **Entre dois telefones IP**

Os telefones IP foram desenvolvidos exclusivamente para a comunicação em VoIP. Estes têm fichas RJ-45 e software apropriado para a tecnologia. Basta conectar os telefones IP à Internet para fazer e receber ligações em VoIP.

Para iniciar a ligação telefónica, o telefone IP é tirado do gancho, e digita-se o número de destino. Esse número é armazenado pela aplicação da sessão. O gateway compara o número, para realizar um mapeamento de endereço IP. A aplicação de sessão executa o procedimento de estabelecer o canal de transmissão e receção através da Internet. Quando o telefone IP de destino é atendido, inicia-se a comunicação, que pode ser encerrada por ambas as partes. A utilização dos telefones IP é igual a dos telefones comuns. No entanto, esses telefones são sofisticados o suficiente para a transmissão de voz em tempo real com qualidade que muitas vezes supera a telefonia tradicional.

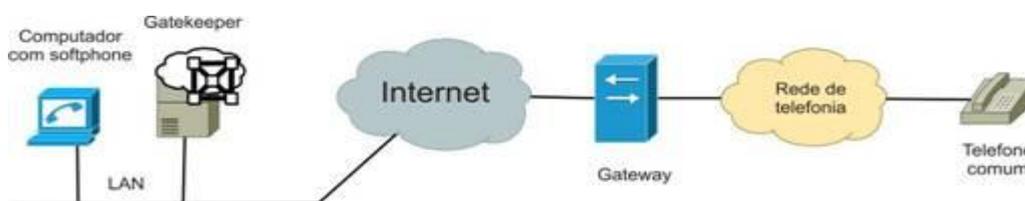
Os telefones IP normalmente encontram-se no ambiente empresarial, conectados a uma LAN, que também é uma rede IP como a Internet. A figura 4 ilustra o cenário de comunicação entre dois telefones IP:



Fonte: Teleco  
Figura 4 – VoIP entre telefones IP

- **Do computador numa LAN para o telefone comum**

A figura 5 ilustra a estrutura de comunicação entre um computador e um telefone comum:



Fonte: Teleco  
Figura 5 – VoIP entre computador e telefone comum

Na figura acima, um computador pessoal (PC), está conectado numa rede local (LAN) com um gatekeeper, e tem o softphone para poder comunicar com um telefone comum. Primeiro, o PC descobre o gatekeeper na rede. O gatekeeper envia ao PC o seu endereço IP. O computador regista-se com o gatekeeper que por sua vez manda de volta uma mensagem. O PC aceita a mensagem, pede ao gatekeeper largura de banda, para iniciar-se a configuração da chamada, com o estabelecimento de uma conexão. (Teleco, 2016)

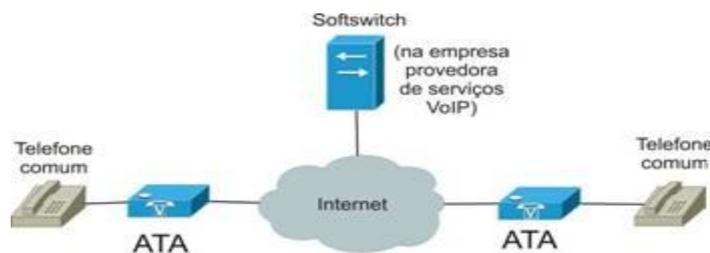
Depois que a largura de banda é disponibilizada ao computador, ele envia outra mensagem com o número de telefone a ser chamado para o gatekeeper. O gatekeeper confirma a solicitação da chamada e encaminha a informação para o gateway. O gateway é metade computador, metade comutador de telefonia, portanto, ele faz a chamada telefónica para o telefone comum. O telefone toca, e o PC recebe o sinal de que ele está a tocar. Quando o telefone é atendido, é enviada uma mensagem ao computador indicando que houve a conexão. (Teleco, 2016)

Depois disso, o gatekeeper pode aceitar outras requisições de ligação de outros PCs na rede. Mas ainda há uma série de parâmetros de chamadas a serem negociados antes que a transmissão de voz realmente ocorra. Após a conclusão de todas as negociações, os dados de voz começam realmente a fluir dentro dos pacotes de um lado para o outro permitindo assim a comunicação. (Teleco, 2016)

Quando uma das partes desliga o telefone, a conexão é desfeita e o PC sinaliza ao gatekeeper a libertação da largura de banda usada, podendo efetuar outra chamada. (Teleco, 2016)

