

4 Resultados

4.1. Apresentação dos Resultados

Nesta seção, serão apresentados e discutidos os resultados dos experimentos descritos na seção 3.7.1.

4.1.1. Cenário 1 - Variação do Tipo de Chamada

O primeiro teste consistiu em medir o PDD, PPD e CRD sem adição de perda de pacotes ou *jitter*, e mantendo a banda disponível de 10Mbps. Os resultados servirão de referência para os próximos testes. O comportamento do PDD com a variação do tipo de chamada (TC) é apresentada nas Figuras 27, 28 e 29 em termos da média e valor de 95% para o *softphone A* e *softphone B* (UDP e TCP). Em ambiente de LAN, o PDD foi de 21,2 ms para o *softphone A*, 61,7 ms para o *softphone B* configurado com SIP sobre UDP e 59,8 ms para o *softphone B* configurado com SIP sobre TCP.

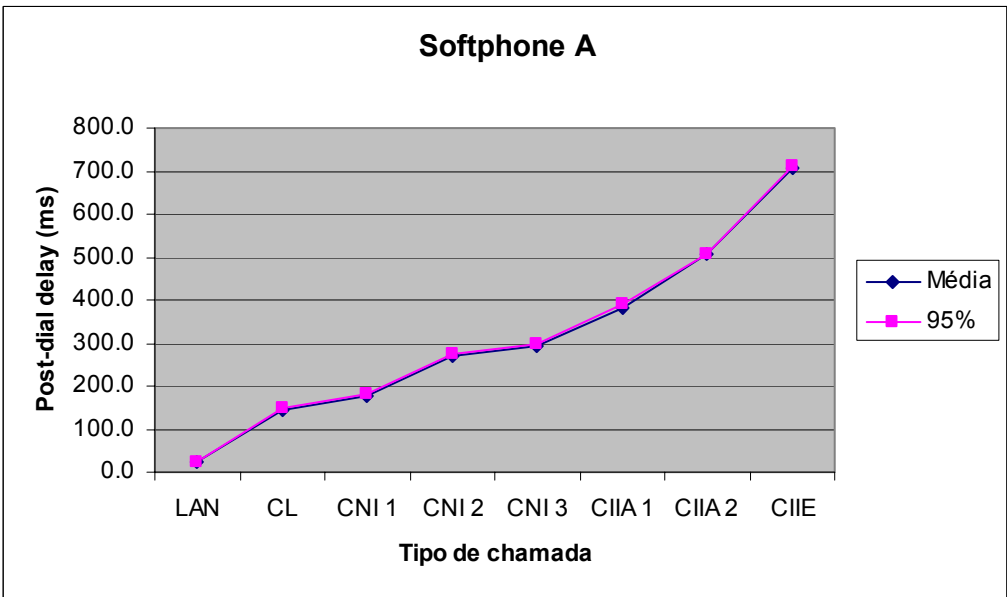


Figura 27 – Média e 95% do PDD x TC (softphone A)

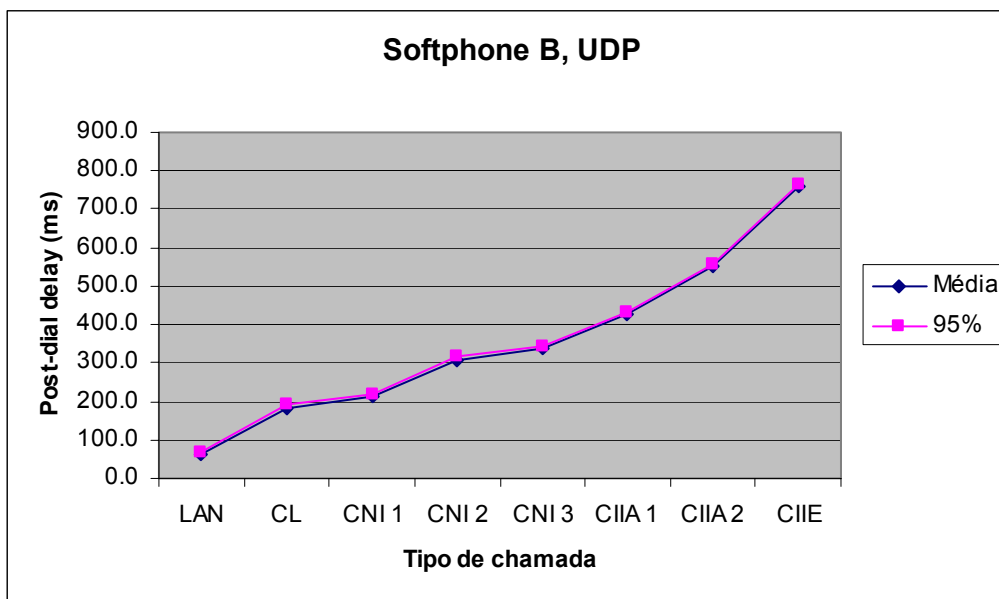


Figura 28 – Média e 95% do PDD x TC (softphone B, UDP)

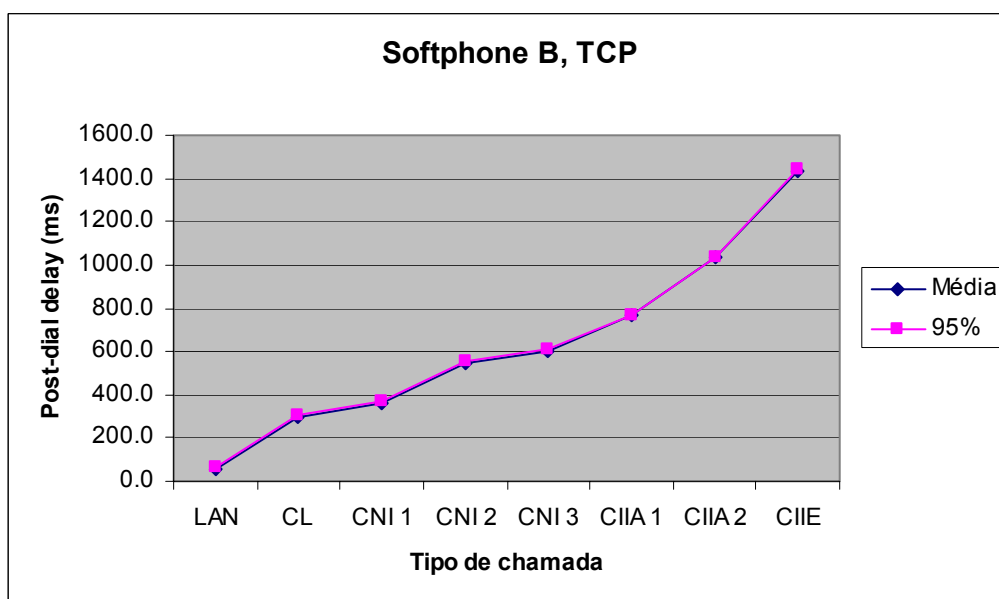


Figura 29 – Média e 95% do PDD x TC (softphone B, TCP)

Vê-se o valor de 95% acompanha a média em todos os casos. Isto demonstra que houve pouca variabilidade nas medições, como era de se esperar. A razão da grande diferença de desempenho entre o *softphone A* e *softphone B* está na forma como eles foram implementados. O *softphone A* foi desenvolvido em C++, enquanto o *softphone B* foi desenvolvido em Java. O desempenho do *softphone B* foi afetado pela configuração das máquinas utilizadas, pois a linguagem Java exige mais processamento.

A utilização do protocolo TCP começa a afetar o PDD quando a chamada passa a ser realizada em ambientes com retardo de propagação. Isto, porque o TCP requer uma troca inicial de mensagens para estabelecer uma conexão, e esta troca de mensagens basicamente adiciona um valor no PDD igual ao RTT do UA A ao *proxy* e do *proxy* ao UA B. O processamento em si das mensagens TCP não adiciona praticamente nenhum retardo, sendo que o maior ofensor é o próprio retardo de propagação. Em relação ao processamento das mensagens SIP, comparando-se o PDD dos vários tipos de chamada com o PDD obtido em ambiente LAN, chega-se a conclusão que o PDD é composto de uma parcela de retardo e uma parcela devido ao processamento das mensagens SIP, que neste caso é aproximadamente igual ao tempo do PDD obtido em ambiente LAN, ambiente este praticamente sem retardo. Exemplificando a afirmação anterior, o PDD de uma chamada local (CL) do *softphone* A foi de 145,3 ms e o RTT total do UA A ao UA B, passando pelo *proxy*, é de 120 ms. Subtraindo-se do PDD o RTT, obtem-se um tempo de 25,3 ms que é um pouco maior que o PDD obtido em ambiente LAN (21,3 ms). Isto se repete em todos os casos e, logo, o PDD é diretamente proporcional ao RTT.

A relação entre o tipo da chamada e o PPD para o *softphone* A e *softphone* B (UDP e TCP) são apresentadas graficamente nas Figuras 30, 31 e 32. Em ambiente de LAN, o PPD foi de 11 ms para o *softphone* A, 33,5 ms para o *softphone* B com uso do UDP e 34,1 ms para o *softphone* B com o uso do TCP.

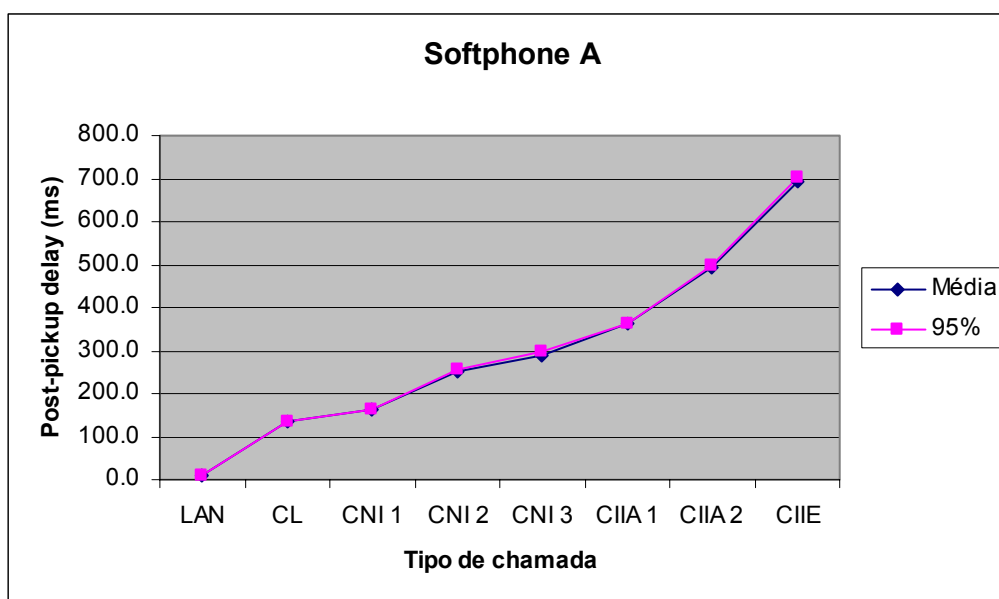


Figura 30 – Média e 95% do PPD x TC (*softphone* A)

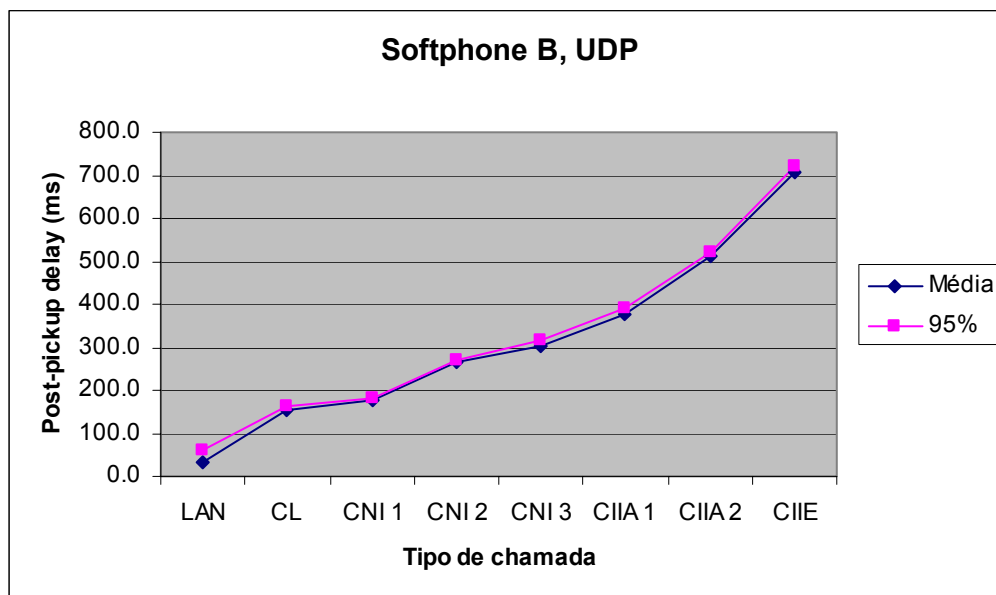


Figura 31 – Média e 95% do PPD x TC (softphone B, UDP)

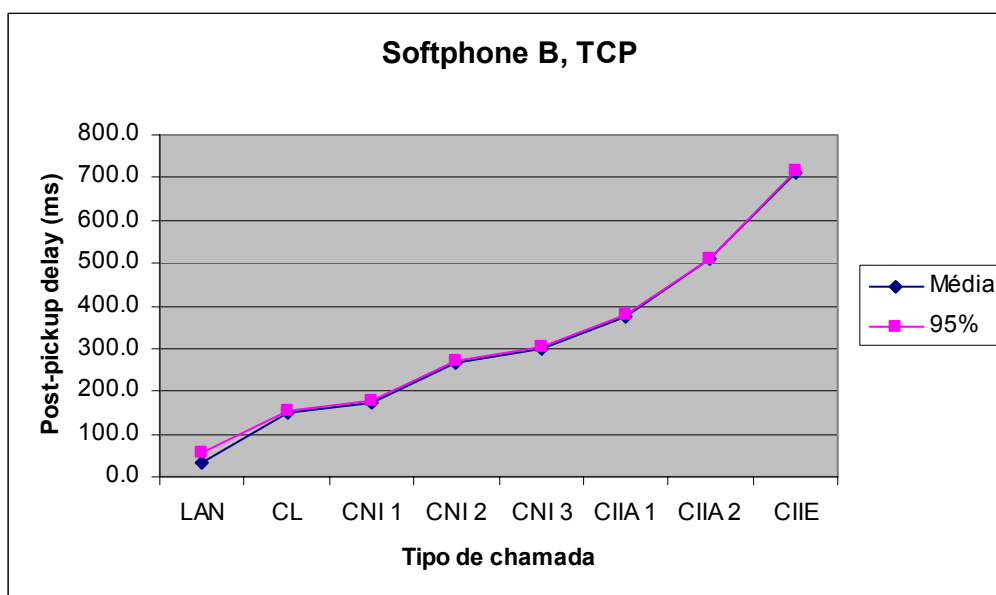


Figura 32 – Média e 95% do PPD x TC (softphone B, TCP)

Novamente, o valor de 95% acompanhou a média. Há que se destacar que não houve diferença entre o PPD medido das chamadas realizadas pelo *softphone* B com SIP sobre UDP e com SIP sobre TCP. A razão disto é que não há troca de mensagens do TCP para estabelecimento de conexão, já que a conexão previamente estabelecida para envio do INVITE pelo UA A e recebimento do INVITE pelo UA B é reutilizada para a troca 200 OK / ACK.

A relação entre o tipo da chamada e o CRD para o *softphone* A e *softphone* B (UDP e TCP) são apresentadas graficamente nas Figuras 33, 34 e 35. Em ambiente de LAN, o CRD foi de 6,6 ms para o *softphone* A, 69,7 ms para o *softphone* B com uso do UDP e 80,9 ms para o *softphone* B com o uso do TCP.

