

Arquitetura de Redes

Relatório Técnico

João Gameiro Nº93097, Marco Ramos Nº93388

18 Abril 2020

Arquitetura de Rede Geral

No diagrama de rede geral existem 3 campus, um em Aveiro com dois edifícios e um datacenter, um em Lisboa com um edifício e um em São Francisco com um edifício.

Devido ao número elevado de serviços presentes em cada edifício e de modo a garantir que o tráfego de uns não afeta outros, decidimos partir a rede de cada edifício em 3 zonas. Esta decisão levou a que a camada de distribuição tivesse 2 Switches Layer 3 por cada zona de cada edifício. Tivemos também de adicionar dois Switches Layer 3 para o Datacenter localizado em Aveiro e mais outros dois para o edifício antigo.

Devido ao elevado número de elementos da camada de distribuição presentes em cada edifício, decidimos que seria necessário uma zona Core por cada edifício para agregar todas as zonas de distribuição.

Divisão das zonas

- Zona A – Servidores no piso1
- Zona B – Restantes serviços do piso1
- Zona C – Pisos 2, 3 e 4

Na divisão das zonas, decidimos que os servidores deviam estar isolados na sua própria zona pois são uma área sensível que serve de suporte às atividades da empresa. Concluímos também que a edição de vídeo é um serviço que vai gerar bastante tráfego e que poderia afetar outros serviços, logo deveria também estar isolada. Os restantes pisos decidimos agrupar todos na mesma zona.

Nas zonas de distribuição e nos Cores foram adicionados dois Switches Layer 3 por uma questão de redundância e resiliência da rede (se um for abaixo a rede não deixa de funcionar). As ligações também foram escolhidas de modo a implementar um nível elevado de redundância para que se uma for abaixo, existam ligações “backup”.

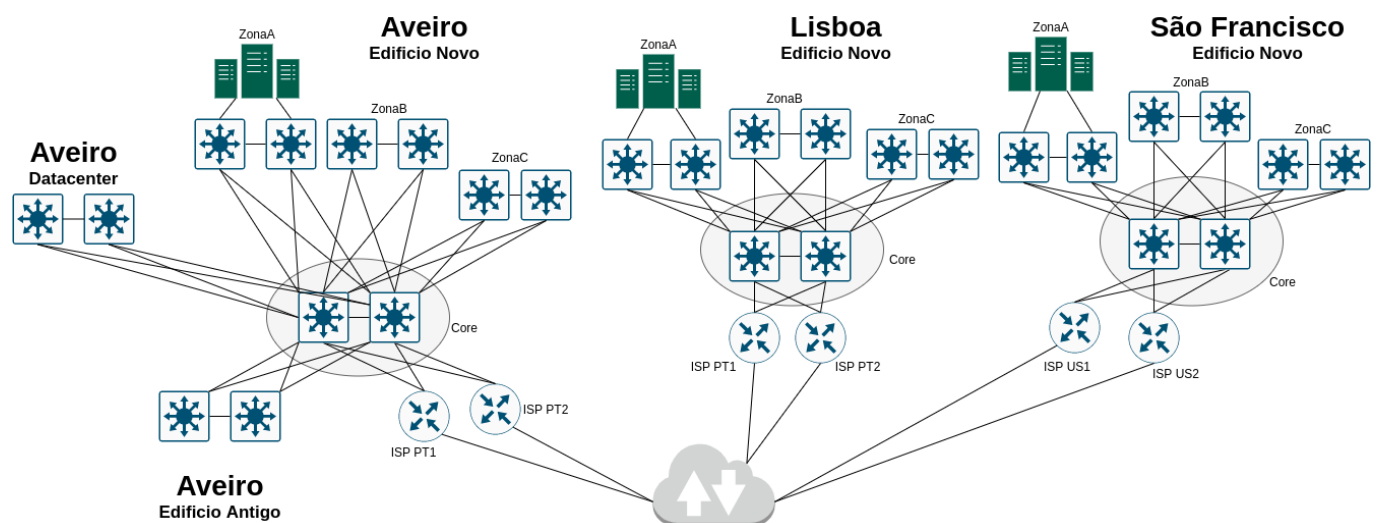


Figura 1: Arquitetura Geral da Rede

No topo dos edifícios de Aveiro e de Lisboa vai ser instalada uma antena para encaminhar o tráfego de uma VLAN local através de micro-ondas. De uma perspetiva física, devido à dificuldade em efetuar uma ligação cablada da antena diretamente ao Core (pois pode não estar localizado na mesma área que o edifício), ou a um switch de distribuição (que muito provavelmente estaria localizado vários pisos abaixo), decidimos ligar a antena a um switch da camada de acesso que se encontra mais próxima da antena (Switch do piso 4 que estaria apenas um piso abaixo da antena, o que simplificaria a ligação a fazer).