- **Entre dois telefones comuns**

Para que dois telefones comuns (analógicos) possam comunicar com a tecnologia VoIP, é necessário que os dois sejam conectados a Adaptadores Telefónicos Analógicos (ATAs), que por sua vez são conectados à Internet. A utilização de um telefone comum junto ao ATA não difere na sua usabilidade, a diferença ocorre na transmissão da voz, que em vez de trafegar pela rede de telefonia, trafega pela Internet. (Teleco, 2016)



Fonte: Teleco

Figura 6 – VoIP entre telefones comuns

Ao tirar o telefone do descanso, o ATA emite o sinal de comunicação, afirmando que a conexão com a Internet está ativa. Quando o número do telefone é discado, o ATA converte os tons em dados digitais e armazena-os temporariamente. (Teleco, 2016)

Os dados do número solicitado são enviados à empresa fornecedora do serviço VoIP (contratada anteriormente), e são verificados se estão num formato válido. (Teleco, 2016)

O gateway, também chamado de softswitch (que está na empresa fornecedora do serviço VoIP), mapeia o número telefónico e depois o traduz para um endereço IP, conectando os dois terminais para a chamada. No outro lado da linha um sinal é enviado para o ATA de destino para que o telefone comece a tocar. (Teleco, 2016)

O destino atende a ligação e a comunicação inicia-se, a informação de voz é transmitida em pacotes de dados pela Internet, e quando chega ao ATA de destino há a conversão dos sinais digitais para analógicos. (Teleco, 2016)

Quando a ligação é encerrada, o ATA indica ao softswitch que terminou e a sessão então termina.

## 2.5. Codecs

Os codecs são necessários na tecnologia VoIP para a codificação e decodificação dos dados analógicos (voz humana) em digitais (bits) para que a comunicação ocorra na rede IP. São considerados protocolos extras que adicionam funcionalidades e maior qualidade na comunicação. Para além da conversão, os codecs também realizam a compressão dos sinais de

voz. De acordo com o nível de compressão, atinge-se um equilíbrio entre largura de banda e qualidade de voz para o sistema VoIP. Os equipamentos suportam na sua maioria mais que um codec, para que haja a negociação de qual será utilizado na comunicação. (Teleco, 2016)

Os codecs podem ser classificados como codificadores de forma de onda, dos quais codificam o sinal apenas baseando-se na sua forma de onda, desprezando outras características. É o que ocorre com o codec G.711, que tem a qualidade muito boa, mas uma taxa de transmissão muito alta. Já o codec G.729, pode ser considerado um codificador de fonte ou paramétrico, que codifica o sinal apenas na fonte como foi gerado, a qualidade é boa (não tão quanto o G.711), mas a taxa de transmissão é baixa. (Teleco, 2016)

Os codecs de áudio fazem a conversão por amostragem do sinal de áudio milhares de vezes por segundo. Por exemplo, o codec G.711 tira amostras do áudio 64 mil vezes por segundo. Ele converte os dados digitalizados e comprime para transmissão. Quando as 64 mil amostras são reunidas, partes do áudio são perdidas entre cada tomada de amostra, mas elas são tão pequenas que, ao ouvido humano, soam como um segundo contínuo de áudio digital. (Teleco, 2016)

O codec G.729 tem a velocidade de amostragem de 8 mil vezes por segundo e é o mais usado em VoIP. Apesar do codec G.711 oferecer ótima qualidade de voz, o G.729, provê um equilíbrio entre a qualidade (que é considerada boa) e a eficiência da largura de banda. (Teleco, 2016)

## 2.6. Vantagens

Ao abordar acerca das vantagens do VoIP destaca-se de imediato a primeira grande vantagem que é a redução de custos das organizações que optam por esta implementação, pois esta vai permitir chamadas urbanas, interurbanas e internacionais a custo zero caso usem a tecnologia VoIP, mas, não é só nos custos que se beneficia com o VoIP é também numa melhor gestão que se pode fazer de toda a plataforma que suporta o VoIP já que está se pode centralizar num único servidor. Outra das vantagens é a de integrar nas estações de trabalho, voz e dados, tornando a infraestrutura de comunicação convergente.

## 2.7. Desvantagens

O VoIP apresenta alguns problemas por ultrapassar. Com a evolução da tecnologia, mais tarde ou mais cedo estes sistemas serão capazes de serem superados, nomeadamente o caso da perda de pacotes nas redes IP que não asseguram a entrega de todos os pacotes, principalmente se existir congestionamento da rede. O atraso é outro tipo de problema que ocorre devido ao tempo despendido para a chegada do pacote, que pode gerar eco, assim como a sobreposição de sinal de um pacote.

Outra das desvantagens que pode ser transversal à evolução da tecnologia é a falha da internet, já que o VoIP depende sempre de um serviço de internet cativo e uma falha no ISP (Internet Service Provider) poderá sempre acontecer.