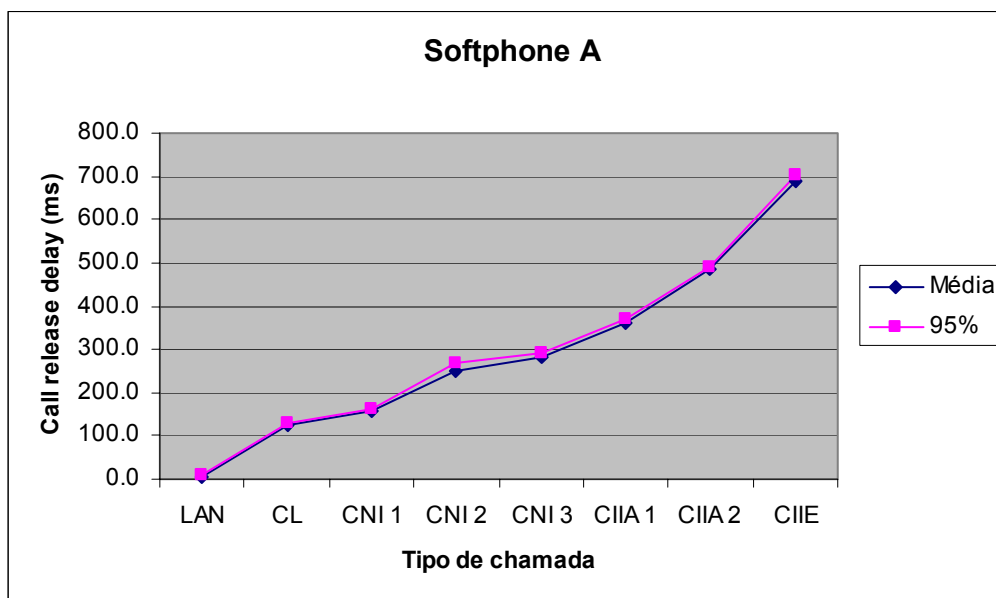


Figura 33 – Média e 95% do CRD x TC (softphone A)

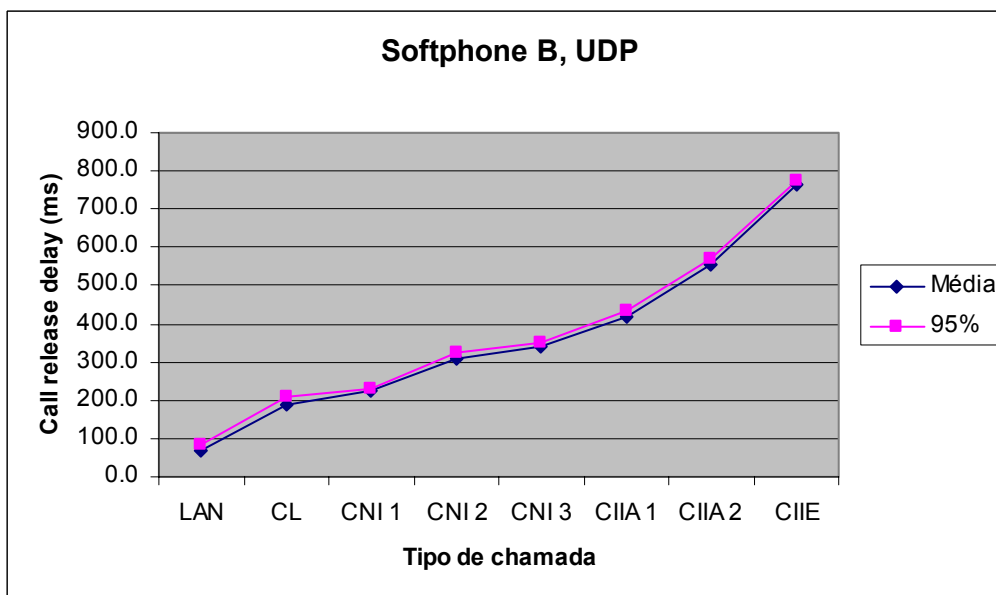


Figura 34 – Média e 95% do CRD x TC (softphone B, UDP)

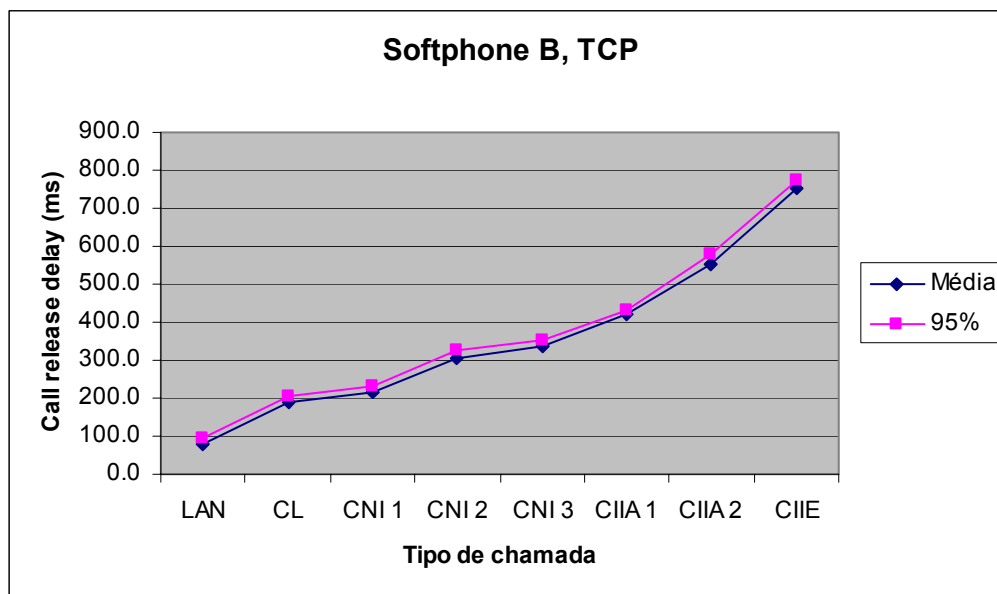


Figura 35 – Média e 95% do PDD x TC (softphone B, TCP)

A grande diferença de valor do CRD do *softphone A* e do *softphone B* pode ser explicada novamente pela forma como são implementados (C++ e Java, respectivamente). Enquanto que o PPD é maior que o CRD para o *softphone A*, para o *softphone B*, o CRD é maior. Apesar disso, todas as curvas são bem parecidas.

Ao comparar o CRD do *softphone B* com UDP e com TCP, nota-se de novo que não há grandes diferenças entre os resultados. Na seção 3.2.3 foi explicado que o uso do TCP pode afetar o CRD dependendo do tempo de duração da chamada. As chamadas tiveram duração de 2 minutos e esta duração não foi suficiente para desconectar a conexão TCP (através de *time out*). Logo, a conexão TCP estabelecida no início da sessão SIP foi novamente reutilizada e com isso, não houve acréscimo de retardo devido ao estabelecimento da conexão TCP.

4.1.2.

Cenário 1 – Variação do Tipo de Chamada e Jitter

O segundo teste consistiu em medir o PDD, PPD e CRD variando-se o tipo de chamada e o jitter. Os gráficos para a média e valor de 95% foram feitos em separado para não poluir muito os gráficos. A média e valor de 95% do PDD são apresentados nas Figuras 36 e 37, respectivamente. Mesmo com a variação do *jitter*, a média do PDD se manteve praticamente constante. À medida que o retardo de propagação foi aumentando, houve um pequeno aumento do valor de

95% do PDD com o aumento do jitter. Isto é justificado porque o valor do *jitter* em milissegundos cresce cada vez mais com o aumento do retardo de propagação, já que o valor do *jitter* é medido percentualmente. Apesar de na média o PDD se manter constante, o valor de 95% é afetado, pois demonstra a variabilidade das medidas.

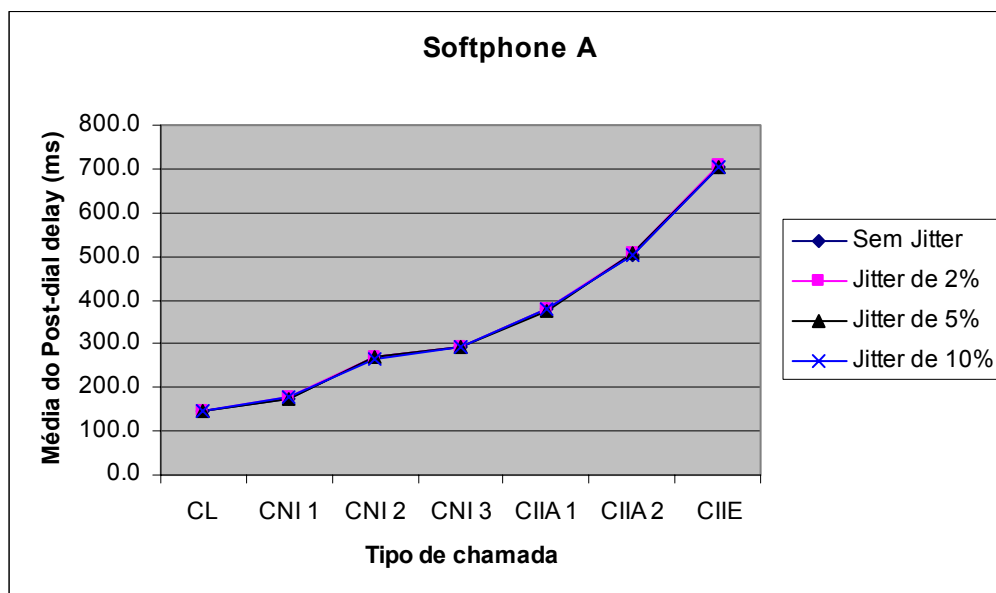


Figura 36 – Média do PDD x TC com variação do jitter (softphone A)

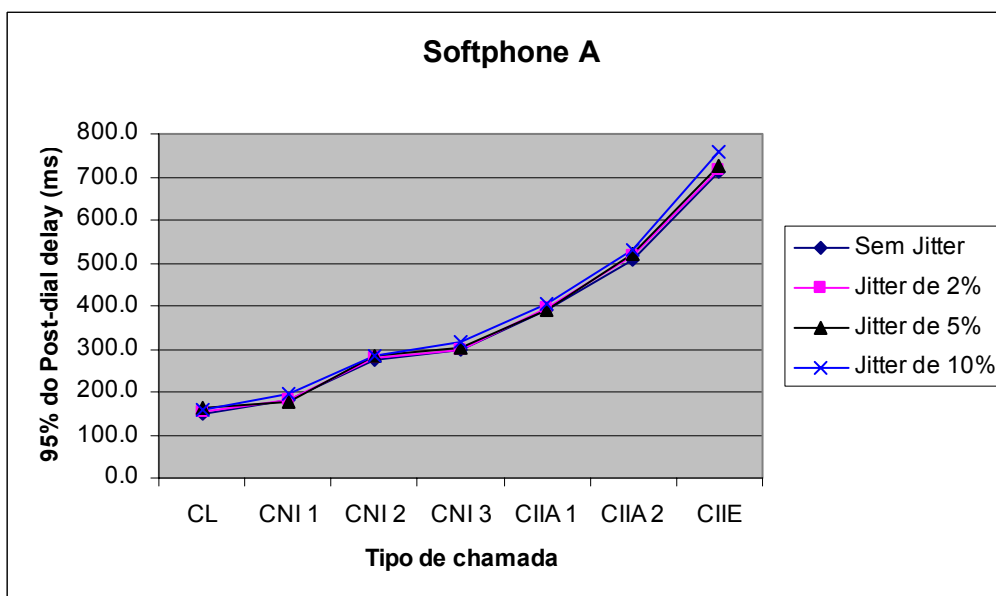


Figura 37 – 95% do PDD x TC com variação do jitter (softphone A)

A média e valor de 95% do PPD são apresentados nas Figuras 38 e 39, respectivamente. Os comentários para os resultados do PDD podem ser

repetidos aqui, ou seja, mesmo com a variação do *jitter*, a média do PPD se manteve praticamente constante e quanto ao valor de 95% do PPD, houve uma pequena variação pelo mesmo motivo apontado no caso do PDD.

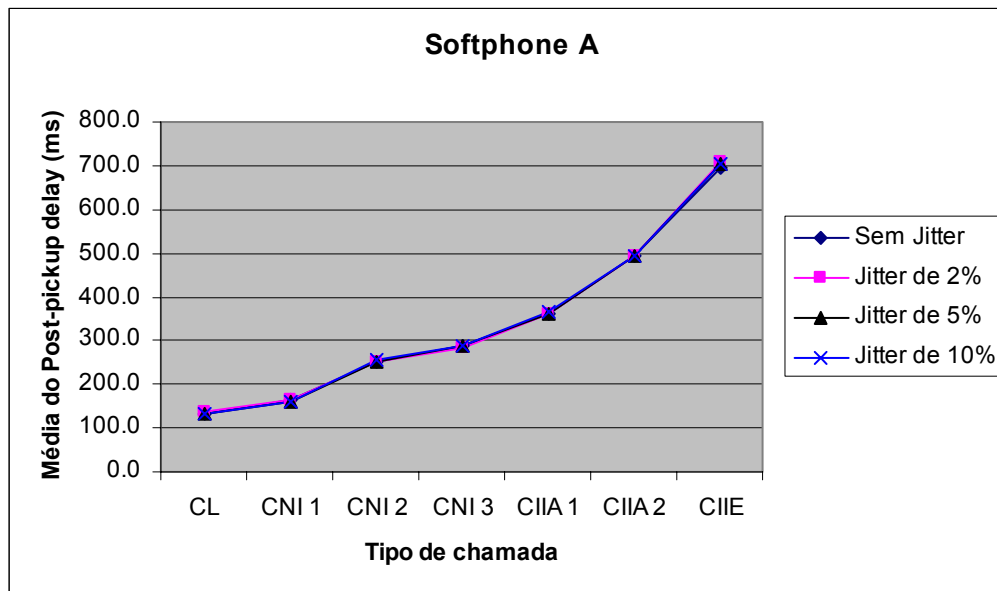


Figura 38 – Média do PPD x TC com variação do jitter (softphone A)

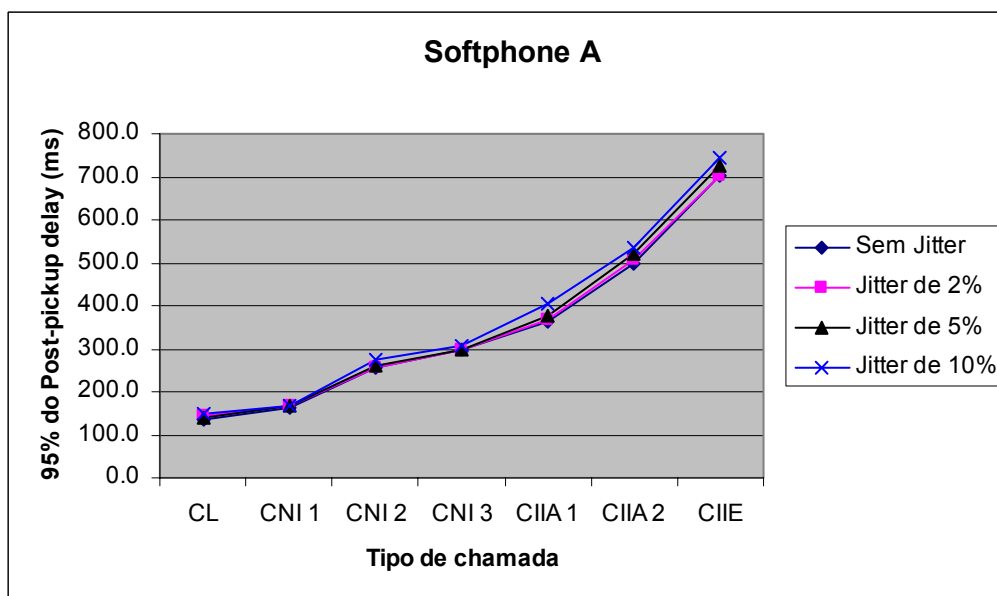


Figura 39 – 95% do PPD x TC com variação do jitter (softphone A)

E por último, seguem os resultados das medidas do CRD, representados pelas Figuras 40 e 41. Novamente, a média se manteve praticamente constante e houve pequena variação do valor de 95%. Pelo fato do *jitter* praticamente não

afetar as medidas de PDD, PPD e CRD, este não será mais variado nos próximos testes. Este foi o motivo da não utilização do *softphone B* neste teste.