Os Cores de cada campus, por sua vez estão ligados com redundância a dois routers que representam os ISPs e será nestes serviços que se irá configurar o NAT/PAT.

Equipamento

De forma a calcular todo o equipamento necessário para auxiliar posteriormente no desenho de rede, foi feita uma estimativa do número de equipamentos por cada piso. Para cada equipamento foi também analisado e estimado o número de portas necessário.

Para cada piso elaborámos duas tabelas, uma que contém a contagem do equipamento por cada espaço definido no piso e outra que têm o cálculo do número total portas por cada equipamento identificado.

PISO 1

Salas	Equipamento p/Sala		
Servidor	1 Máquina		
Posto de trabalho	1 PC + 1 Telefone		
Estúdio	9 PCs + 1 Telefone + 2 TVs		
Sala de Reunião	1 TV + 1 PC + 1 Telefone		
Sala de Videoconferência	1 TV + 1 PC + 1 KIT Videoconferência + 1 Telefone		
Equipamento	Nº Portas	Nº Total Equipamentos	Nº Total de Portas
Servidores	2	$1 \times 250 = 250$	500
PCs Trabalhadores	1	$3 \times 20 = 60$	60
PCs Estúdio	2	$9 \times 2 = 18$	36
PCs videoconferência	1	$2 \times 1 = 2$	2
PCs sala de reunião	1	$5 \times 1 = 5$	5
Telefones VoIP	1	$3 \times 20 \times 1 + 2 \times 1 + 5 \times 1 + 1 \times 2 = 69$	69
KIT Videoconferência	2	$2 \times 1 = 2$	4
Televisão	1	$1 \times 5 + 2 \times 2 + 2 \times 1 = 11$	11
APs	1	6	6
Câmaras de Videovigilância	2	8	16
Impressoras	1	30	30

No Piso1, Datacenter local (Zona A) precisa de no mínimo 500 portas logo necessita de 11 Switches L2 de 48 portas.

Os restantes serviços do Piso 1 (Zona B) precisam de no mínimo 239 portas o que equivale a um mínimo de 6 Switches L2 (6 em vez de 5 pois com 5 apenas ficaria apenas uma porta livre o que é muito pouco para caso seja preciso ligar mais equipamentos no futuro).

PISO 2

Salas	Equipamento		
Sala Comercial	4 PCs + 4 Telefone		
Salas reunião para contacto por VC	1 TV + 1 PC + 1 VC + 1 Telefone		
Postos Apoio ao Cliente	1 Telefone + 1 PC		
Sala de Lazer	2 TVs		
Equipamento	Nº Portas	Nº Equipamentos	Nº Total de Portas
PCs Comercial	1	$30 \times 4 = 120$	120
PCs sala reunião VC	1	$5 \times 1 = 5$	5
PCs apoio ao cliente	1	$20 \times 1 = 20$	20
Telefones VoIP	1	$30 \times 4 \times 1 + 20 \times 1 + 5 \times 1 = 145$	145
KIT Videoconferência	2	$5 \times 1 = 5$	10
Televisão	1	$5 \times 1 + 2 \times 1 = 7$	7
APs	1	6	6
Câmaras de Videovigilância	2	8	16
Impressoras	1	30	30

Piso 2 precisa de no mínimo 359 portas, ou seja, no mínimo 8 Switches L2 de 48 portas ($48 \times 8 = 384$ portas).

PISO 3

Zona	Equipamento		
Salas de consultores	4 pcs + 4 telefones		
Salas reunião para contacto por VC	1 TV + 1 PC + 1 VC + 1 Telefone		
Postos de gestão técnica	1 telefone + 1 pc		
Equipamento	Nº Portas	Nº Equipamentos	Nº Total de Portas
PCs consultores	1	$50 \times 4 = 200$	200
PCs sala reunião VC	1	$10 \times 1 = 10$	10
PCs gestão técnica	1	$50 \times 1 = 50$	50
Telefones VoIP	1	$50 \times 4 + 10 \times 1 + 50 \times 1 = 260$	260
KIT Videoconferência	2	$10 \times 1 = 10$	20
Televisão	1	$10 \times 1 = 10$	10
APs	1	6	6
Câmaras de Videovigilância	2	8	16
Impressoras	1	30	30

Piso 3 precisa de no mínimo 602 portas, ou seja, no mínimo 13 switches L2 de 48 portas ($48 \times 13 = 624$ portas).