Outro dos problemas será a energia, tendo em conta que os equipamentos necessitam de energia ao contrário dos equipamentos analógicos, no entanto apesar de haver sistemas de UPS a suportar as falhas de energia, estes normalmente só suportam salas técnicas e pouco mais.

### 3. Caso de Estudo

Enquanto órgão de polícia criminal, o SEF atua no processo, nos termos da lei processual penal, sob a direção e em dependência funcional da autoridade judiciária competente, realizando as ações determinadas e os atos delegados pela referida autoridade. (SEF, 2016)

Com as suas funções, o SEF estende-se por todo o território nacional dividido entre serviços centrais, direções regionais, delegações regionais, postos de fronteira aérea, postos de fronteira marítima e postos de fronteira terrestres denominados CCPA (Centro de Cooperação Policial e Aduaneira), que não são mais que centros de cooperação entre as várias forças de segurança de Portugal e Espanha.

Esta extensão do SEF por todo o Território Nacional obriga-o a gerir uma grande despesa em vários domínios, um desses domínios é o tecnológico. Tendo esta necessidade, existem despesas que são quase impossíveis de evitar, nomeadamente as despesas com os setenta edifícios onde se encontra instalado e tudo o que isso engloba.

Perante tal situação tentou-se encontrar algumas formas de diminuir alguma despesa e identificou-se as despesas inerentes às chamadas de voz analógica, pelo que ressalta a necessidade de alterar toda a infraestrutura de voz analógica para a digital, implementado VoIP.

#### 3.1. Principais Desafios

O SEF já teve uma primeira fase de implementação VoIP assente na tecnologia Cisco baseado em CUCM (Cisco Unified Communications Manager). Esse investimento inicial restringiu-se apenas ao edifício da Sede e a cinco locais remotos, o que se pode considerar muito pouco atendendo aos muitos edifícios onde está instalado o SEF.

A propagação da restante tecnologia Cisco pelo país é um investimento muito grande em termos monetários, para o qual o serviço neste momento não tem capacidade. No entanto está a ser estudada uma forma de harmonizar a tecnologia VoIP já existente com opções de software aberto (opensource) existentes no mercado.

O grande desafio está na interoperabilidade entre sistemas fazendo ao mesmo tempo um reaproveitamento de alguns sistemas analógicos, como por exemplo telefones, usando para tal, conversores de sinal, os denominados ATA (Analog Telephone Adapter), fazendo o menor investimento possível. Assim como, a eliminação de todo o serviço entregue em rede analógica e integrando a voz na rede de dados já existente, usando para tal o serviço de SIP Trunk<sup>1</sup>.

Esta implementação, mesmo no VoIP já existente, vai levar a uma alteração dos serviços de fornecimento de sinal analógico. Neste momento essa solução é fornecida por acessos primários e básicos, dependendo das necessidades dos locais, existindo um gateway (router) Cisco que faz a conversão do sinal analógico para digital.

Resumindo, os desafios recaem no reaproveitamento do que existe neste momento implementado, eliminando as linhas analógicas (acessos primários e básicos) pelo SIP Trunk, ou seja, toda a rede de voz passa para a rede de dados, integrando com o que há no mercado em termos de ofertas de software aberto VoIP e centralizando tudo num cluster de servidores de PBX digital.

### **3.2. Tecnologia existente**

No SEF, neste momento existem duas formas de comunicação por voz, temos a analógica e VoIP. Em ambos os casos a operadora de PSTN fornece acessos básicos, normalmente usados em locais de pequena dimensão e acessos primários para locais de maior dimensão, a estes acessos estão associados DDIs que correspondem aos números pretendidos de acesso direto.

Os acessos básicos são acessos que permitem apenas duas chamadas em simultâneo, por exemplo eu poderia ter um acesso básico com dez extensões, mas só consigo fazer duas chamadas em simultâneo. Um acesso primário fornece trinta canais de comunicação pelo que num edifício com muitos utilizadores já não há o problema das chamadas em simultâneo. Nos locais ainda com sinal analógico a gestão das chamadas é feita por centrais telefónicas analógicas, na sua maioria proprietárias, nomeadamente da Alcatel (pura analógica) e Astra (analógica e digital).

---

<sup>1</sup> linhas de voz por IP adequadas para utilização em centrais telefónicas IP e telefones IP que suportam o protocolo SIP

Como referido anteriormente, a tecnologia VoIP já implementada no SEF é também fornecida pela operadora de PSTN em sinal analógico, cuja conversão é efetuada por routers que fazem a conversão do sinal para digital.

Com isto resta dizer que o que está implementado é demasiado dispendioso já para não falar da difícil gestão associada à dispersão geográfica dos locais onde se encontra o SEF.