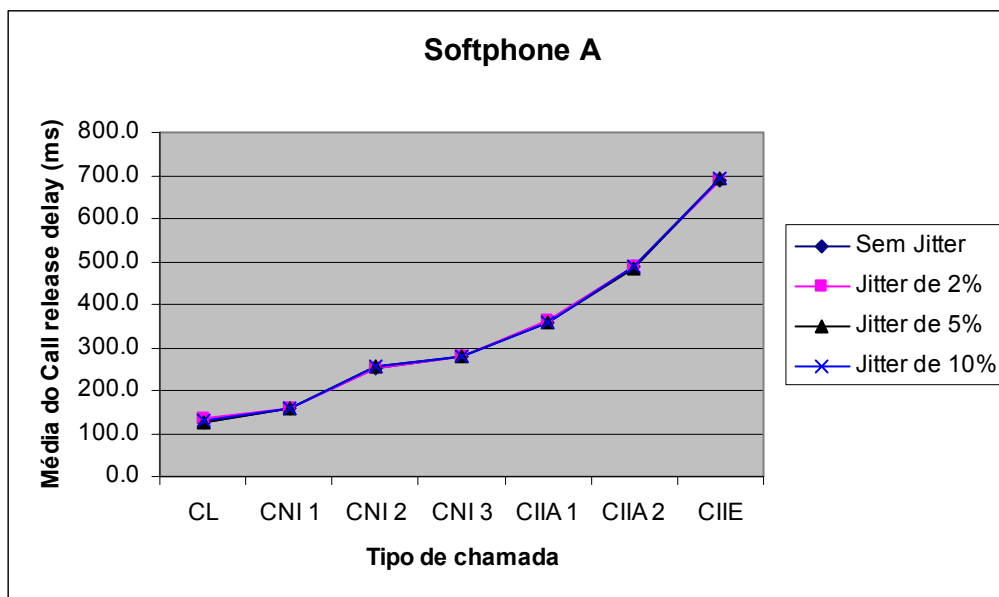


Figura 40 – Média do CRD x TC com variação do jitter (softphone A)

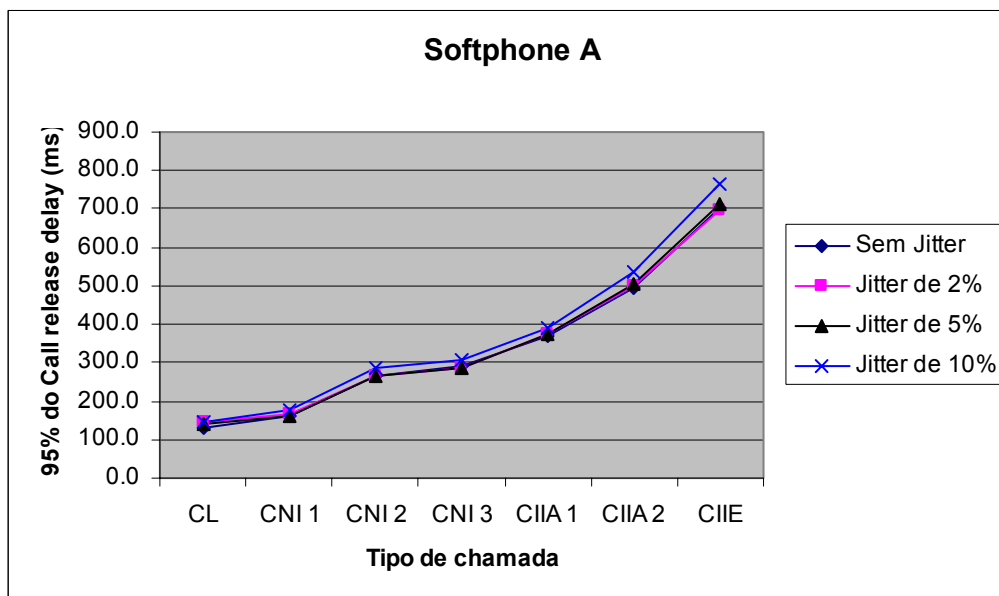


Figura 41 – 95% do CRD x TC com variação do jitter (softphone A)

4.1.3.

Cenário 1 – Variação do Tipo de Chamada e Perda de Pacotes

Neste teste, o impacto da perda de pacotes nos tempos de PDD, PPD e CRD será avaliado. Foram testados o *softphone A* e *softphone B* (UDP e TCP). É importante ressaltar que a perda de pacotes é aleatória e dependendo do

pacote perdido, isto afetará os tempos medidos com maior ou menor intensidade. No caso do SIP sobre UDP, as retransmissões são controladas por *timers* do SIP, como foi mostrado na seção 2.4.9. No caso do SIP sobre TCP, as retransmissões são controladas pelo TCP e o *timer* de retransmissão é ajustado com base no RTT (seção 3.7 da RFC 793). Os resultados para o PDD (média e valor de 95%) obtidos através do *softphone A* são apresentados nas Figuras 42 e 43.

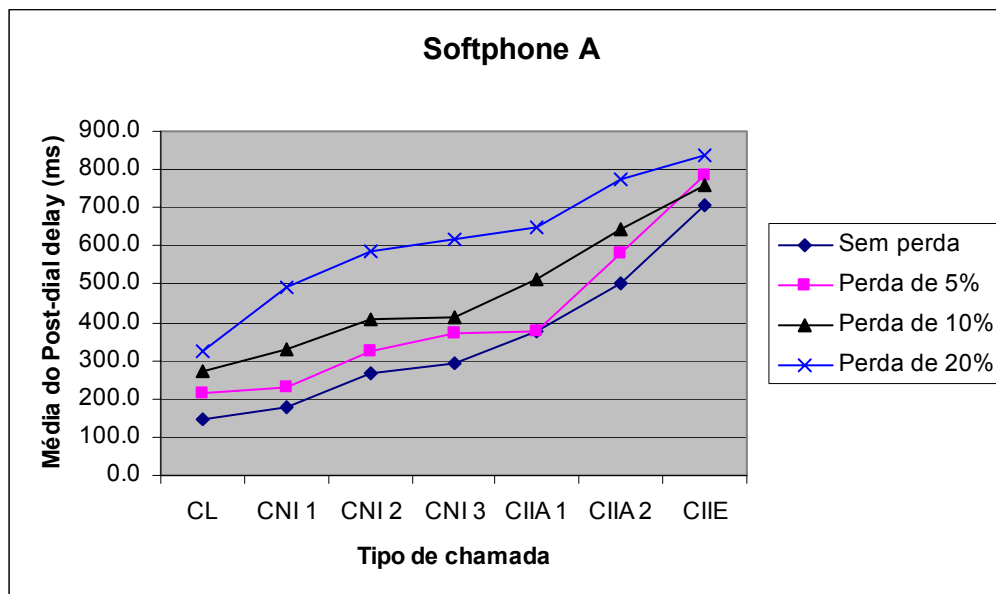


Figura 42 – Média do PDD x TC com variação da perda (softphone A)

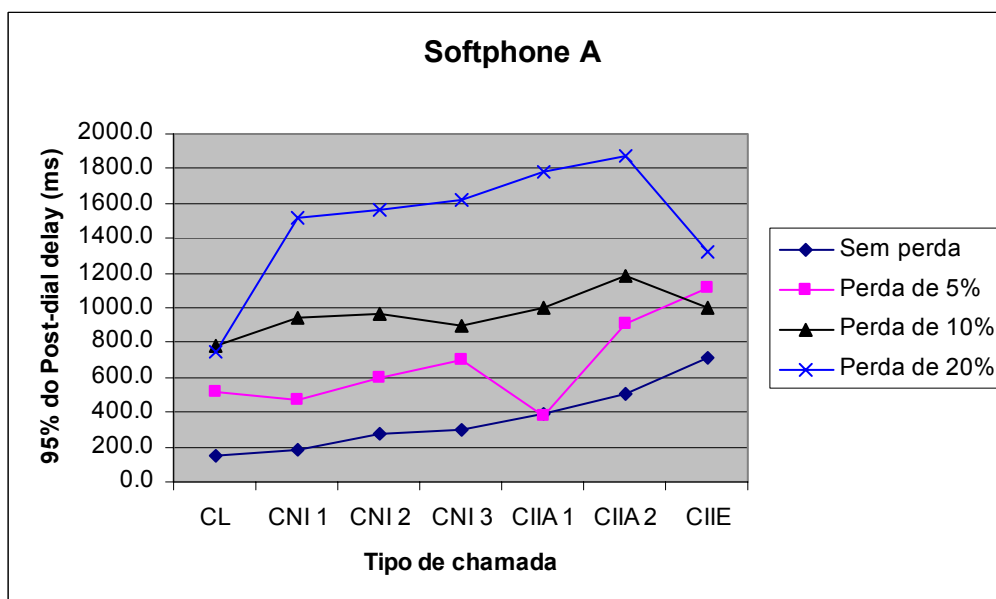


Figura 43 – 95% do PDD x TC com variação da perda (softphone A)

Na Tabela 12 são apresentados os piores valores de PDD para cada tipo de chamada e percentual de perda de pacotes. Isto ajudará a entender o comportamento da curva de 95%.

Perda	Tipo de chamada: CL		Tipo de chamada: CNI 1		Tipo de chamada: CNI 2	
	Pior PDD	Motivo	Pior PDD	Motivo	Pior PDD	Motivo
5%	804,6 ms	Perda do 1º INVITE	713,5 ms	Perda do 1º INVITE	858,6 ms	Perda do 1º INVITE
10%	865 ms	Perda do 1º INVITE	971,6 ms	Perda do 1º INVITE	975,3 ms	Perda do 1º INVITE
20%	755,2 ms	Perda do 1º INVITE	2015,1 ms	Perda dos 2 primeiros INVITE	2085,5 ms	Perda dos 2 primeiros INVITE
Perda	Tipo de chamada: CNI 3		Tipo de chamada: CIIA 1		Tipo de chamada: CIIA 2	
	Pior PDD	Motivo	Pior PDD	Motivo	Pior PDD	Motivo
5%	1014,8 ms	Perda do 1º INVITE	380,2 ms	Não houve perda	1229,9 ms	Perda do 1º INVITE
10%	972,4 ms	Perda do 1º INVITE	1055,3 ms	Perda do 1º INVITE	1221,1 ms	Perda do 1º INVITE
20%	2174,4 ms	Perda dos 2 primeiros INVITE	2345,4 ms	Perda dos 2 primeiros INVITE	2403,1 ms	Perda dos 2 primeiros INVITE
Perda	Tipo de chamada: CIIE					
	Pior PDD	Motivo				
5%	1443,6 ms	Perda do 1º INVITE				
10%	1235,7 ms	Perda do 1º INVITE				
20%	1366,8 ms	Perda do 1º INVITE				

Tabela 12 – Piores valores de PDD (softphone A)

Pelo fato da natureza da perda de pacotes ser aleatória, existirão situações onde a média de um tempo (PDD, PPD ou CRD) com um determinado valor percentual de perda de pacotes será maior que o mesmo tempo para uma perda de pacotes com percentual menor. Isto, não seria verdade caso fossem realizadas um grande número de medidas (100 medidas, por exemplo). No entanto, mesmo com um número maior de medidas para cada situação, o comportamento da média seria pouco afetado, apenas o gráfico de 95% teria mudanças significativas (deixando de ter picos). Apesar do pequeno número de medidas, os piores valores mostrados na tabela teriam pequena variação. Pode-se ver que uma inversão (valor do PDD com perda de 5% é maior que com

perda de 10%) aconteceu na medição do PDD da chamada CIIE. A natureza aleatória da perda de pacotes também explica o gráfico do valor de 95% do PDD. Por exemplo, para o gráfico que retrata a perda de pacotes de 20%, apesar da chamada CIIE possuir maior retardo de propagação que a chamada CIIA 2, o valor de 95% do PDD de CIIA 2 foi maior. Neste caso, o maior valor de PDD medido para a chamada CIIE foi de 1366,8 ms, enquanto o pior valor de PDD para a chamada CIIA 2 foi de 2403,1 ms, explicando assim a queda no gráfico. Na curva de 5% de perda, não houve perda nas chamadas CIIA 1 realizadas, provocando um pico para baixo.

Os gráficos da média e valor de 95% do PDD para *softphone* B (UDP) são apresentados nas Figuras 44 e 45. Nas Figuras 46 e 47 são apresentados os gráficos da média e valor de 95% do PDD para o *softphone* B configurado para TCP. Nas Tabelas 13 e 14 são listados os piores valores de PDD para o *softphone* B (UDP e TCP), assim como os respectivos motivos a que levaram a degradação dos valores.

No caso do *softphone* A e *softphone* B configurado com SIP sobre UDP, as chamadas que tiveram perda do pacote do 180 Ringing foram descartadas e uma nova chamada foi realizada. O motivo é que o PDD é definido como o intervalo entre o INVITE e o 180 Ringing, e a perda do 180 Ringing inviabiliza o cálculo deste indicador.

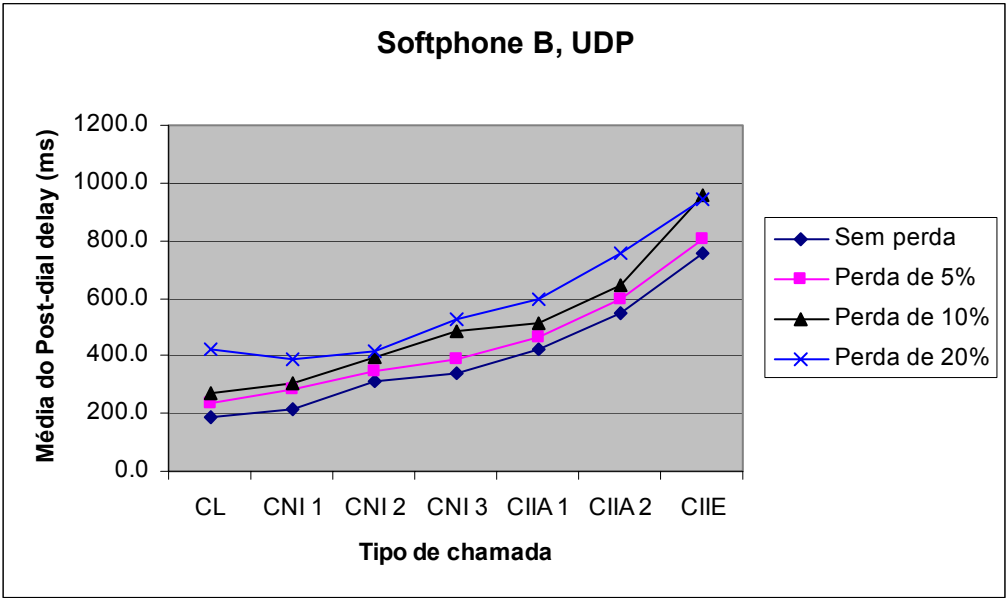


Figura 44 – Média do PDD x TC com variação da perda (softphone B, UDP)

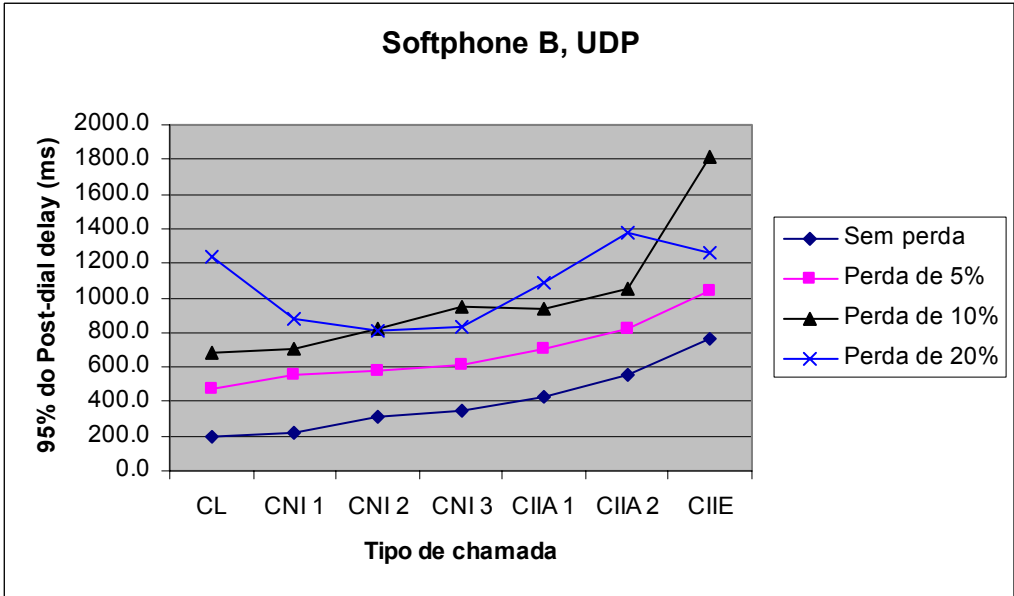


Figura 45 – 95% do PDD x TC com variação da perda (softphone B, UDP)

Perda	Tipo de chamada: CL		Tipo de chamada: CNI 1		Tipo de chamada: CNI 2	
	Pior PDD	Motivo	Pior PDD	Motivo	Pior PDD	Motivo
5%	704,9 ms	Perda do 1º INVITE	724,9 ms	Perda do 1º INVITE	786,5 ms	Perda do 1º INVITE
10%	698,5 ms	Perda do 1º INVITE	700,4 ms	Perda do 1º INVITE	824,8 ms	Perda do 1º INVITE
20%	1684,5 ms	Perda dos 2 primeiros INVITE	1005,3 ms	Perda do INVITE no primeiro e segundo trechos	817,9 ms	Perda do 1º INVITE
Perda	Tipo de chamada: CNI 3		Tipo de chamada: CIIA 1		Tipo de chamada: CIIA 2	
	Pior PDD	Motivo	Pior PDD	Motivo	Pior PDD	Motivo
5%	833,3 ms	Perda do 1º INVITE	919,8 ms	Perda do 1º INVITE	1037,5 ms	Perda do 1º INVITE
10%	1031,5 ms	Perda do INVITE no primeiro e segundo trechos	949,2 ms	Perda do 1º INVITE	1048,1 ms	Perda do 1º INVITE
20%	829,7 ms	Perda do 1º INVITE	1173,2 ms	Perda do INVITE no segundo trecho	1644,9 ms	Perda dos 2 primeiros INVITE
Perda	Tipo de chamada: CIIE					
	Pior PDD	Motivo				
5%	1254,6 ms	Perda do 1º INVITE				
10%	2258,1 ms	Perda dos 2 primeiros INVITE				
20%	1262,3 ms	Perda do INVITE no segundo trecho				