PISO 4

Zona	Equipamento		
Funcionário/Administrador	1 PC + 1 Telefone		
Salas de Videoconferência	1 TV + 1 PC + 1 VC + 1 Telefone		
Equipamento	Nº Portas	Nº Total Equipamentos	Nº Total de Portas
PCs Administradores	1	$15 \times 1 = 15$	15
PCs salas VC	1	$3 \times 1 = 3$	3
Telefones VoIP	1	$15 \times 1 + 3 \times 1 = 18$	18
KIT Videoconferência	2	$3 \times 1 = 3$	6
Televisão	1	$3 \times 1 = 3$	3
APs	1	6	6
Câmaras de Videovigilância	2	8	16
Impressoras	1	5	5

Piso 4 precisa de no mínimo 79 portas, ou seja, no mínimo 2 switches L2 de 48 portas ($48 \times 2 = 96$ portas).

A Zona C precisa de um total de 23 Switches Layer 2 na camada de acesso.

Arquitetura das zonas de acesso

Após a contagem de equipamento e das suas portas, foi possível calcular o número dos switches Layer 2 necessários para desenhar a arquitetura da camada de acesso.

- **Zona A** – Servidores, 500 portas, 11 Switches
- **Zona B** – Piso1, 241 portas, 6 Switches
- **Zona C** – Restantes pisos, 1030 portas, 23 Switches

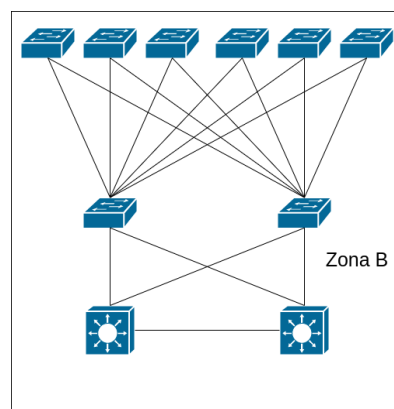
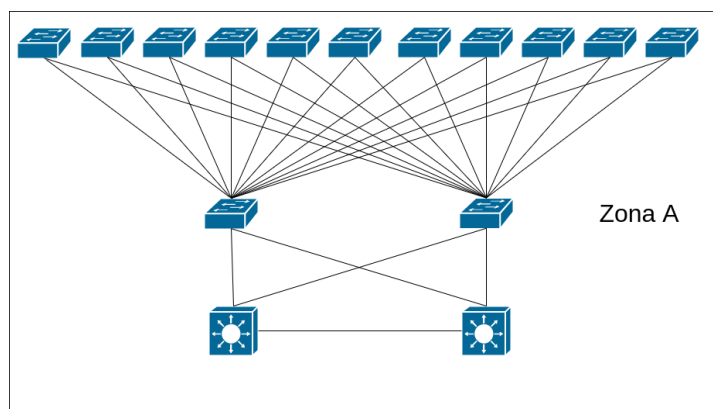


Figura 2: Arquitetura Zona A

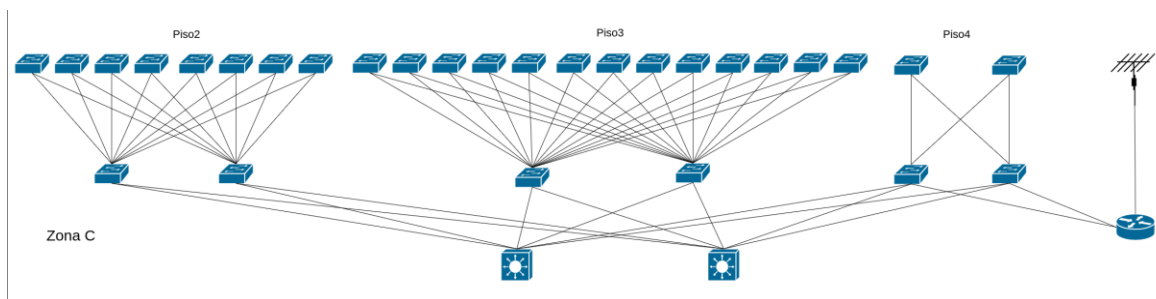


Figura 3: Arquitetura Zona B

Figura 4: Arquitetura Zona C

Como podemos ver, nas Zonas A e B localizadas no piso 1, cada switch da camada de acesso liga-se a outros dois switches Layer 2 mantendo sempre a redundância na arquitetura da rede. Estes dois últimos Switches vão ser referidos mais à frente como o nível dois da camada de acesso, no cálculo do tráfego agregado. Cada zona por sua vez tem a sua própria camada de distribuição constituída por dois switches Layer 3.