A figura seguinte é demonstrativa da infraestrutura de voz atual do SEF:

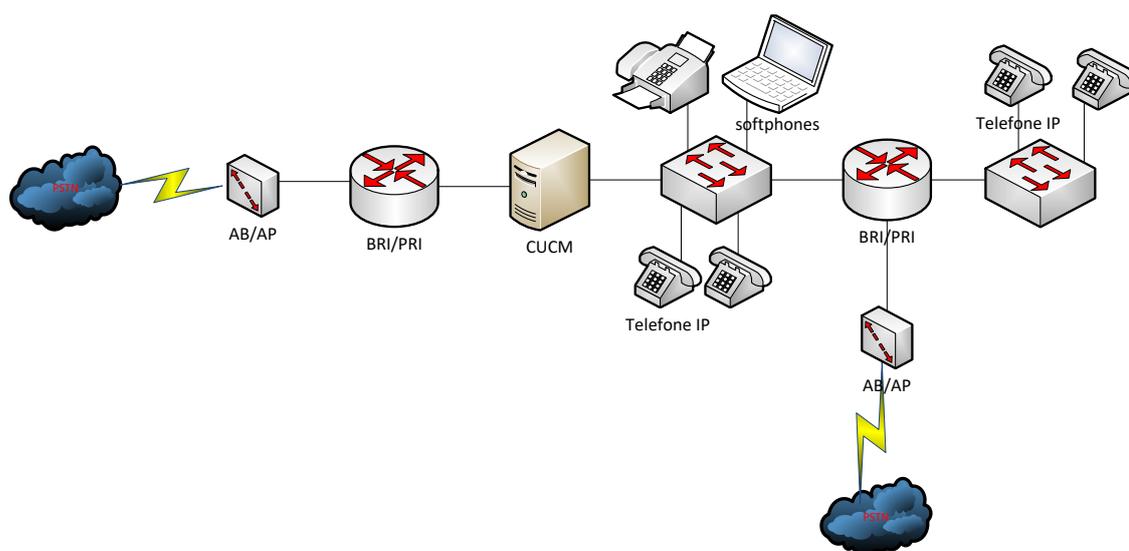


Figura 7 – Implementação VoIP –atual SEF – Sede

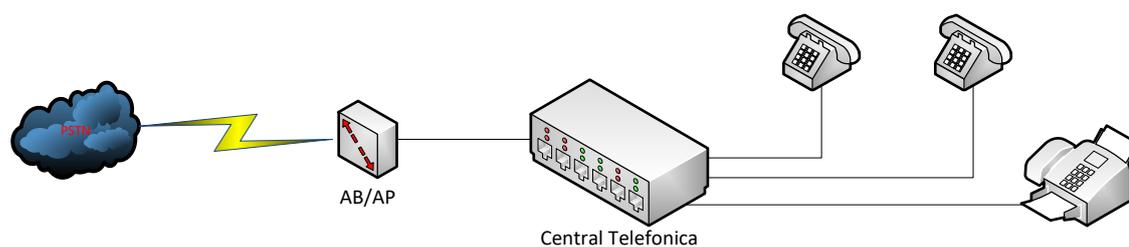


Figura 8 – Implementação VoIP –atual SEF - Direção/Delegação Regional

### 3.3. Escalabilidade evolutiva do sistema

De todas as vantagens que possam resultar de uma implementação VoIP, ainda assim pode-se fazer uma melhor gestão de todo equipamento que é necessário para a sua entrada em produção, pois permite centralizar tudo sem que os diversos locais remotos percam o respetivo plano de numeração (interno e público).

Não desperdiçando o sistema VoIP já existente o que se pretende efetuar é a integração da linha de voz na linha de dados através do SIP Trunk, pelo que esta opção permite-nos centralizar a tecnologia, e atendendo à dimensão do SEF, pressupõe-se que a melhor opção será agregar todos os acessos na sala técnica do SEF e interligar aos sistemas de VoIP em exploração (freePBX, AASTRA, Cisco CUCM e Skype for Business).

Com esta implementação acaba-se com as várias centrais telefónicas analógicas existentes nas várias instalações do SEF. Nos locais remotos as centrais telefónicas serão trocadas por comutadores de sinal ATA para se poder fazer um reaproveitamento dos telefones analógicos existentes.