Tabela 13 – Piores valores de PDD (softphone B, UDP)

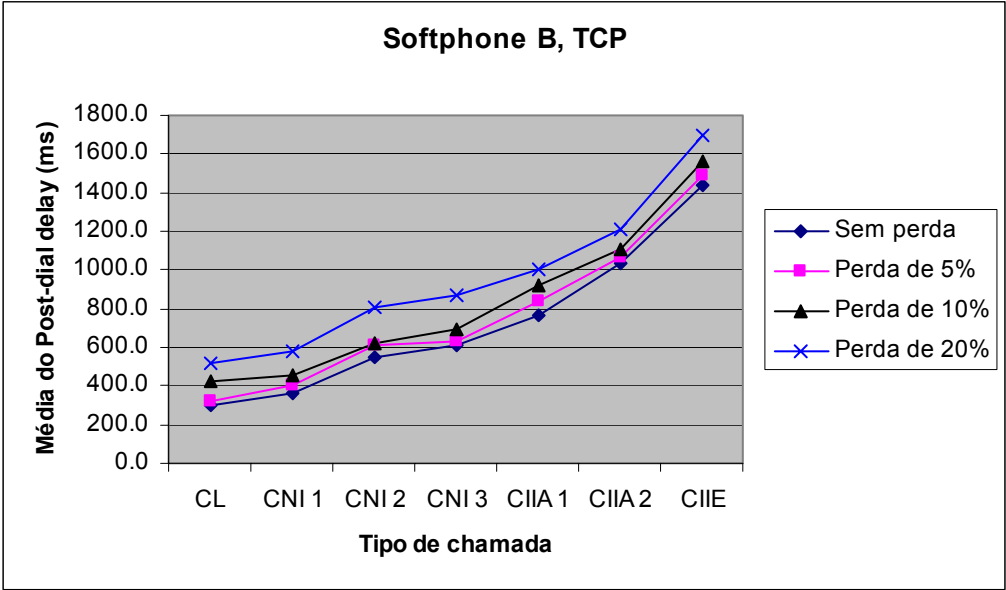


Figura 46 – Média do PDD x TC com variação da perda (softphone B, TCP)

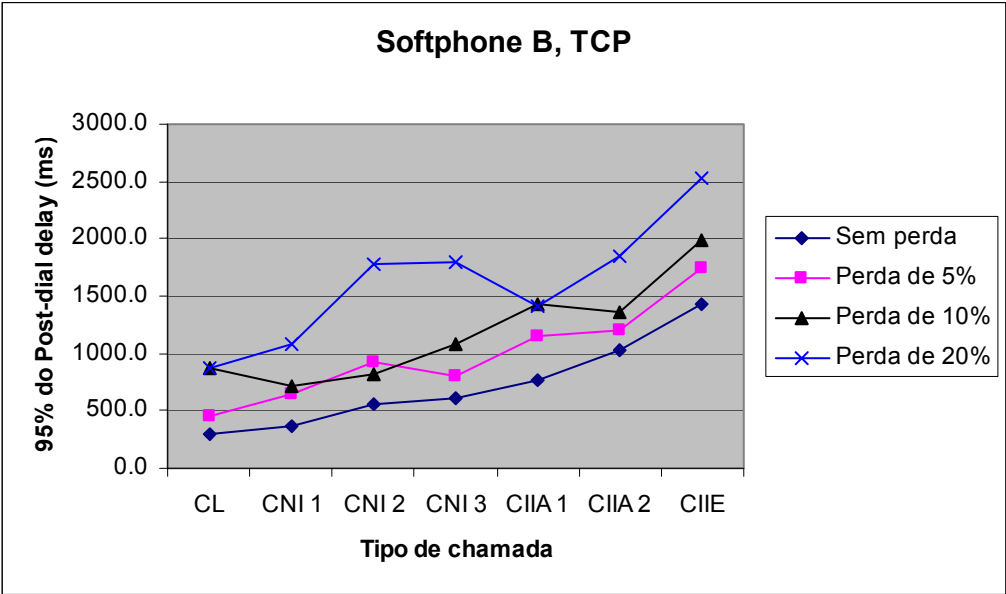


Figura 47 – 95% do PDD x TC com variação da perda (softphone B, TCP)

Perda	Tipo de chamada: CL		Tipo de chamada: CNI 1		Tipo de chamada: CNI 2	
	Pior PDD	Motivo	Pior PDD	Motivo	Pior PDD	Motivo
5%	578,4 ms	Perda do 1º INVITE	875,9 ms	Perda do 180 Ringing	1223,2 ms	Perda do 180 Ringing
10%	1125,6 ms	Perda dos 2 primeiros INVITE	793,7 ms	Perda do 180 Ringing	833,7 ms	Perda do 1º INVITE
20%	898,4 ms	Perda do 180 Ringing	1285,8	Perda dos 2 primeiros INVITE	2328,8 ms	Perda do 1º INVITE e 180 Ringing
Perda	Tipo de chamada: CNI 3		Tipo de chamada: CIIA 1		Tipo de chamada: CIIA 2	
	Pior PDD	Motivo	Pior PDD	Motivo	Pior PDD	Motivo
5%	961,5 ms	Perda do 1º INVITE	1463,5 ms	Perda do 180 Ringing	1316 ms	Perda do 1º INVITE
10%	1212,5 ms	Perda do 180 Ringing	1676,9 ms	Perda dos 2 primeiros INVITE	1392,3 ms	Perda do 1º INVITE
20%	2314,4 ms	Perda de 2 180 Ringing	1426,7 ms	Perda do 180 Ringing	1856,4 ms	Perda dos 2 primeiros INVITE
Perda	Tipo de chamada: CIIE					
	Pior PDD	Motivo				
5%	1969,2 ms	Perda do 1º INVITE				
10%	2061,7 ms	Perda do 1º INVITE				
20%	2956,2 ms	Perda dos 2 primeiros INVITE				

Tabela 14 – Piores valores de PDD (softphone B, TCP)

Comparando-se o PDD do *softphone* B com SIP sobre UDP e SIP sobre TCP, nota-se novamente o impacto do uso do TCP como protocolo de transporte do SIP. Com o TCP, as respostas de classe 1xx passaram a ser transportadas confiavelmente, já que com o UDP, estas mensagens não tinham qualquer mecanismo de confiabilidade (ver seção 2.4.9). Pode ver na Tabela 14 que a retransmissão do 180 Ringing passou a afetar no tempo de PDD. No caso do SIP sobre UDP, quando o pacote do 180 Ringing era perdido, a chamada era descartada e uma nova chamada era realizada. O motivo é que o PDD é definido

como o intervalo entre o INVITE e o 180 Ringing, e a perda do 180 Ringing inviabiliza o cálculo deste indicador.

A curva do valor de 95% do PDD do *softphone* B com SIP sobre UDP possui um comportamento atípico que pode ser explicado pela perda das duas primeiras mensagens INVITE da chamada CL e CIIE 2 para perda de 20% e 10%, respectivamente.

As Figuras 48 e 49 apresentam os gráficos da média e valor de 95% do PPD com a variação do tipo de chamada e perda de pacotes para o *softphone* A. A Tabela 15 lista os piores valores de PPD e apresenta os respectivos motivos que levaram a degradação dos tempos.

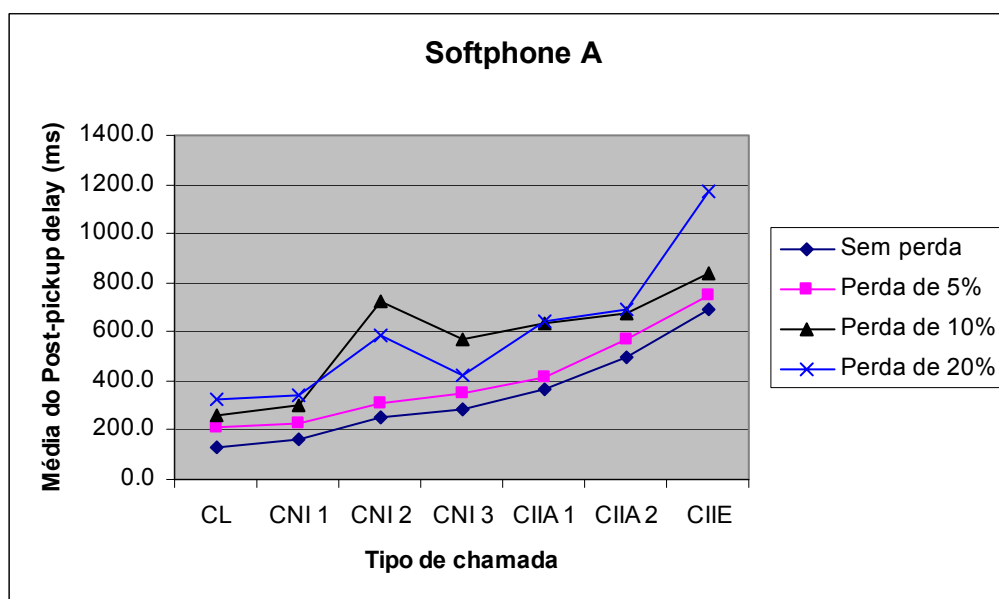


Figura 48 – Média do PPD x TC com variação da perda (softphone A)

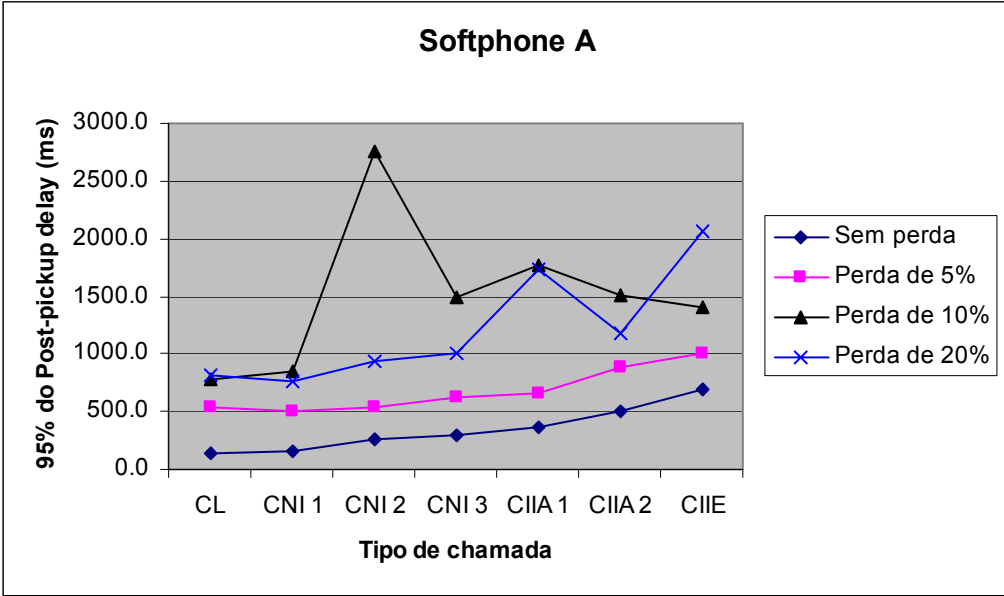


Figura 49 – 95% do PPD x TC com variação da perda (softphone A)

Perda	Tipo de chamada: CL		Tipo de chamada: CNI 1		Tipo de chamada: CNI 2	
	Pior PPD	Motivo	Pior PPD	Motivo	Pior PPD	Motivo
5%	839,1 ms	Perda do 200 OK	790,1 ms	Perda do 200 OK	781,6 ms	Perda do ACK
10%	791,1 ms	Perda do 200 OK	793,6 ms	Perda do ACK	4218,7 ms	Perda do 200 OK e 2 ACK
20%	839,5 ms	Perda do 200 OK	823,4 ms	Perda do ACK	950,8 ms	Perda do 200 OK
Perda	Tipo de chamada: CNI 3		Tipo de chamada: CIIA 1		Tipo de chamada: CIIA 2	
	Pior PPD	Motivo	Pior PPD	Motivo	Pior PPD	Motivo
5%	905 ms	Perda do ACK	889,3 ms	Perda do 200 OK	1168,8 ms	Perda do 200 OK
10%	2004,9 ms	Perda de 2 ACK	1061,7 ms	Perda do 200 OK	2311,8 ms	Perda do 200 OK e ACK
20%	1023,3 ms	Perda do 200 OK	2301,4 ms	Perda de 2 200 OK	1188,6 ms	Perda do 200 OK
Perda	Tipo de chamada: CIIE					
	Pior PPD	Motivo				
5%	1226,4 ms	Perda do 200 OK				
10%	1429,3 ms	Perda do 200 OK				
20%	2532,7 ms	Perda do 200 OK e ACK				

Tabela 15 – Piores valores de PPD (softphone A)

Analizando os gráficos e fazendo uma correlação com os piores valores de PPD apresentados na tabela, é possível explicar o comportamento das curvas. Basicamente, o pior valor de PPD obtido para perda de pacotes de 10% para a chamada CNI 2 (4218,7 ms) provocou um pico de valor muito superior ao PPD obtido para perda de 20% para a mesma chamada. Este comportamento é bem definido no gráfico de 95% do PPD, embora apareça com menor intensidade no gráfico da média do PPD. Esta distorção foi provocada por uma perda da primeira mensagem 200 OK, seguido de duas perdas das mensagens ACK.

Analizando a tabela com os piores valores de PPD, percebe-se que às vezes para um mesmo tipo de perda em uma determinada chamada, o valor do PPD difere. A razão pode estar na implementação do *softphone* ou, mesmo, no desempenho do computador. Durante toda esta seção, isto voltará a acontecer com o *softphone* B e com os outros indicadores.

As Figuras 50 e 51 apresentam os gráficos da média e valor de 95% do PPD com a variação do tipo de chamada e perda de pacotes para o *softphone* B com SIP sobre UDP e as Figuras 52 e 53 para o caso do SIP sobre TCP. As Tabelas 16 e 17 listam os piores valores de PPD e os respectivos motivos que levaram a degradação dos tempos.