Importante referir também a ligação da antena aos switches da camada de acesso do piso 4 é efetuada através de duas ligações também para manter a redundância.

As figuras 2, 3 e 4 representam os edifícios em Aveiro e Lisboa. O edifício em São Francisco possui uma arquitetura igual a estes com a única diferença que não possui a antena no telhado nem a ligação aos switches da camada de acesso do piso 4.

Planeamento IP

VLANs

Para efetuar a partição da rede e cálculo das VLANs necessárias decidimos fazer uma divisão por Campus, Serviço, Role e Zona, de acordo com uma regra de 16 bits em que usamos 3 bits para o Campus (C), 5 para o Serviço (S), 4 para o Role (R) e mais 4 para a Zona (Z).

Campus	C	Serviço	S	Role	R	Zona	Z
Aveiro	0	VoIP	0	Trabalhadores	0	A	0
Lisboa	1	PC	1	Apoio ao Cliente	1	B	1
São Francisco	2	Videoconferência	2	Comércio	2	C	2
		Impressoras	3	Consultores	3		
		Videovigilância	4	Gestores	4		
		WiFi	5	Administradores	5		
		Core	6	Visitantes	6		
		Datacenter Local	7				
		Loopback	8				
		Datacenter Central	9				

Após esta definição, usando a regra de 16 bits atribuímos endereços IPv4 públicos e IPv6 globais a cada VLAN identificada. Essa partição está presente numa folha de cálculo que segue em anexo.

IPv4 Privado

A rede usada para a partição foi a 10.0.0.0/8.

Para a atribuição de endereços IPv4 privados, tivemos por base as VLANs que identificamos, atribuindo um endereço IPv4 a cada uma de acordo com a regra de 16 bits de codificação. As máscaras usadas foram em todos os casos /24, exceto num cuja máscara foi /22 (VLAN WiFi para os trabalhadores).

Para a grande maioria das VLANs não foi necessária a divisão por zona pois os serviços e role já permitiam essa divisão, na medida em que não existe uma combinação (serviço, role) igual em duas zonas. O único caso em que foi necessário essa divisão foi no serviço videovigilância, pois este não tem utilizadores e está presente em todas as zonas.

Para além dos serviços presentes nos edifícios da empresa também achamos importante identificar duas VLANs para o Core (Core0 e Core1 na folha de cálculo), uma para cada um dos Switches L3 para manter a redundância e para as interfaces de Loopback.

A rede sem fios também foi dividida em 3 VLANs com permissões de acesso distintas (WIFI trabalhadores, clientes e Visitantes).

IPv6 Global

A rede usada para a partição foi a 3100:10:10::/48.

Para a atribuição de endereços IPv6 globais, utilizamos sempre a máscara /64 e atribuímos endereços a cada VLAN identificada. Não foi necessária mais nenhuma máscara pois a /64 é bastante grande e permite um número muito elevado de endereços.

IPv4 Público

A rede usada para a partição foi a 200.1.0.0/23.

No caso do IPv4 público, foram identificados os serviços que precisavam de endereços públicos e chegámos à conclusão de que apenas eram necessários três:

- Videoconferência para
 - Trabalhadores - /28
 - Apoio ao Cliente - /26
 - Administradores - /28
- NAT/PAT
 - /27

- Datacenter Central
 - /26

Para a partição dividimos primeiro por Campus (Aveiro, Lisboa, São Francisco) e posteriormente por serviço:

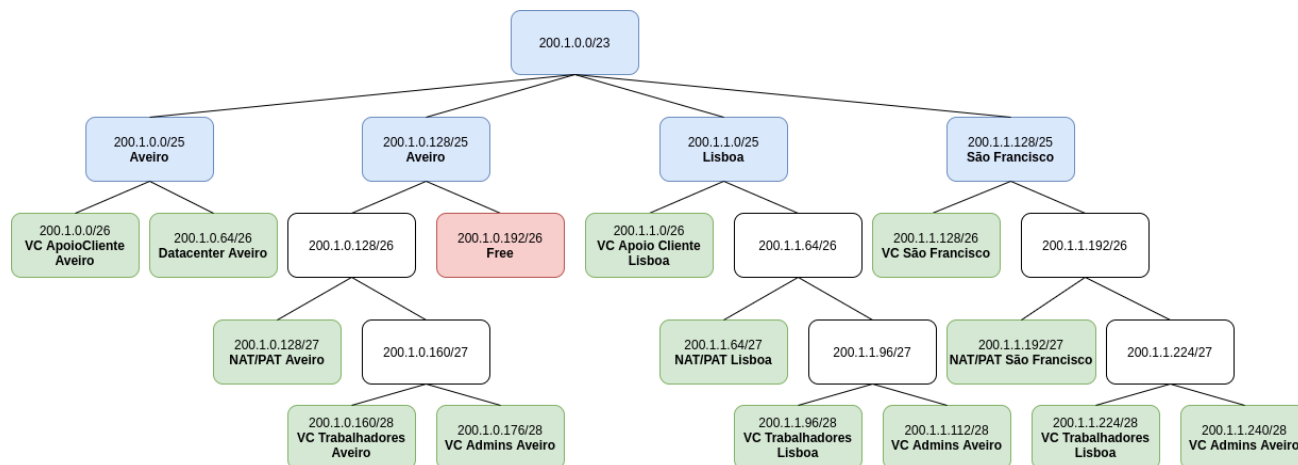


Figura 5: Partição IPv4 público

Serviço	Endereço
Aveiro - Videoconferência Trabalhadores	200.1.0.160/28
Aveiro - Videoconferência Apoio ao Cliente	200.1.0.0/26
Aveiro - Videoconferência Administradores	200.1.0.176/28
Aveiro - NAT/PAT	200.1.0.128/27
Aveiro - Datacenter Central	200.1.0.64/26
Lisboa - Videoconferência Trabalhadores	200.1.1.96/28
Lisboa - Videoconferência Apoio ao Cliente	200.1.1.0/26
Lisboa - Videoconferência Administradores	200.1.1.112/28
Lisboa - NAT/PAT	200.1.1.64/27
S Francisco - Videoconferência Trabalhadores	200.1.1.224/28
S Francisco- Videoconferência Apoio ao Cliente	200.1.1.128/26
S Francisco - Videoconferência Administradores	200.1.1.240/28
S Francisco - NAT/PAT	200.1.1.192/27

Tráfego

De modo a calcular o orçamento e escolher os equipamentos necessários fizemos uma estimativa do tráfego gerado por cada equipamento. A estimativa do tráfego foi usada no cálculo do tráfego agregado, dado pela fórmula $A = N * F * SF * GF$.

Equipamentos	Tráfego			
	FMbps	SF	GF	A
Impressoras	0.1	40%	1	0.04
Telefones VoIP	0.2	95%	1	0.19

KIT VC	3	70%	2	4.2
Câmaras	4	100%	1	4
Televisão Lazer	5	100%	1	5
Televisão Estúdio	5	50%	1	2.5
Televisão Videoconferência/Reunião	5	60%	2	6
Servidor	20	100%	2	40
APs	60	100%	2	120
PCs Trabalhador Piso 1	90	100%	2	180
PCs Estúdio Piso 1	100	100%	2	200
PCs Reunião Piso1	2	40%	1	0.8
PCs Videoconferência Piso 1	2	90%	2	3.6
PCs Salas comerciais Piso 2	6	100%	2	12
PCs Apoio Cliente Piso 2	6	100%	2	12
PCs Videoconferência Piso 2	2	90%	2	3.6
PCs Consultores Piso 3	6	100%	2	12
PCs Gestores técnicos Piso 3	6	100%	2	12
PCs Videoconferência Piso 3	2	90%	2	3.6
PCs Administradores Piso 4	2	100%	1	2
PCs Videoconferência Piso 4	2	90%	2	3.6

Distribuição dos equipamentos pelos switches

Após o cálculo do tráfego de cada equipamento decidimos fazer uma distribuição dos equipamentos por switches, para que fosse possível um cálculo mais aproximado do tráfego agregado que cada Switch Layer 2 da camada de acesso deveria aguentar.

Nas tabelas seguintes está especificada essa distribuição. Os Switches de L2 nível 2 são os que vão agregar o tráfego proveniente da camada de acesso aonde estão ligados os utilizadores (terminais) por isso têm de aguentar com todo o tráfego proveniente da camada anterior.

Nota: Os switches identificados nas tabelas são os da cama de acesso das figuras 2,3 e 4 e estão numerados da esquerda para a direita, sendo Switch 1 o mais à esquerda e o 11 o mais à direita no caso da Zona A.

Consideração importante: ao ligar equipamentos aos switches tivemos em atenção os equipamentos com duas portas, serviços importantes nos quais se pretende minimizar a falha de conexão, que foram distribuídos por dois switches diferentes para efeitos de redundância, a restante maioria foram ligados somente a um switch.