Esta evolução permite assim beneficiar de um dos grandes objetivos da tecnologia em exploração, a interoperabilidade, identificada pelo seguinte diagrama:

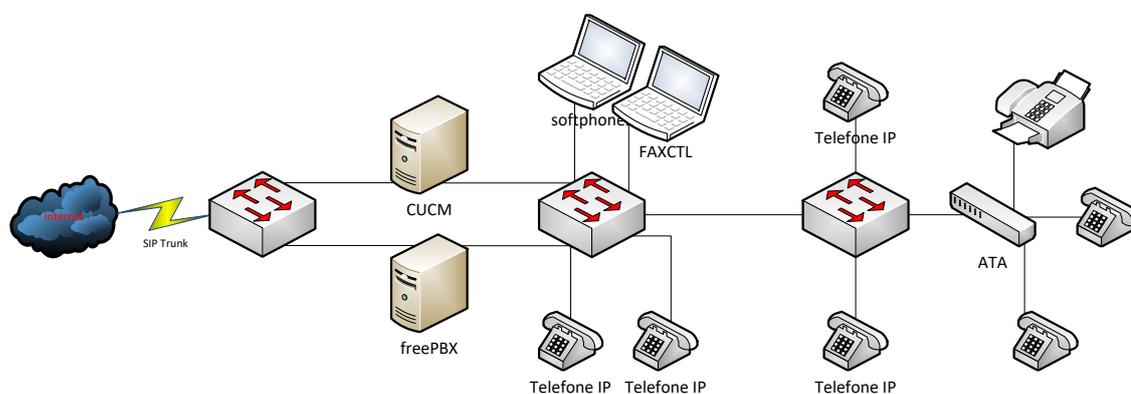


Figura 9 – Implementação VoIP – Futuro SEF

### 3.4. Soluções para Interoperabilidade

Tendo em conta que um dos grandes objetivos é a interoperabilidade de sistemas de voz e estando este diretamente relacionado com a redução de custos, recorreu-se à análise de soluções Open Source e de soluções já existentes de software proprietário para o desenvolvimento de uma prova de conceito.

#### 3.4.1. Soluções Open Source

Como solução Open Source foi analisado um servidor PBX baseado em ASTERISK, o freePBX, que é um software que apresenta todas as funcionalidades de um PBX (Private Branch eXchange) tradicional, bem como funcionalidades adicionais como o IVR (Interactive Voice Response). É essencialmente um PBX VoIP que suporta múltiplos protocolos utilizados em VoIP (SIP, SCCP, H.323, IAX2, entre outros) e que permite tanto a utilização de telefones em software como dispositivos telefónicos VoIP. Sendo também possível interoperar com os sistemas de telefonia tradicionais.

#### 3.4.2. Soluções de software proprietário

Dada existência de centrais telefónicas VoIP proprietárias foi analisada a possibilidade de integração e coexistência entre soluções, nomeadamente:

- **AASTRA** – é um fornecedor global de sistemas de telecomunicações adaptados às necessidades das pequenas, médias e grandes empresas. Está focada em soluções que ofereçam liberdade e flexibilidade baseada numa arquitetura aberta, apresentando soluções baseadas em tecnologia IP mas também em comunicações analógicas e digitais tradicionais;
- **Cisco CUCM** – Cisco Unified Communications Manager, também conhecido como Cisco Unified CallManager ou Cisco CallManager, é um software gestor de chamadas telefónicas desenvolvido pela Cisco Systems. Este sistema monitoriza todos os componentes VoIP de rede ativos (telefones, gateways, bridges de conferência, entre outros);
- **Skype for Business** – anteriormente conhecido como LYNC, é uma aplicação desenvolvida e incluída nos produtos da Microsoft que permite a comunicação, via texto, áudio e vídeo, com pessoas de dentro e/ou fora de uma organização, tendo a sua grande vantagem assente no processo colaborativo.



#### 4. Solução Integrada

No seguimento das soluções anteriormente apresentadas desenvolveu-se uma proposta aplicada à realidade com base numa solução integrada de interoperabilidade, conforme o diagrama seguinte representativo da infraestrutura de interoperabilidade.