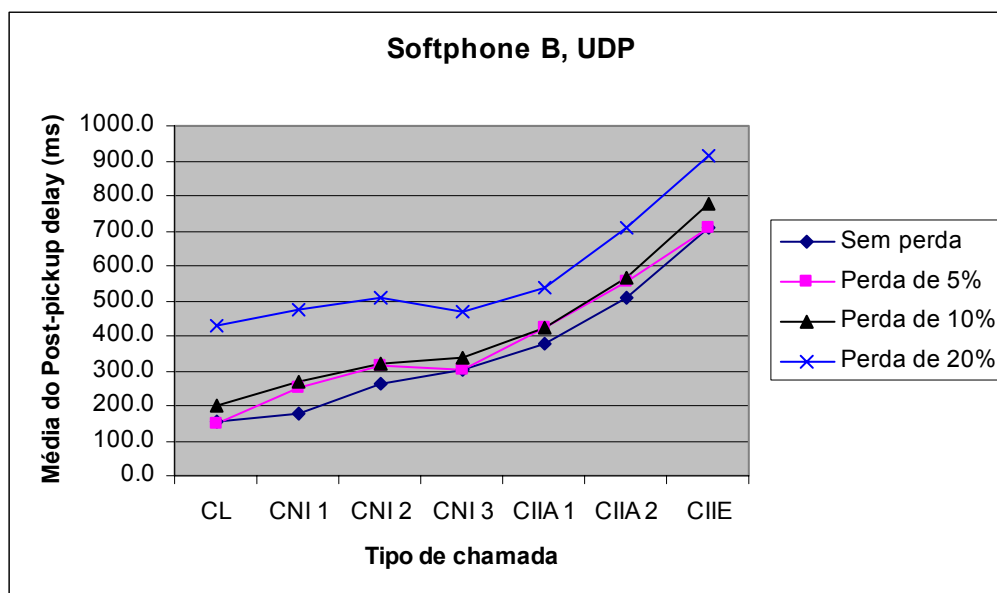


Figura 50 – Média do PPD x TC com variação da perda (softphone B, UDP)

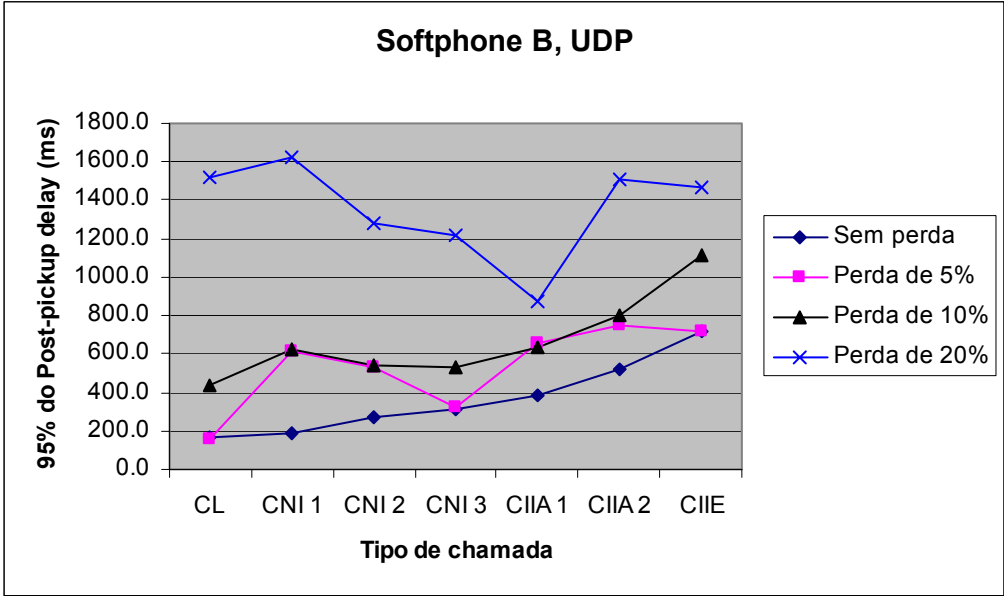


Figura 51 – 95% do PPD x TC com variação da perda (softphone B, UDP)

Perda	Tipo de chamada: CL		Tipo de chamada: CNI 1		Tipo de chamada: CNI 2	
	Pior PPD	Motivo	Pior PPD	Motivo	Pior PPD	Motivo
5%	160,2 ms	Não houve perda	971,7 ms	Perda do ACK	723 ms	Perda do 200 OK
10%	642,4 ms	Perda do 200 OK	657,2 ms	Perda do 200 OK	753,6 ms	Perda do 200 OK
20%	1525,6 ms	Perda do 200 OK e ACK	1661,2 ms	Perda do 200 OK e ACK	1743,2 ms	Perda dos 2 primeiros 200 OK
Perda	Tipo de chamada: CNI 3		Tipo de chamada: CIIA 1		Tipo de chamada: CIIA 2	
	Pior PPD	Motivo	Pior PPD	Motivo	Pior PPD	Motivo
5%	328,5 ms	Não houve perda	870,4 ms	Perda do 200 OK	934,9 ms	Perda do 200 OK
10%	720,4 ms	Perda do ACK	812,7 ms	Perda do 200 OK	863,8 ms	Perda do 200 OK
20%	1632 ms	Perda do ACK e 200 OK	871,3 ms	Perda do ACK	1935,7 ms	Perda de 2 ACK
Perda	Tipo de chamada: CIIE					
	Pior PPD	Motivo				
5%	717,6 ms	Não houve perda				
10%	1441 ms	Perda do 200 OK				
20%	1745,7 ms	Perda do ACK				

Tabela 16 – Piores valores de PPD (softphone B, UDP)

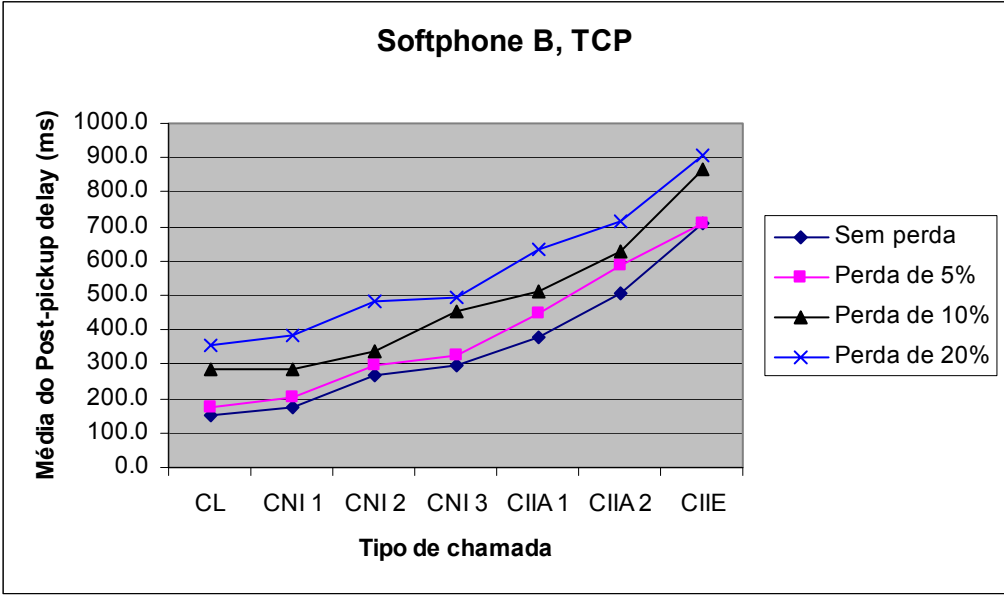


Figura 52 – Média do PPD x TC com variação da perda (softphone B, TCP)

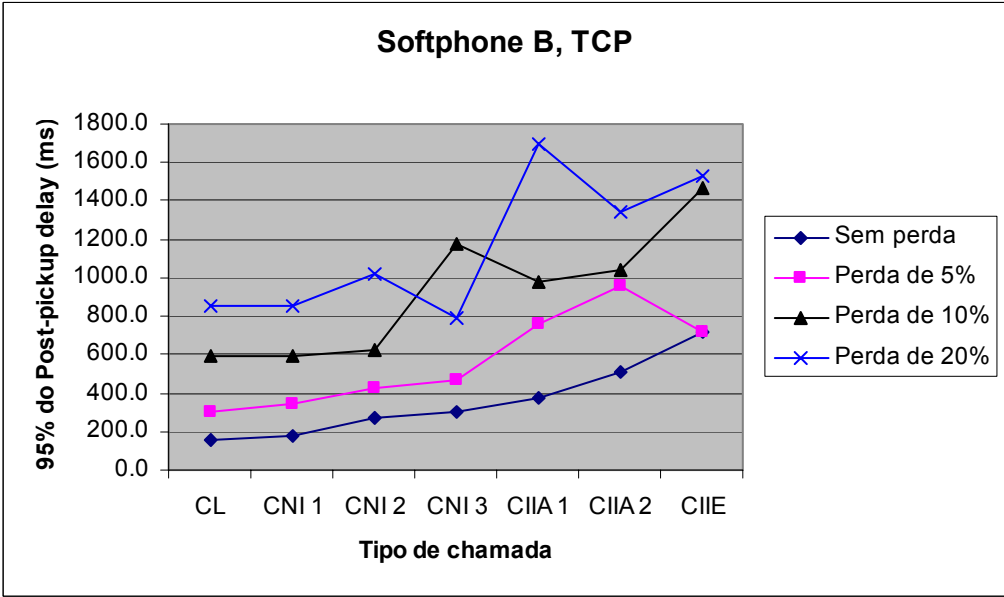


Figura 53 – 95% do PPD x TC com variação da perda (softphone B, TCP)

Perda	Tipo de chamada: CL		Tipo de chamada: CNI 1		Tipo de chamada: CNI 2	
	Pior PPD	Motivo	Pior PPD	Motivo	Pior PPD	Motivo
5%	430,1 ms	Perda do ACK	487,2 ms	Perda do ACK	542,6 ms	Perda do ACK
10%	697,7 ms	Perda do 200 OK	594,3 ms	Perda do 200 OK	843,3 ms	Perda do 200 OK
20%	959,3 ms	Perda do 200 OK	1057,2 ms	Perda de 2 ACK	1093,9 ms	Perda de 2 ACK
Perda	Tipo de chamada: CNI 3		Tipo de chamada: CIIA 1		Tipo de chamada: CIIA 2	
	Pior PPD	Motivo	Pior PPD	Motivo	Pior PPD	Motivo
5%	603,3 ms	Perda do ACK	1030,3 ms	Perda do 200 OK	1305,2 ms	Perda do 200 OK
10%	1852,7 ms	Perda dos 2 primeiros 200 OK	983,5 ms	Perda do 200 OK	1248,1 ms	Perda do 200 OK
20%	938,7 ms	Perda do 200 OK	2523,3 ms	Perda de 3 ACK	1390,6 ms	Perda do 200 OK
Perda	Tipo de chamada: CIIE					
	Pior PPD	Motivo				
5%	733,6 ms	Não houve perda				
10%	1587,8 ms	Perda do 200 OK				
20%	1819,3 ms	Perda do 200 OK				

Tabela 17 – Piores valores de PPD (softphone B, TCP)

Novamente, o comportamento dos gráficos do valor de 95% do PPD pode ser explicado pelos piores valores de PPD listados na tabela.

Comparando-se os piores valores de PPD do *softphone* B com SIP sobre UDP e SIP sobre TCP, percebe-se que para mesmos tipos de perdas, o PPD do SIP sobre TCP é menor. Isso é explicado pelo esquema de retransmissões do TCP ser baseado no RTT, enquanto os *timers* do SIP são baseados em valores fixos de RTT (seção 2.4.9). Esta diferença torna-se evidente em relação ao PDD, pois os valores de PDD com SIP sobre TCP contabilizam o tempo para estabelecimento da conexão TCP.

Outra observação interessante refere-se a retransmissão do ACK quando o SIP é usado sobre TCP. No caso de SIP sobre UDP, o ACK nunca é retransmitido, a retransmissão é sempre do 200 OK (seção 2.4.9).

As Figuras 54 e 55 apresentam os gráficos da média e valor de 95% do CRD para o *softphone* A com a variação do tipo de chamada e perda de

pacotes. A Tabela 18 lista os piores valores de CRD e os respectivos motivos que levaram a degradação dos tempos.

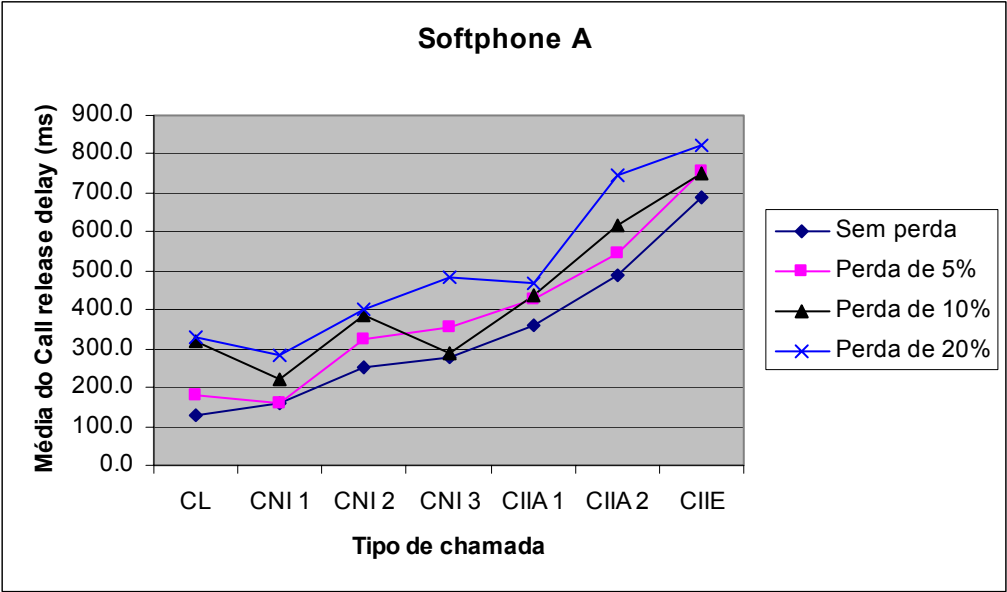


Figura 54 – Média do CRD x TC com variação da perda (softphone A)

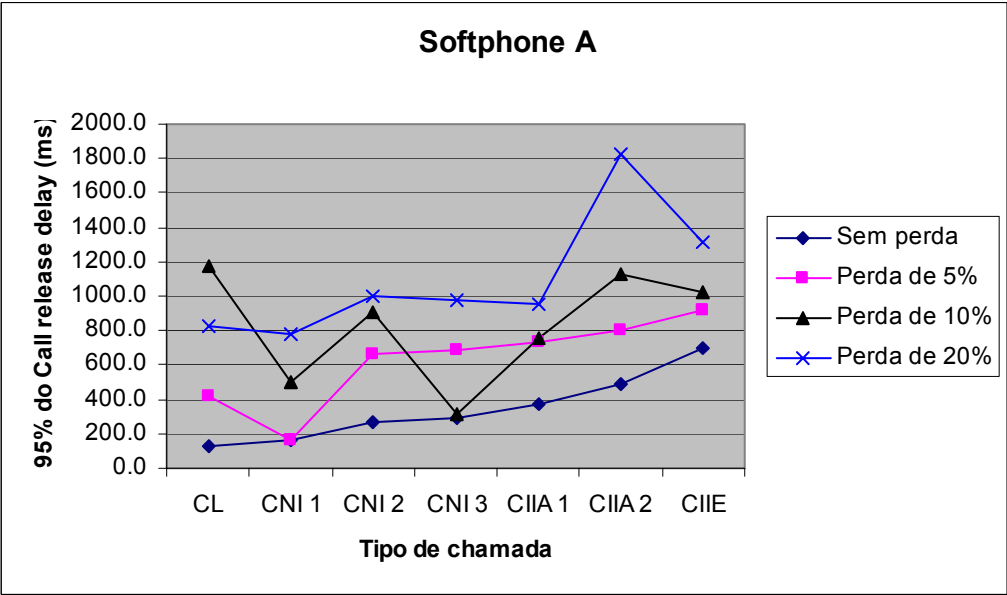


Figura 55 – 95% do CRD x TC com variação da perda (softphone A)

Perda	Tipo de chamada: CL		Tipo de chamada: CNI 1		Tipo de chamada: CNI 2	
	Pior CRD	Motivo	Pior CRD	Motivo	Pior CRD	Motivo
5%	644,2 ms	Perda do 1º BYE	158,4ms	Não houve perda	983,7 ms	Perda do 1º BYE
10%	2007,6 ms	Perda dos 2 primeiros BYE	779,8 ms	Perda do 1º BYE	931,7 ms	Perda do 1º BYE
20%	838,1 ms	Perda do 1º BYE	838,6 ms	Perda do 1º BYE	1055,2 ms	Perda do 1º BYE
Perda	Tipo de chamada: CNI 3		Tipo de chamada: CIIA 1		Tipo de chamada: CIIA 2	
	Pior CRD	Motivo	Pior CRD	Motivo	Pior CRD	Motivo
5%	1007,5 ms	Perda do 1º BYE	1035,9 ms	Perda do 1º BYE	1033 ms	Perda do 1º BYE
10%	291,4 ms	Não houve perda	992,7 ms	Perda do 1º BYE	1172,2 ms	Perda do 1º BYE
20%	1026,8 ms	Perda do 1º BYE	1046,3 ms	Perda do 1º BYE	2394,2 ms	Perda dos 2 primeiros BYE
Perda	Tipo de chamada: CIIE					
	Pior CRD	Motivo				
5%	929,5 ms	Não houve perda				
10%	1279 ms	Perda do 1º BYE				
20%	1287,7 ms	Perda do 1º BYE				

Tabela 18 – Piores valores de CRD (softphone A)

Para este *softphone*, as chamadas que tiveram perda do pacote do 200 OK foram descartadas e uma nova chamada foi realizada. O motivo é que em caso de perda do 200 OK, o BYE deve ser retransmitido. No entanto, quando o UA A retransmitia o BYE, e o UA B o recebia, ele não respondia com um novo 200 OK e a transação expirava. Este fato ocorreu diversas vezes e parece ser uma falha de implementação do *softphone* A. Neste caso, o cálculo do CRD não era possível e uma nova chamada era realizada.

Quanto ao comportamento dos gráficos, de novo o gráfico de 95% do valor do CRD chama mais atenção pela curva atípica. A perda dos dois primeiros pacotes do BYE na chamada CL para perda de 10% afetou a média e valor de 95% do CRD. A ausência de perdas na chamada CNI 3 para perda de 10%, provocou um pico para baixo na curva. E por último, a perda dos dois primeiros pacotes do BYE na chamada CIIA 2 acentuou o pico da curva da perda de 20%.