O throughput total será igual à soma do número de equipamentos ligados ao switch multiplicado pelo seu respetivo tráfego. O resultado obtido equivale ao máximo throughput que esse switch carregará numa situação crítica (quando todos os equipamentos ligados direcionam tráfego a este switch ao mesmo tempo).

Zona A

Equipamento	Switch 1 - switch 6	Switch 7 – switch 11
Servidores	45	46
Throughput total	1800 Mbps p/ Switch	1840 Mbps p/ Switch

Zona B

	Switch 1	Switch 2	Switch3	Switch 4	Switch 5	Switch 6
PCs Trabalhadores	20			-	-	-
PCs Estúdio	-			18	-	18
PCs Reunião	-			5	-	-
PCs Videoconferência	-			-	-	2
Telefone VoIP	20			3	3	3
Televisão Videoconf.	-			-	-	2
Televisão Estúdio	-			4	-	-
Televisão Reunião	-			-	5	-
Câmaras	3			2	3	2
Impressoras	4			6	6	6
APs	1			1	1	1
Equipamento VC	-			2	-	2
Throughput total	3735.96 Mbps p/Switch			1892.2 Mbps	100.2 Mbps	1894.2 Mbps

Zona C Piso 2

	Sw 1 - Sw2	Sw 3 - Sw4	Sw 5 – Sw 6	Switch 7	Switch 8
PCs Comerciais	30	-	30	-	-
PCs Videoconferência	-	-	-	-	5
PCs Apoio ao Cliente	-	-	-	20	-
Telefone VoIP	15	20	15	25	20
Televisão videoconf.	-	-	1	-	5
Câmaras	2	2	2	2	2
Impressoras	-	10	-	-	10
APs	1	2	-	1	1
Equipamento VC	-	5	-	-	-
Throughput total	490.85 Mbps p/Switch	273.2 Mbps p/ Switch	376.85 Mbps p/ Switch	264.75 Mbps	222.2 Mbps

Zona C Piso 3

	Sw 1 – Sw 5	Sw 6 – Sw 9	Switch 10	Sw 11 – Sw 12	Switch 13
PCs Consultores	20	20	20	-	-
PCs Gestão	7	-	-	5	5
PCs Videoconferência	-	-	-	-	10
Telefone VoIP	20	20	20	20	20
Televisão videoconf.	-	-	-	3	4
Câmaras	1	1	1	2	2

Impressoras	-	6	6	-	-
APs	-	1	-	1	-
Equipamento VC	-	-	-	10	-
Throughput total	331.8 Mbps p/Switch	368.04 Mbps p/Switch	248.04 Mbps	251.8 Mbps P/ Switch	131.8 Mbps

Zona C Piso 4

	Switch 1	Switch 2
PCs Administradores	15	-
PCs Videoconferência	-	3
Telefone VoIP	9	9
Televisão videoconf.	-	3
Câmaras	8	8
Impressoras	-	5
APs	3	3
Equipamento VC	3	3
Throughput total	436.31 Mbps	435.31 Mbps

Tráfego Agregado por Piso

Para o cálculo do tráfego agregado de cada piso multiplicamos o tráfego de cada equipamento pelo seu respectivo número de unidades.

Piso 1

$A = 250 * T(\text{Servidores}) + 60 * T(\text{PCs Trabalhadores}) + 18 * T(\text{PCs Estúdio}) + 2 * T(\text{PCs VC}) + 5 * T(\text{PCs Reunião}) + 69 * T(\text{VoIP}) + 2 * T(\text{KIT VC}) + 4 * T(\text{Televisão Estúdio}) + 5 * T(\text{Televisão Reunião}) + 2 * T(\text{Televisão VC}) + 6 * T(\text{APs}) + 8 * T(\text{Câmaras}) + 30 * T(\text{Impressoras}) =$

$250 * 40 + 60 * 180 + 18 * 200 + 2 * 3.6 + 5 * 0.8 + 69 * 0.19 + 2 * 4.2 + 4 * 2.5 + 5 * 6 + 2 * 6 + 6 * 120 + 8 * 4 + 30 * 0.04 = 25\,237.91 \text{ Mbps}$

Piso 2

$A = 120 * T(\text{PCs Comercial}) + 5 * T(\text{PCs VC}) + 20 * T(\text{PCs Apoio Cliente}) + 145 * T(\text{VoIP}) + 5 * T(\text{KIT VC}) + 2 * T(\text{Televisão Lazer}) + 5 * T(\text{Televisão VC}) + 6 * T(\text{APs}) + 8 * T(\text{Câmaras}) + 30 * T(\text{Impressoras}) =$