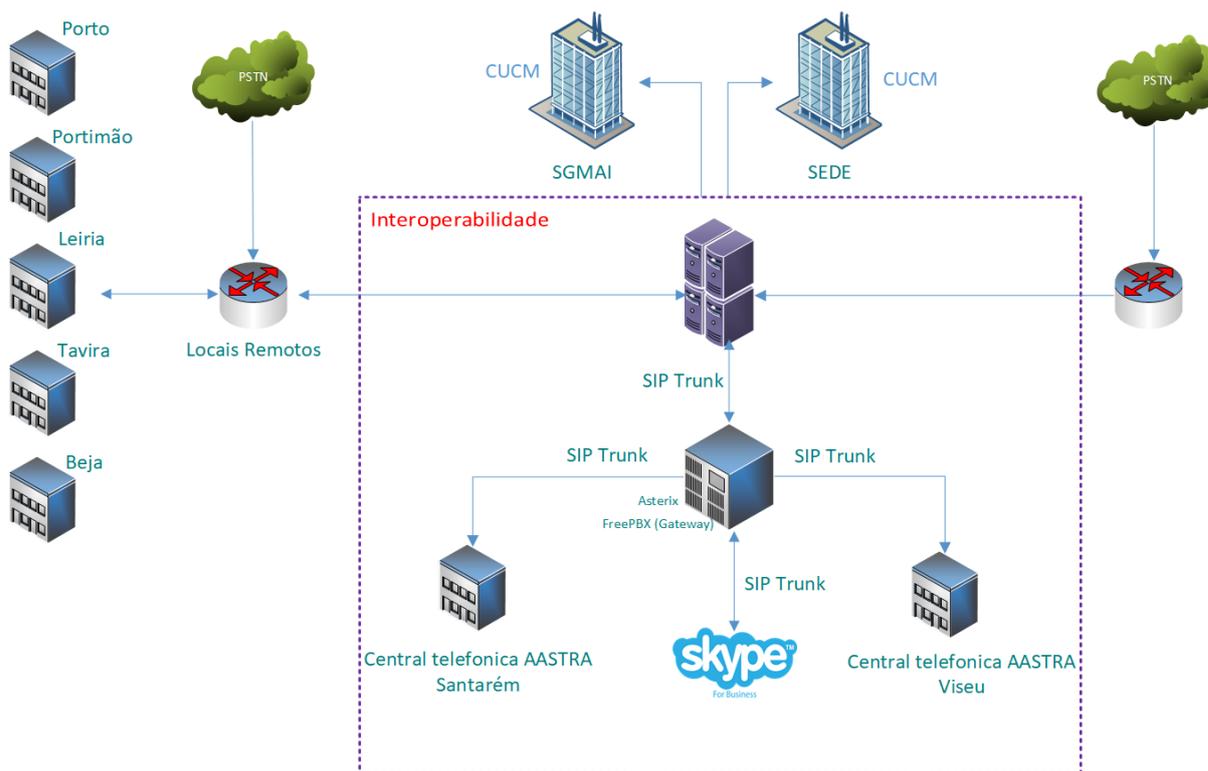


Figura 10 – Solução Integrada de Interoperabilidade

O servidor freePBX funciona como “gateway de interoperabilidade” de voz interligando via SIP Trunk os sistemas proprietários AASTRA, Cisco CUCM e Skype for Business, e é o suporte da prova de conceito da solução integrada de interoperabilidade.

A solução Cisco CUCM, conforme referido anteriormente já se encontra implementada na Sede e em algumas Direções e Delegações Regionais, nomeadamente Porto, Portimão, Leiria, Tavira e Beja. De referir que a mesma se encontra interligada com o Cisco CUCM da Secretaria Geral do Ministério da Administração Interna.

A solução AASTRA está implementada na Delegação Regional de Santarém e de Visu.

A solução de Skype for Business encontra-se implementada e disponível para toda a Organização.

De notar ainda que esta configuração permite assim efetuar chamadas de voz sem custos entre os referidos sistemas, e dada a existência de um plano de numeração definido nos sistemas AASTRA e Skype for Business foi aplicado esse plano de numeração local.

### 4.1. Configurações Base

De seguida apresentam-se exemplos de configurações base da sua utilização nos diversos sistemas:

#### GATEWAY (freePBX)

Foram configurados os SIP Trunk para o Cisco CUCM, ASTRA e Skype for Business e as respetivas dial rules<sup>2</sup> de encaminhamento.

Name	Tech	CallerID	Status	Actions
trk_astra_santarem	sip		Enabled	 
trk_astra_viseu_pa	sip		Enabled	 
trk_cm_tagus01	sip		Enabled	 
trk_cm_tagus02	sip		Enabled	 
trk_s4b_01	sip		Enabled	 
trk_s4b_02	sip		Enabled	 

Figura 11 – Configuração SIP Trunk no gateway

<sup>2</sup> regras de marcação que serão processadas quando o PBX receber o número da rota

Name	Outbound CID	Attributes	Actions
+ to_cm_tagus			
+ to_skype			
+ to_santarem			
+ to_viseu_pa			

( prepend )	prefix	[ 1[69]XXXX	/	CallerID	] +
( prepend )	prefix	[ 11XXX	/	CallerID	] +
( prepend )	prefix	[ 301XX	/	CallerID	] +
( prepend )	prefix	[ 529XX	/	CallerID	] +
( prepend )	prefix	[ 626XX	/	CallerID	] +
( prepend )	prefix	[ 70[6-7]XX	/	CallerID	] +
( prepend )	prefix	[ 714XX	/	CallerID	] +
( prepend )	prefix	[ 729XX	/	CallerID	] +
( 0 )	0	[ [29]XXXXXXXX	/	CallerID	] +
( 0 )	0	[ 0.	/	CallerID	] +

Figura 12 – Configuração Dial Rules no gateway

## CISCO CUCM

Foram configurados o SIP Trunk para o gateway e as respetivas dial patterns para os locais cujo gateway encaminha a chamada de voz.