A seguir, são apresentados a média e valor de 95% do CRD para o *softphone* B, tanto para SIP sobre UDP (Figuras 56 e 57) quanto SIP sobre TCP (Figuras 58 e 59), assim como os piores valores de CRD e os respectivos motivos que levaram a degradação dos tempos (Tabelas 19 e 20).

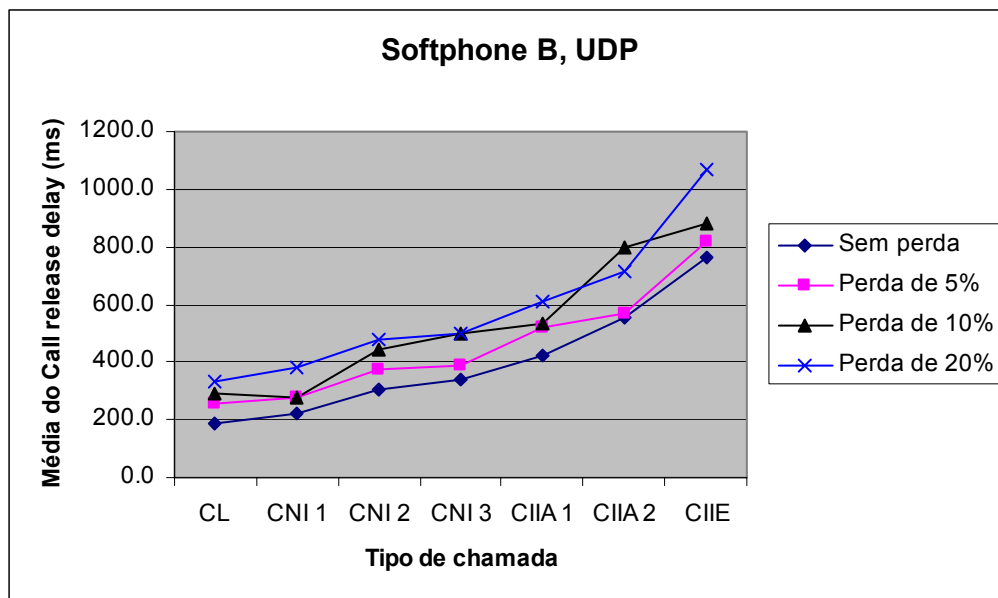


Figura 56 – Média do CRD x TC com variação da perda (softphone B, UDP)

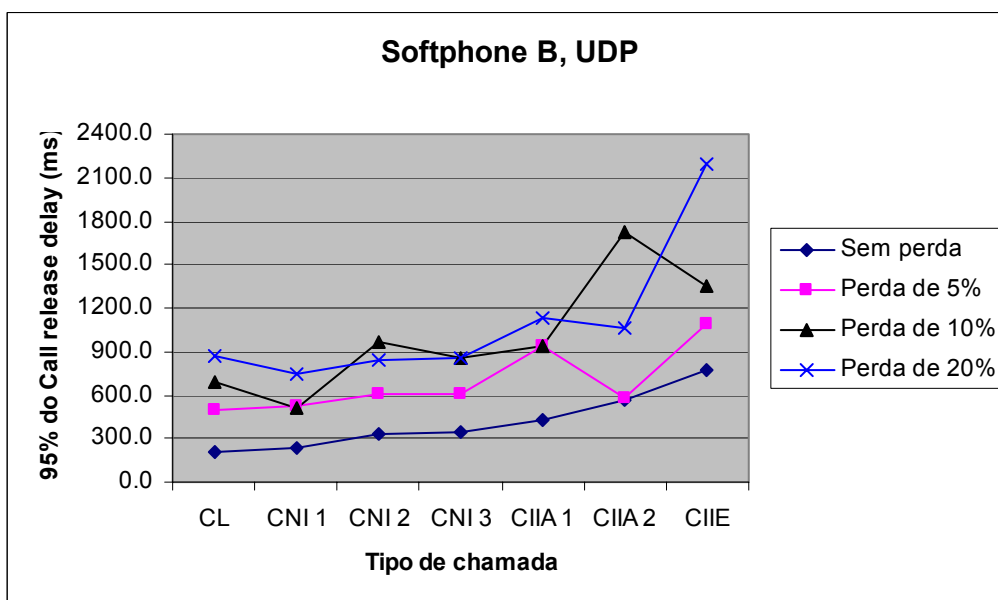


Figura 57 – 95% do CRD x TC com variação da perda (softphone B, UDP)

Perda	Tipo de chamada: CL		Tipo de chamada: CNI 1		Tipo de chamada: CNI 2	
	Pior CRD	Motivo	Pior CRD	Motivo	Pior CRD	Motivo
5%	710,1 ms	Perda do 1º BYE	738,6 ms	Perda do 1º BYE	832,8 ms	Perda do 1º BYE
10%	708,7 ms	Perda do 1º BYE	715,9 ms	Perda do 1º BYE	1082,2 ms	Perda do 200 OK
20%	1010 ms	Perda do 200 OK	753,2 ms	Perda do 1º BYE	843,9 ms	Perda do 1º BYE
Perda	Tipo de chamada: CNI 3		Tipo de chamada: CIIA 1		Tipo de chamada: CIIA 2	
	Pior CRD	Motivo	Pior CRD	Motivo	Pior CRD	Motivo
5%	814,7 ms	Perda do 200 OK	1320,6 ms	Perda do 200 OK	586,8 ms	Não houve perda
10%	867,5 ms	Perda do 1º BYE	950,5 ms	Perda do 1º BYE	2055,2 ms	Perda dos 2 primeiros BYE
20%	861 ms	Perda do 1º BYE	1273,3 ms	Perda do 200 OK	1073,2 ms	Perda do 1º BYE
Perda	Tipo de chamada: CIIE					
	Pior CRD	Motivo				
5%	1354,2 ms	Perda do 1º BYE				
10%	1434 ms	Perda do 200 OK				
20%	1514,5 ms	Perda do 200 OK				

Tabela 19 – Piores valores de CRD (softphone B, UDP)

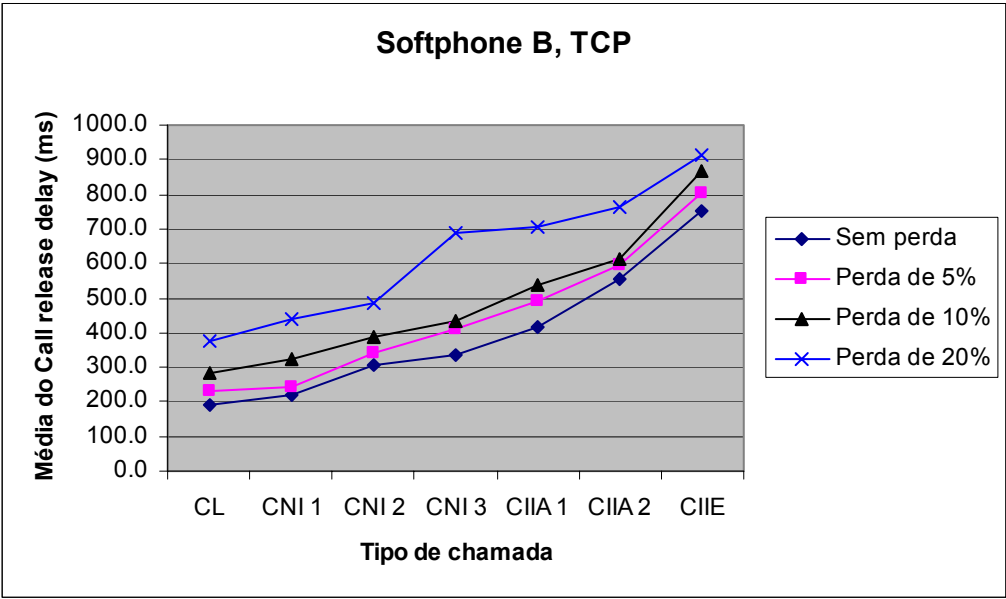


Figura 58 – Média do CRD x TC com variação da perda (softphone B, TCP)

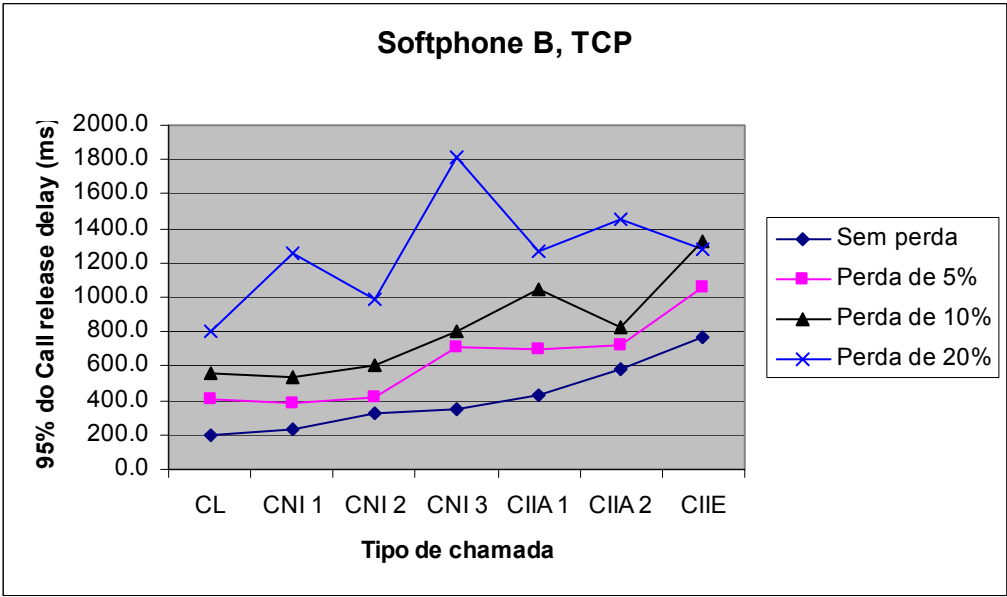


Figura 59 – 95% do PDD x TC com variação da perda (softphone B, TCP)

Perda	Tipo de chamada: CL		Tipo de chamada: CNI 1		Tipo de chamada: CNI 2	
	Pior CRD	Motivo	Pior CRD	Motivo	Pior CRD	Motivo
5%	569,5 ms	Perda do 1º BYE	487,9 ms	Perda do 1º BYE	433,9 ms	Não houve perda
10%	631,5 ms	Perda do 200 OK	549,3 ms	Perda do 200 OK	628 ms	Perda do 1º BYE
20%	825,9 ms	Perda do 200 OK	1729,6	Perda de 200 OK	1212,6 ms	Perda de 2 BYE
Perda	Tipo de chamada: CNI 3		Tipo de chamada: CIIA 1		Tipo de chamada: CIIA 2	
	Pior CRD	Motivo	Pior CRD	Motivo	Pior CRD	Motivo
5%	929,2 ms	Perda do 200 OK	827,1 ms	Perda do 1º BYE	812,8 ms	Perda do 1º BYE
10%	843,8 ms	Perda do 200 OK	1217,5 ms	Perda do 200 OK	814,5 ms	Perda do 1º BYE
20%	2526 ms	Perda de 200 OK	1445,4 ms	Perda do 200 OK	1345,5 ms	Perda do 200 OK
Perda	Tipo de chamada: CIIE					
	Pior CRD	Motivo				
5%	1277,9 ms	Perda do 1º BYE				
10%	1330,6 ms	Perda do 1º BYE				
20%	1290,2 ms	Perda do 1º BYE				

Tabela 20 – Piores valores de CRD (softphone B, TCP)

Para o *softphone* B com SIP sobre UDP, o comportamento da curva da perda de 10% é afetada pelo pior CRD da chamada CIIA 2, enquanto que para perda de 5%, a chamada CIIA 2 não teve o CRD aumentado pela perda de pacotes. O *softphone* B não possui a falha ocorrida com o *softphone* A, quando o pacote do 200 OK era perdido. Quando o pacote de 200 OK é perdido, o UA A retransmite um novo BYE, em conformidade com [1].

Já para o SIP sobre TCP, se o pacote 200 OK for perdido, ele será retransmitido pelo TCP. De novo, comparando-se os piores valores de CRD do *softphone* B com SIP sobre UDP e SIP sobre TCP, percebe-se que para mesmos tipos de perdas, o CRD do SIP sobre TCP é menor.

Ainda para *softphone* B com SIP sobre TCP, a curva do valor de 95% do CRD para perda de 20% foi fortemente afetada pela perda de 2 pacotes do 200 OK para a chamada CNI1 e CNI 3, provocando dois grandes picos na curva.

É interessante observar que após o término da chamada, o *softphone* B não desconectava a conexão TCP de imediato. A conexão TCP permanecia por algum tempo (em torno de 5 minutos) no estado TIME_WAIT até a troca de mensagens FIN que terminava a conexão.

4.1.4.

Cenário 1 – Variação da Largura de Banda

Neste teste, foram escolhidos diversos valores de bandas de modo que o desempenho do SIP fosse limitado e quantificado. Apenas o *softphone* A foi utilizado, já que o mesmo apresentou melhor desempenho que o *softphone* B. Foram escolhidos os seguintes valores: 2,4, 4,8, 9,6, 33,6, 64, 128, 256, 512Kbps e 2Mbps. O tamanho das mensagens está diretamente relacionado com o PDD, PPD e CRD, e por isso o tamanho médio das mensagens enviadas pelo *softphone* A e pelo *proxy* estão listados na Tabela 21.

Mensagem	Tamanho (bytes)
INVITE com SDP	827
100 Trying (enviado pelo proxy)	420
100 Trying (enviado pelo UA B)	540
180 Ringing	512
200 OK com SDP	831
ACK	499
BYE	543
200 OK	445

Tabela 21 – Tamanho médio das mensagens SIP

Os resultados do PDD para diferentes larguras de banda são mostrados na Figura 60. O PDD para a banda de 2,4 Kbps foi de 1726,5 ms, 867,7 ms para banda de 4,8 Kbps e caindo linearmente até se estabilizar em torno de 31 ms para bandas acima de 256Kbps.

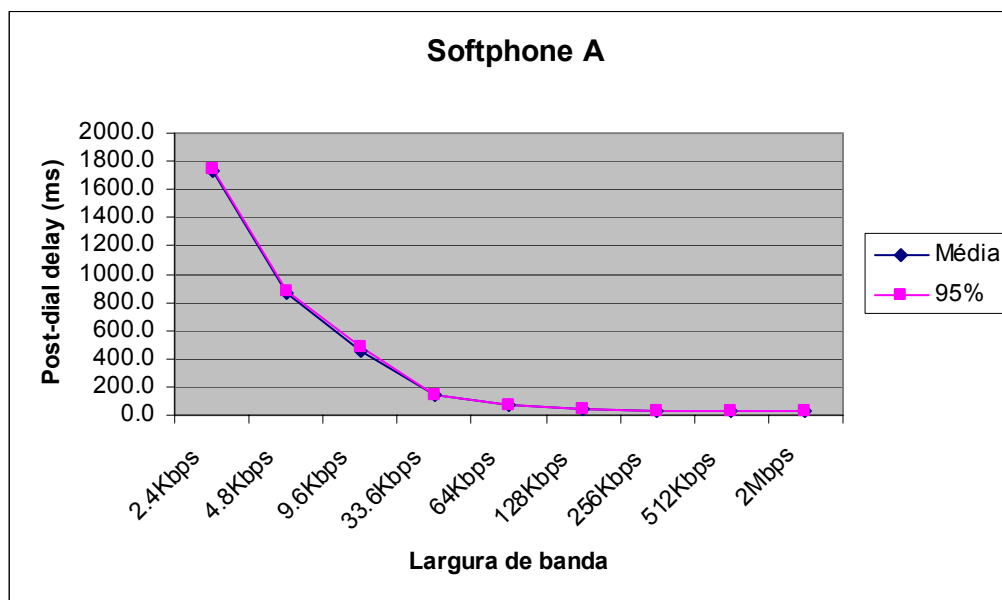


Figura 60 – Média e 95% do PDD x Largura de banda (softphone A)

A Figura 61 mostra o comportamento do PPD com a variação da banda. O valor fica constante a partir de 4,8 Kbps em 14 ms, enquanto que para 2,4 Kbps, o PPD é de 320 ms e o valor de 95% é de 580 ms.