$120 * 12 + 5 * 3.6 + 20 * 12 + 145 * 0.19 + 5 * 4.2 + 2 * 5 + 5 * 6 + 6 * 120 + 8 * 4 + 30 * 0.04 = 2\,539.75 \text{ Mbps}$

Piso 3

$A = 200 * T(\text{PCs Consultores}) + 10 * T(\text{PCs VC}) + 50 * T(\text{PCs Gestão}) + 260 * T(\text{VoIP}) + 10 * T(\text{KIT VC}) + 10 * T(\text{Televisão VC}) + 6 * T(\text{APs}) + 8 * T(\text{Câmaras}) + 30 * T(\text{Impressoras}) =$

$200 * 12 + 10 * 3.6 + 50 * 12 + 260 * 0.19 + 10 * 4.2 + 10 * 6 + 6 * 120 + 8 * 4 + 30 * 0.04 = 3\,940.6 \text{ Mbps}$

Piso 4

$$A = 15 * T(\text{PCs Administradores}) + 3 * T(\text{PCs VC}) + 18 * T(\text{VoIP}) + 3 * T(\text{KIT VC}) + 3 * T(\text{Televisão VC}) + 6 * T(\text{APs}) + 8 * T(\text{Câmaras}) + 5 * T(\text{Impressoras}) =$$

$$15 * 2 + 3 * 3.6 + 18 * 0.19 + 3 * 4.2 + 3 * 6 + 6 * 120 + 8 * 4 + 5 * 0.04 = 827.02 \text{ Mbps}$$

Tráfego Agregado por Zona

Através do cálculo do tráfego agregado por piso podemos também calcular o tráfego agregado por zona. Assim sendo, o valor obtido para cada zona equivale ao tráfego que cada Switch Layer 3 da distribuição dessa respetiva zona tem de suportar.

Zona A

$$A = 250 * T(\text{servidores}) = 250 * 40 = 10\,000 \text{ Mbps}$$

Zona B

$$A = T(\text{Piso1}) - 250 * T(\text{servidores}) = 25\,237.91 - 10\,000 = 15\,237.91 \text{ Mbps}$$

Zona C

$$A = T(\text{Piso2}) + T(\text{Piso3}) + T(\text{Piso4}) = 2\,539.75 + 3\,940.6 + 827.02 = 7\,307.37 \text{ Mbps}$$

Tráfego Agregado por Core

Após o cálculo do tráfego agregado de cada zona de distribuição, apenas falta perceber o tráfego que os Switches L3 do Core precisam de aguentar.

- Lisboa
 - Switch L3 deve aguentar: $T(\text{ZonaA}) + T(\text{ZonaB}) + T(\text{ZonaC}) = 32\,545.28 \text{ Mbps}$
- São Francisco
 - Switch L3 deve aguentar: $T(\text{ZonaA}) + T(\text{ZonaB}) + T(\text{ZonaC}) = 32\,545.28 \text{ Mbps}$
- Aveiro
 - Switch L3 deve aguentar: $32\,545.28 \text{ Mbps} + T(\text{datacenter}) + T(\text{edifício antigo})$

Orçamento

Para o cálculo do orçamento do projeto, tivemos em conta todos os equipamentos referidos anteriormente. Na escolha dos Switches L2 e L3 tivemos por base o tráfego que estes teriam de aguentar (calculado nas tabelas anteriores), assim como o número de portas, Mean Time Between Failure (MTBF) e os protocolos suportados.