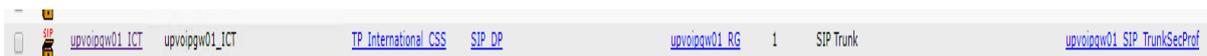


Figura 13 – Configuração SIP Trunk no Cisco CUCM (ligação ao gateway)

## AASTRA

Foram configurados o SIP Trunk para o gateway e as respetivas dial rules para os locais cujo gateway encaminha a chamada de voz.

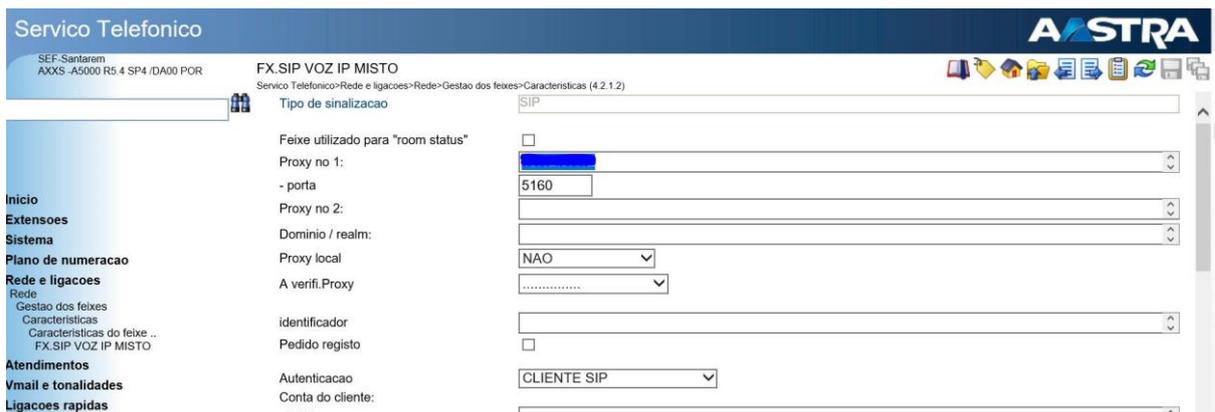


Figura 14 – Configuração SIP Trunk na ASTRA (ligação ao gateway)

## SKYPE FOR BUSINESS

Foram configurados o SIP Trunk para o gateway e as respetivas dial patterns para os locais cujo gateway encaminha a chamada de voz.