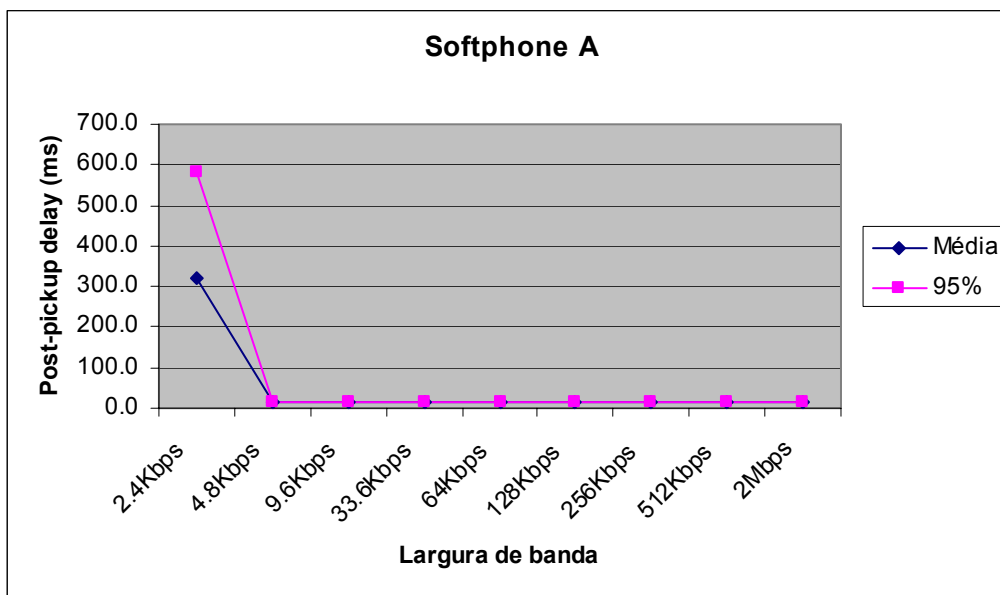


Figura 61 – Média e 95% do PPD x Largura de banda (softphone A)

A Figura 62 mostra o comportamento do CRD com a variação da banda. Para a banda de 2,4 Kbps, o CRD é de 13 ms e o valor de 95% é de 34,8 ms. Para a banda de 4,8 Kbps, o CRD é de 8,4 ms e o valor de 95% é de 11,2 ms. A partir de 9,6 Kbps, o CRD fica praticamente constante em torno de 7,5ms, com pequenas variações no valor de 95%.

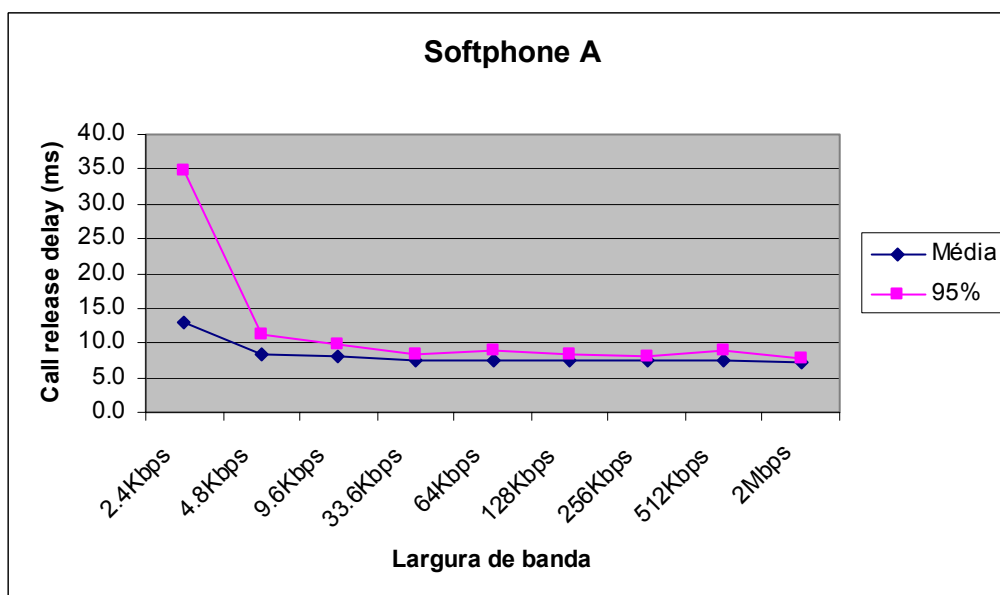


Figura 62 – Média e 95% do CRD x Largura de banda (softphone A)

4.1.5.

Cenário 2 – Variação do Tipo de Chamada

Este teste é igual ao realizado na seção 4.1.1 com a diferença de que agora são utilizados dois *proxies*. Como já foi possível comparar o desempenho do SIP sobre UDP com o SIP sobre TCP, neste cenário será utilizado apenas o *softphone* A. Os resultados deste teste servirão de referência para o teste em que a perda de pacotes será variada. A relação entre o tipo da chamada e o PDD é apresentada graficamente na Figura 63. Em ambiente de LAN, o PDD foi de 34,5 ms para o *softphone* A, ou seja, houve um aumento da ordem de 50% em relação ao PDD medido em ambiente LAN do cenário 1 para o mesmo *softphone*.

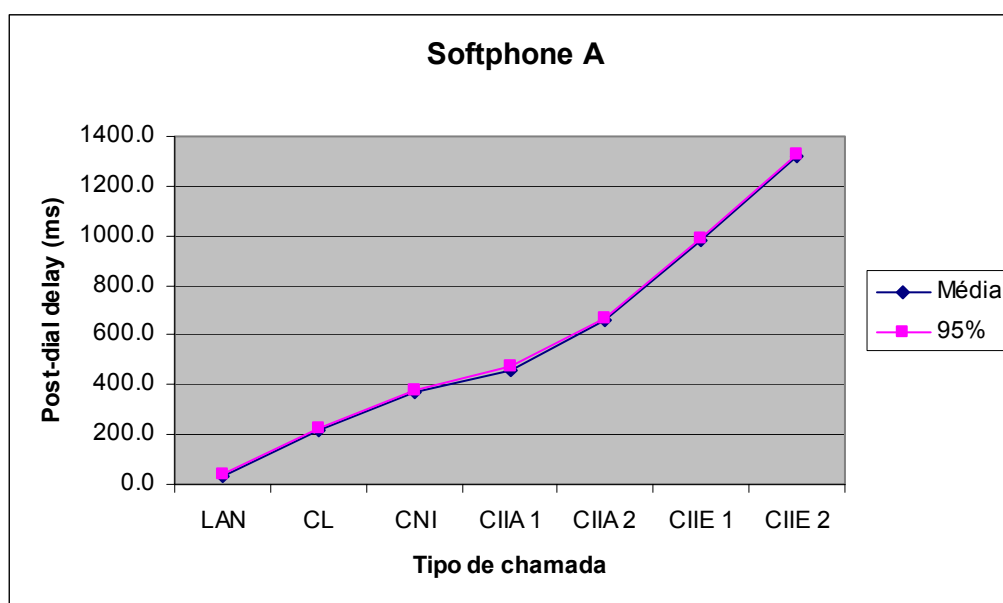


Figura 63 – Média e 95% do PDD x TC (softphone A)

O valor de 95% acompanha a média, como era de se esperar, já que não há variação dos parâmetros de qualidade da rede.

A inclusão de um *proxy* a mais elevou bastante os tempos de PDD, já que os cenários agora são outros, ou seja, uma localidade a mais foi inserida. Isto mostra que o roteamento da chamada é de fundamental importância nos tempos de PDD, PPD e CRD. Tanto na chamada CIIIE 1 quanto na chamada CIIIE 2, o UA 1 estabelece uma sessão com o UA 2 (apenas as localidades se invertem), mas os tempos de PDD são bem diferentes, pois a localização dos *proxies* é diferente.

O comportamento da média e o valor de 95% do PPD com a variação do tipo de chamada são apresentados na Figura 64. Em ambiente de LAN, o PPD foi de 16,4 ms, enquanto que no cenário 1, o PPD foi de 11 ms, ou seja, novamente há um aumento da ordem de 50% do PPD do cenário 2 em relação ao cenário 1 para ambiente LAN.

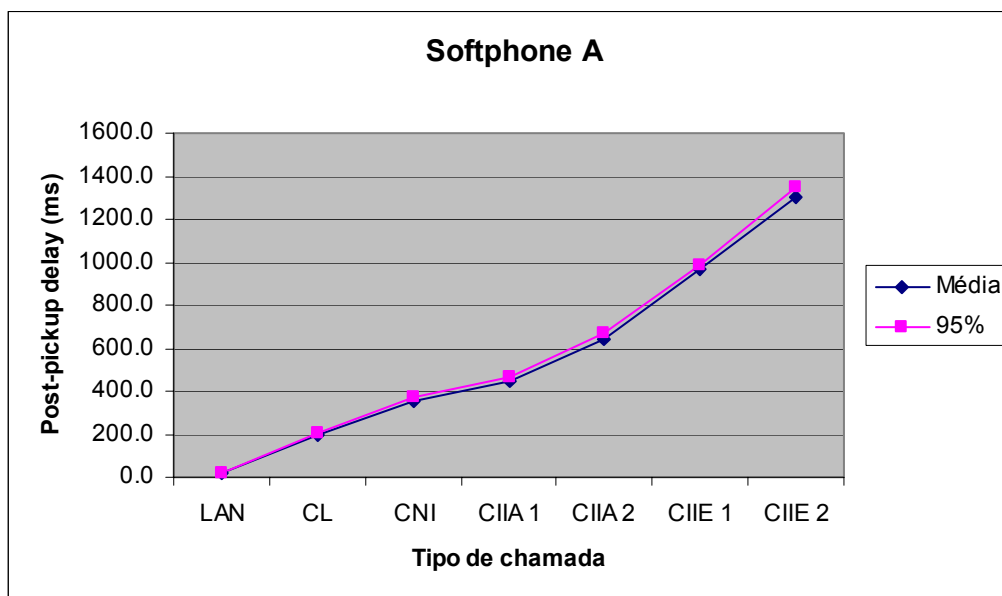


Figura 64 – Média e 95% do PPD x TC (softphone A)

E finalmente, a relação da média e valor de 95% do CRD com o tipo de chamada é apresentada na Figura 65. Em ambiente de LAN, o CRD foi de 10,9 ms, enquanto que no cenário 1, o CRD foi de 6,6 ms.

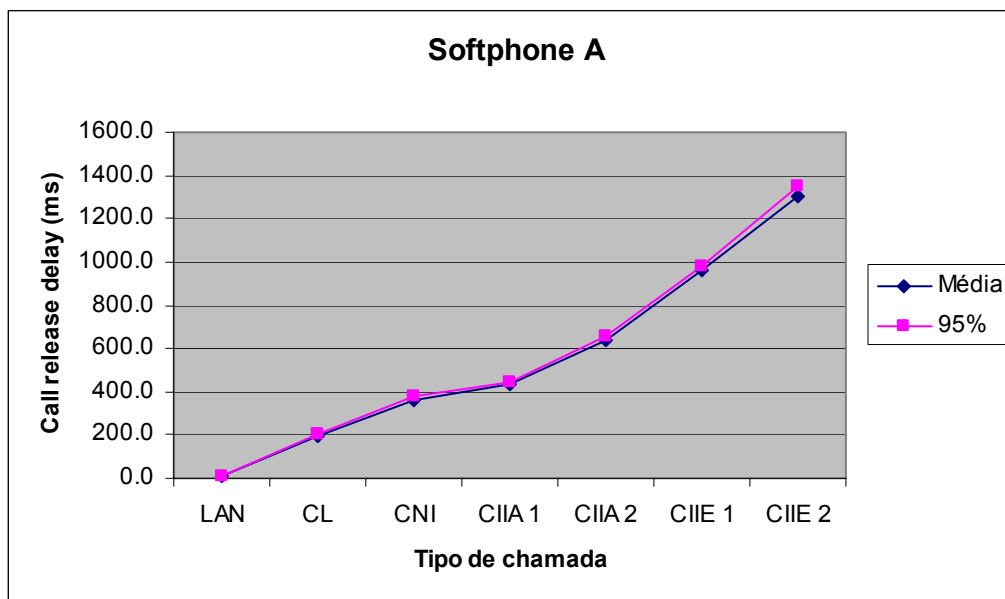


Figura 65 – Média e 95% do CRD x TC (softphone A)

4.1.6.

Cenário 2 – Variação do Tipo de Chamada e Perda de Pacotes

Neste teste, serão avaliados o impacto da perda de pacotes nos tempos de PDD, PPD e CRD, agora com dois *proxies* sendo utilizados. Os resultados, média e valor de 95% do PDD, obtidos através do *softphone A*, são apresentados nas Figuras 66 e 67. A Tabela 22 lista os piores valores de PDD e os respectivos motivos que levaram a degradação dos tempos.

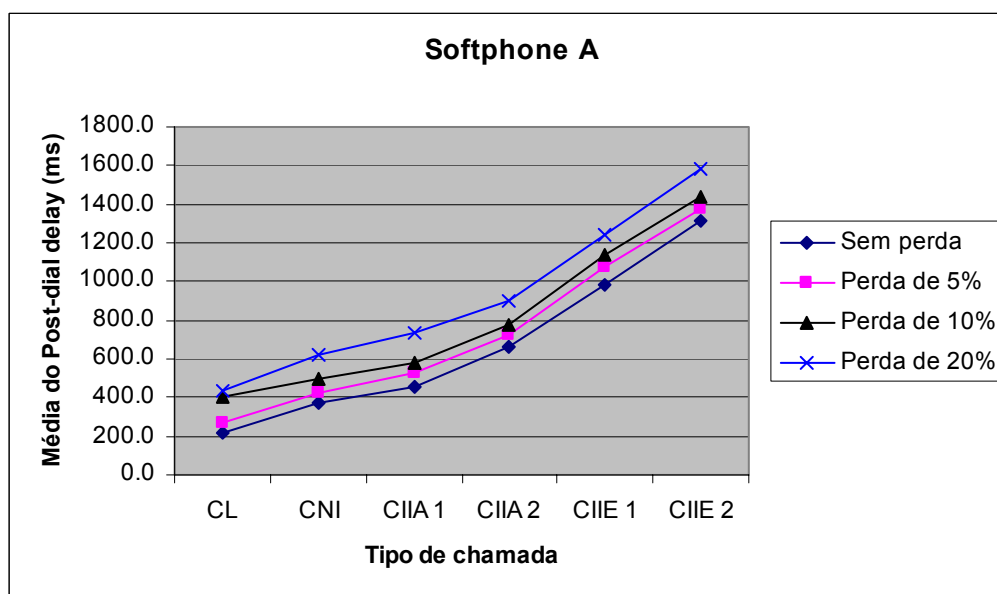


Figura 66 – Média do PDD x TC com variação da perda (softphone A)

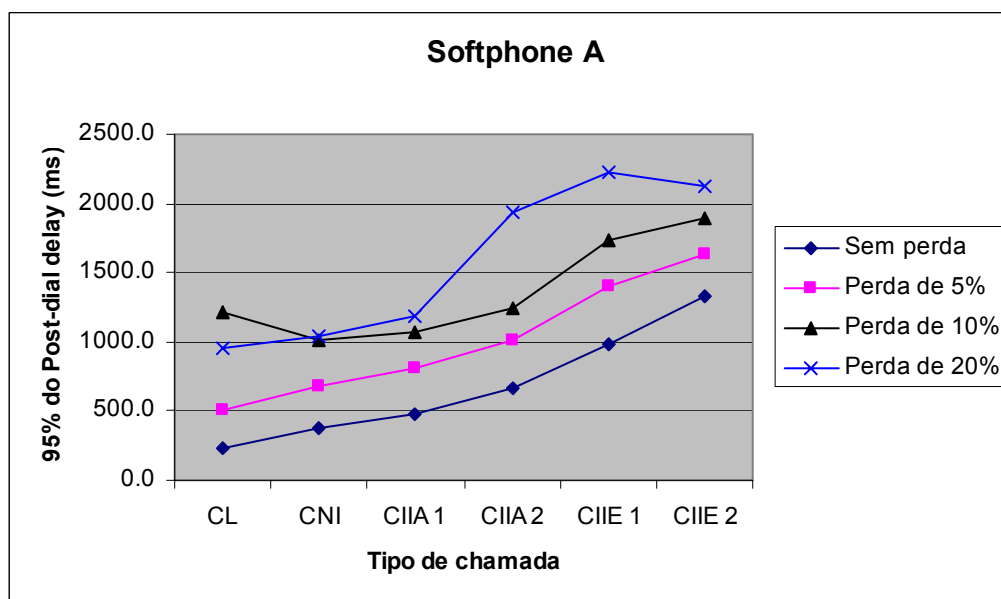


Figura 67 – 95º do PDD x TC com variação da perda (softphone A)

Perda	Tipo de chamada: CL		Tipo de chamada: CNI		Tipo de chamada: CIIA 1	
	Pior PDD	Motivo	Pior PDD	Motivo	Pior PDD	Motivo
5%	736,3 ms	Perda do 1º INVITE	920,8 ms	Perda do 1º INVITE	1065,4 ms	Perda do 1º INVITE
10%	1982 ms	Perda dos 2 primeiros INVITE	1078,8 ms	Perda do 1º INVITE	1118,1 ms	Perda do 1º INVITE
20%	991,2 ms	Perda do 1º INVITE	1114,1 ms	Perda do 1º INVITE	1202,7 ms	Perda do 1º INVITE
Perda	Tipo de chamada: CIIA 2		Tipo de chamada: CIIIE 1		Tipo de chamada: CIIIE 2	
	Pior PDD	Motivo	Pior PDD	Motivo	Pior PDD	Motivo
5%	1217,1 ms	Perda do 1º INVITE	1662 ms	Perda do 1º INVITE	1867,8 ms	Perda do 1º INVITE
10%	1262,9 ms	Perda do 1º INVITE	1746,5 ms	Perda do 1º INVITE	1928,9 ms	Perda do 1º INVITE
20%	2549,9 ms	Perda dos 2 primeiros INVITE	2735,3 ms	Perda dos 2 primeiros INVITE	2134,6 ms	Perda do 1º INVITE

Tabela 22 – Piores valores de PDD

O comportamento do gráfico da média é parecido com os outros gráficos apresentados e não foge do padrão. Com relação ao gráfico do valor de 95%, o pior PDD da chamada CL para perda de 10% fez com que o valor superasse o da perda de 20%. Isto foi causado devido a perda de dois pacotes contendo mensagem INVITE.