Serviço	Link	Valor total
---------	------	-------------

<p>Videoconferência</p> <p>Logitech Rally Camera Premium PTZ</p>	https://www.logitech.com/en-us/products/video-conferencing/conference-cameras/rally-ultra-hd-ptz-camera.960-001226.html	<p>1399 € * (2+5+10+3) *3</p> <p>= 83 940 €</p>
<p>Impressoras</p> <p>HP OfficeJet Pro 8035e All-in-One Printer</p>	https://www.hp.com/us-en/shop/pdp/hp-officejet-pro-8035e-all-in-one/color=light%20basalt	<p>199 € * (30+30+30+5) *3</p> <p>= 56 715 €</p>
<p>Access Points</p> <p>FS AP-W6D2400C</p> <ul style="list-style-type: none"> PoE 1024 utilizadores Capacidade: 2400 Mbps 	https://www.fs.com/de-en/products/108704.html	<p>196.35 € * (6+6+6+6) *3</p> <p>= 14 137.2 €</p>
<p>Sistema Videovigilância</p> <p>Defender 8-Channel Ultra HD 4K (8MP)</p> <p>2TB DVR Wired Security Camera</p>	https://www.homedepot.com/p/Defender-8-Channel-Ultra-HD-4K-8-MP-2TB-DVR-Wired-Security-Camera-System-with-Remote-Viewing-and-8-Cameras-4K2T8B8V2/314587177	<p>499.99 € * 4 *3</p> <p>= 5 999.88€</p>
<p>Telefones VoIP</p> <p>Polycom VVX 601</p>	https://www.ringcentral.co.uk/office/voip-phone/polycom-vvx-601.html	<p>299 € *(69+145+260+18) *3</p> <p>= 441 324 €</p>
<p>Desktops</p> <p>HP 600G5MT / Platinum 250W / i5-9500</p>	https://www.senetic.pt/product/7RC34AW	<p>648.5 € * (85+145+260+18) *3</p> <p>= 988 314 €</p>
<p>Monitores</p> <p>HP P19b G4 WXGA Monitor</p>	https://www.senetic.pt/product/9TY83AA	<p>157,72 € * (85+145+260+18) *3</p> <p>= 240 365.28 €</p>
<p>Ratos</p> <p>Dell Wireless Mouse-WM126</p>	https://www.senetic.pt/product/570-AAMH	<p>11,65 € * (85+145+260+18) *3</p> <p>= 17 754.6 €</p>
<p>Teclados</p> <p>Wired Kbrd 600 USB Port PL/RO Hdwr Black</p>	https://www.senetic.pt/product/ANB-00019	<p>14,7 € * (85+145+260+18) *3</p> <p>= 22 402.8 €</p>
<p>Televisão</p> <p>TV LG 32LM630BPLA</p>	https://www.worten.pt/tv-video-e-som/tvs/tv-pequena-polegada/tv-lg-32lm630bpla-led-32-81-cm-hd-smart-tv-6900539	<p>245 € * (11+7+10+3) *3</p> <p>= 22 785 €</p>
<p>Máquina de Café</p> <p>Nespresso Citiz Cherry Red</p>	https://www.nespresso.com/pt/pt/order/machines/nespresso-citiz-cherry-red	<p>69 € * (20) * 3</p> <p>= 4 140 €</p>

Servidor SERVER HP DL360 GEN9 8x2.5	https://servermall.eu/catalog/servers/server-hpe-dl360-gen9/	1595 € * 250 *3 = 1 196 250 €
Switches L2 (48 portas) Nível 1 WS-C3650-48PS-L Catalyst 3650 Switch <ul style="list-style-type: none"> • 48 Portas • Layer 2 • Capacidade: 176 Gbps • PoE+ • MTBF: 383,760 hours 	https://www.router-switch.com/ws-c3650-48ps-l-p-5416.html	2779 € * (11+6+23) * 3 = 333 480 €
Switches L2 (24 portas) Nível 2 C9300-24P-E - Cisco Switch Catalyst 9300 <ul style="list-style-type: none"> • 24 Portas • Layer 2 • Capacidade: 208 Gbps • PoE+ • MTBF: 299,00 hours 	https://www.router-switch.com/c9300-24p-e.html	2226€ * (2+2+6) *3 = 66 780 €
Switches L3 WS-C2960XR-24TS-I Catalyst 2960-XR Switch <ul style="list-style-type: none"> • 24 Portas • Layer 3 • Capacidade: 216 Gbps • PoE+ • MTBF: 557,620 hours 	https://www.router-switch.com/ws-c2960xr-24ts-i-p-5618.html	2267€ * (12+8+8) = 63 476 €
Router Cisco ISR 4451 <ul style="list-style-type: none"> • 3 Portas • Capacidade 200 Mbps – 400Mbps 	https://www.router-switch.com/cisco-isr4351-k9-p-16543.html	4036 € * 2 = 8 072 €
Mão de Obra		20 000 €

Após a escolha de equipamentos e cálculo da sua respetiva quantidade, chega-se à conclusão de que o orçamento vai ter um total de 3 089 934.48€

Nota Final

Todas as imagens representadas seguem em anexo para que se possa olhar com maior detalhe caso seja necessário.

Segue também em anexo uma folha Excel com o planeamento do IPv4 Privado, IPv6 Global e a respetiva divisão da rede em VLANs.

Finalmente segue também em anexo outro ficheiro PDF que contém as imagens da arquitetura da camada de acesso/distribuição de cada edifício separadamente.