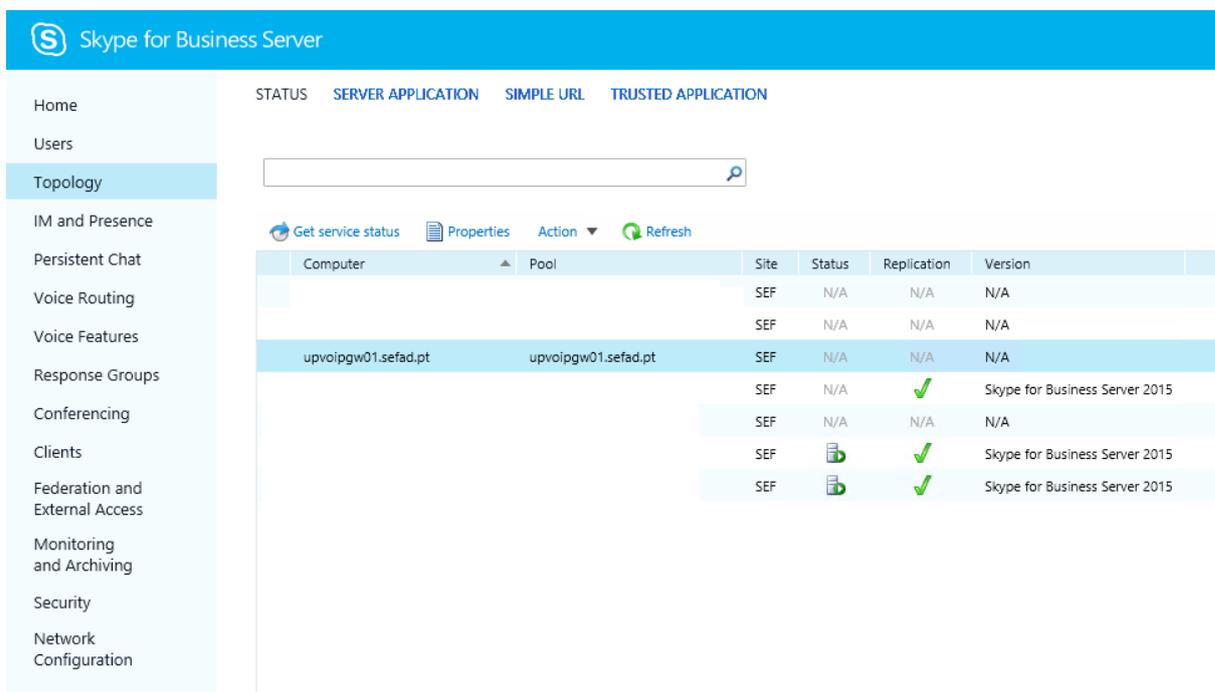


Figura 15 – Configuração SIP Trunk Skype for Business

## 5. Conclusões

Com o presente trabalho pretendeu-se não só demonstrar a vantagem dos baixos custos de uma implementação VoIP, mas também outras mais-valias tais como, uma melhor gestão dos equipamentos em uso e principalmente demonstrar a interoperabilidade entre vários sistemas e infraestruturas VoIP. De notar que um dos objetivos do estudo passou pela utilização e rentabilização de equipamentos já existentes.

Dada a existência de um sistema de VoIP consolidado, uma das soluções a abordar passa por extinguir as linhas analógicas existentes nos vários locais remotos, consolidando-as centralmente por intermédio de SIP Trunk.

Perante o objetivo de interoperabilidade de sistemas VoIP no SEF este foi resolvido com a implementação de um servidor ASTERISK que serve de gateway entre os vários sistemas já implementados usando para isso SIP Trunk nas suas ligações, quer isto dizer que perante o que foi proposto inicialmente esta é uma solução que funciona sem qualquer tipo de perda da qualidade do serviço.

No entanto a abordagem passará também por um estudo de custos fazendo uma relação com o que é gasto na atualidade e o que se espera gastar no futuro. Neste estudo também entra o gasto da implementação que se espera que seja o mínimo tendo em conta o que já existe implementado e o que se espera implementar para adaptar ao existente. Tirando algum equipamento de hardware no que diz respeito a tecnologia será usada ao máximo o que já existe disponível no mercado que não tem custos, como é o do servidor PBX opensource, freePBX.

Neste momento, o que é gasto com as comunicações de voz tirando as comunicações moveis, ronda cerca dos seiscentos mil euros por ano (600 000€/ano) o que por mês da cerca cinquenta mil euros (50 000€/mês). Falta ainda fazer uma relação do que são chamadas internas, ou seja, entre o SEF e as que são externas ao SEF, mas pretende-se com a implementação do VoIP ter uma redução de cerca de dois terços do valor que é pago atualmente. E tendo em conta o que se pretende investir, que são cerca de trinta mil euros (30 000€) em equipamentos ATA pode-se dizer que um mês cobre de VoIP cobre o valor que é necessário à sua implementação.

Importa concluir que o investimento necessário para instalar ou interligar um sistema VoIP é realmente baixo em comparação com todos os recursos e benefícios que a solução oferece, onde a redução de custos é garantida não apenas com a sua instalação, mas também com uma solução integrada de interoperabilidade sustentada.

A solução encontrada vai ao encontro dos objetivos estabelecidos.

## 6. Bibliografia

BALBINOT, R. et al Voz sobre IP: tecnologia e tendências. In: Simpósio Brasileiro de redes e computadores, 2008.

Benefícios de Uso do VoIP: Um Estudo de Caso na GM, disponível em: <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=94782107> > Acesso em dezembro de 2016

COLCHER, S. et al. Voz sobre IP. Rio Janeiro campus, 2005.

Perspetivas de evolução de VoIP na INETRNET disponível em: <<https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/11634/2/Texto%20integral.pdf>> Acesso em dezembro 2016

Requisitos e proposta para Implementação de um servidor VoIP disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/15984> > Acesso em dezembro de 2016

Serviço de Estrangeiros e Fronteiras, disponível em: <http://www.sef.pt> Acesso em dezembro de 2016

TELECO. VoIP disponível em: <http://www.teleco.com.br> Acesso em dezembro 2016.

Wikipédia, voz sobre IP disponível em: <[https://pt.wikipedia.org/wiki/Voz\\_sobre\\_IP](https://pt.wikipedia.org/wiki/Voz_sobre_IP) > Acesso em dezembro 2016.