A média e valor de 95% do PPD para o *softphone* A são apresentados nas Figuras 68 e 69. A Tabela 23 lista os piores valores de PPD e os respectivos motivos que levaram a degradação dos tempos.

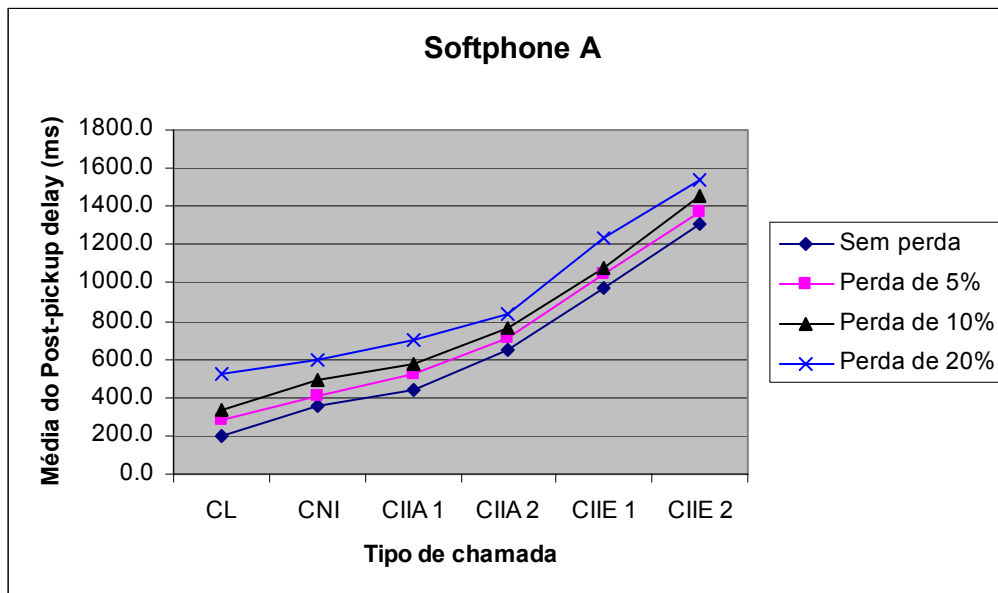


Figura 68 – Média do PPD x TC com variação da perda (softphone A)

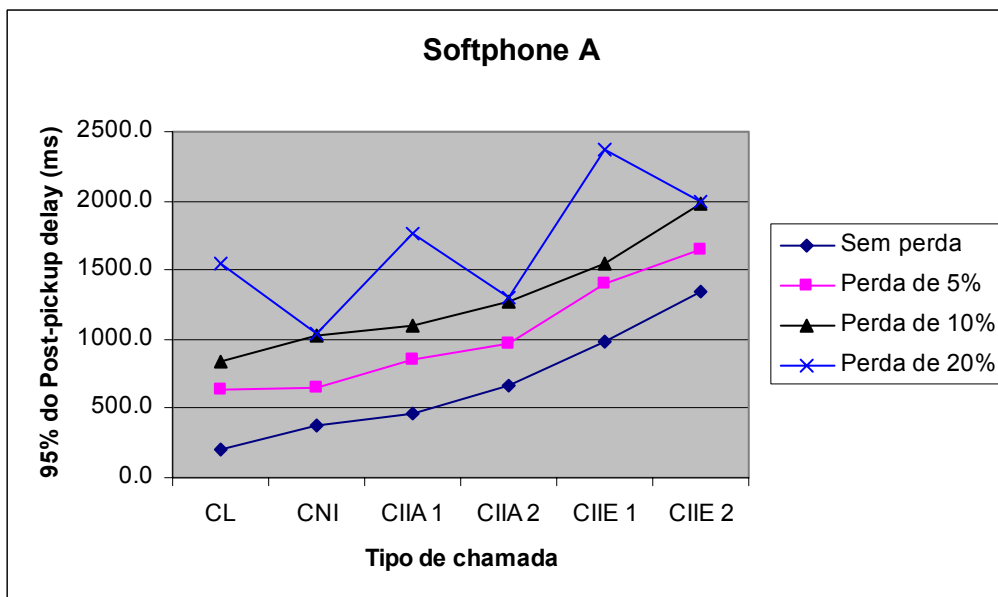


Figura 69 – 95% do PPD x TC com variação da perda (softphone A)

Perda	Tipo de chamada: CL		Tipo de chamada: CNI		Tipo de chamada: CIIA 1	
	Pior PPD	Motivo	Pior PPD	Motivo	Pior PPD	Motivo
5%	959,8 ms	Perda do 200 OK	877,6 ms	Perda do 200 OK	1171,3 ms	Perda do 200 OK
10%	871,8 ms	Perda do 200 OK	1034,1 ms	Perda do 200 OK	1135,8 ms	Perda do 200 OK
20%	2092,9 ms	Perda de 200 OK	1038,9 ms	Perda do 200 OK	2273,8 ms	Perda de 200 OK
Perda	Tipo de chamada: CIIA 2		Tipo de chamada: CIIE 1		Tipo de chamada: CIIE 2	
	Pior PPD	Motivo	Pior PPD	Motivo	Pior PPD	Motivo
5%	1188,3 ms	Perda do 200 OK	1731,1 ms	Perda do 200 OK	1886,8 ms	Perda do 200 OK
10%	1332,4 ms	Perda do 200 OK	1515,3 ms	Perda do 200 OK	2061,5 ms	Perda do 200 OK
20%	1325,8 ms	Perda do 200 OK	2915,8 ms	Perda de 200 OK	2009,2 ms	Perda do 200 OK

Tabela 23 – Piores valores de PPD

O comportamento da curva da média do PPD é igual ao do PDD. Quanto a curva do valor de 95% do PPD, vê-se que as duplas perdas de pacotes ocorridas nas chamadas CL, CIIA 1 e CIIE 1 quando a perda é de 20% resultou em uma curva com três picos.

A média e valor de 95% do CRD para o *softphone* A são apresentados nas Figuras 70 e 71. A Tabela 24 lista os piores valores de CRD e os respectivos motivos que levaram a degradação dos tempos.

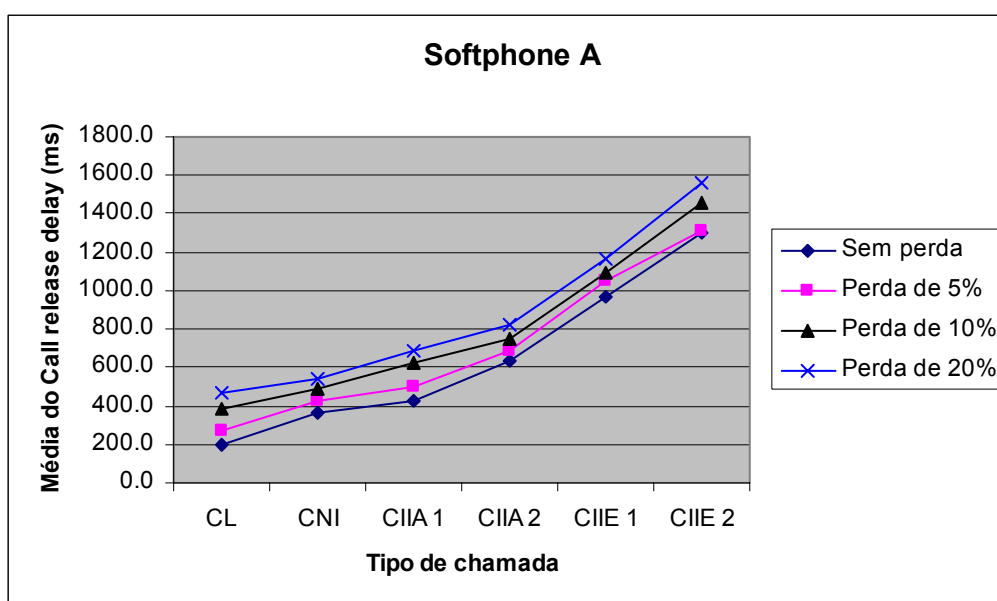


Figura 70 – Média do CRD x TC com variação da perda (softphone A)

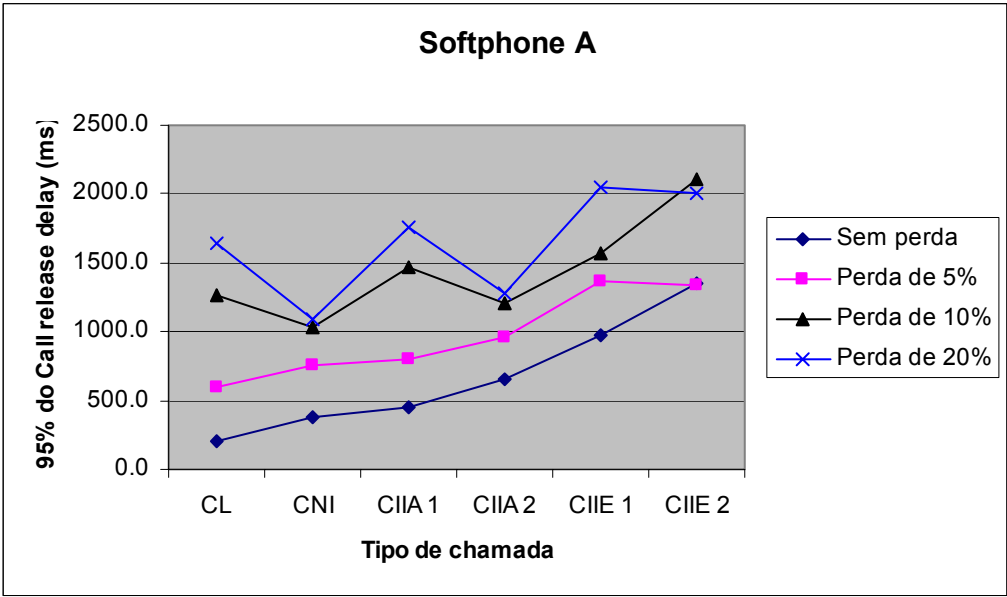


Figura 71 – 95% do CRD x TC com variação da perda (softphone A)

Perda	Tipo de chamada: CL		Tipo de chamada: CNI		Tipo de chamada: CIA 1	
	Pior CRD	Motivo	Pior CRD	Motivo	Pior CRD	Motivo
5%	893,1 ms	Perda do 1º BYE	1043,4 ms	Perda do 1º BYE	1029 ms	Perda do 1º BYE
10%	2132,9 ms	Perda dos 2 primeiros BYE	1060,8 ms	Perda do 1º BYE	2312,6 ms	Perda dos 2 primeiros BYE
20%	2237,5	Perda dos 2 primeiros BYE	1116,1 ms	Perda do 1º BYE	2276,6 ms	Perda dos 2 primeiros BYE
Perda	Tipo de chamada: CIA 2		Tipo de chamada: CII 1		Tipo de chamada: CII 2	
	Pior CRD	Motivo	Pior CRD	Motivo	Pior CRD	Motivo
5%	1161,3 ms	Perda do 1º BYE	1626,5 ms	Perda do 1º BYE	1347,9 ms	Não houve perda
10%	1277,6 ms	Perda do 1º BYE	1612,7 ms	Perda do 1º BYE	2260,2 ms	Perda do 1º BYE
20%	1317,2 ms	Perda do 1º BYE	2805,8 ms	Perda dos 2 primeiros BYE	2046,6 ms	Perda do 1º BYE

Tabela 24 – Piores valores de CRD

Assim como na curva de 95% do PPD, a curva de 95% do CRD também apresentou picos, pela mesma razão, ou seja, por causa de dupla perda de pacotes contendo a mensagem BYE.

Embora tenha sido utilizado um pequeno número de amostras (10 medidas) para cada chamada, percebeu-se que mesmo para um número maior

de medidas, a média seria pouco afetada e que o valor de 95% quando há perda de pacotes teria um comportamento mais suave, sem os enormes picos. Estas distorções ocorridas em alguns gráficos foram causadas principalmente por duplas perdas e ausência de perdas.

4.2. Comparação dos Resultados

Nesta sessão, os resultados obtidos neste trabalho serão comparados com a recomendação E.721, e quando possível, com os trabalhos anteriores relacionados na sessão 1.3, apontando-se as similaridades e diferenças.

4.2.1. Recomendação E.721

A recomendação E.721 define objetivos para o *post-dial delay* (PDD), *post-pickup delay* (PPD) e *call release delay* (CRD) para a PSTN. Na Tabela 25 são reproduzidos os tempos definidos na E.721 (em condições normais de tráfego).

Parâmetro / Tipo de Chamada	Média	95%
PDD – Chamada Local	3,0 seg	6,0 seg
PDD – Chamada Nacional	5,0 seg	8,0 seg
PDD – Chamada Internacional	8,0 seg	11,0 seg
PPD – Chamada Local	0,75 seg	1,5 seg
PPD – Chamada Nacional	1,5 seg	3,0 seg
PPD – Chamada Internacional	2,0 seg	5,0 seg
CRD	0,4 seg	0,6 seg

Tabela 25 – Objetivos de PDD, PPD e CRD (Recomendação E.721)

Comparando-se os valores obtidos para os diferentes cenários com os da recomendação, todos os valores de PDD (média e 95%) ficaram bem abaixo do recomendado, mesmo para as situações pouco prováveis criadas nos experimentos.

Com relação ao PPD, os valores obtidos também foram inferiores aos da recomendação com exceção de dois resultados: no cenário 1 com o *softphone* B (UDP), o valor de 95% da chamada local (CL) para perda de 20% superou o limite de 1,5 segundos por pouco, e no cenário 2, o valor de 95% da chamada local (CL) para perda de 20% também superou por pouco o limite de 1,5 segundos.

No caso do CRD, a recomendação E.721 não faz distinção entre chamadas locais, nacionais e internacionais. Como o retardo de propagação em chamadas nacionais e internacionais é grande, e como a grande parcela destes indicadores é devido ao retardo de propagação, o CRD para os diferentes ambientes superou bastante os valores recomendados, principalmente quando o retardo de propagação era alto e quando havia perda de pacotes. Assim, percebe-se que os valores recomendados, neste caso, não se aplicaram bem para chamadas VoIP.

4.2.2. Referência [30]

Neste trabalho, os autores mediram o PDD, PPD e CRD em um ambiente de *Intranet* entre algumas localidades e compararam com os valores obtidos para chamadas 3G. Não foram utilizados *proxies*, ou seja, a sinalização SIP era roteada diretamente de um *user agent* ao outro. No entanto, utilizou-se servidor de DNS para resolução de domínios. As chamadas ocorrem entre as localidades listadas abaixo. A localidade de referência é Tampere, Finlândia.

Tipo de Chamada	Localidade de Destino	Distância (Km)
Local	Tampere, Finlândia	-
Nacional	Oulu, Finlândia	500
Internacional Intracontinental	Budapeste, Hungria	1500
Internacional Intercontinental	Dallas, Estados Unidos	10000

Tabela 26 – Distâncias em relação à localidade de referência

Foram realizados dois testes, o primeiro consistiu da medição do PDD, PPD e CRD para chamadas entre as localidades listadas na tabela e a localidade de referência. Um total de 20 chamadas foi realizada para cada teste e obteve-se a média e valor de 95%. As médias estão sumarizadas na tabela abaixo.

Indicador	Local	Nacional	3G	Internacional Intracontinental	Internacional Intercontinental
PDD (ms)	24	38	71	153	240
PPD (ms)	23	31	60	147	237
CRD (ms)	11	30	70	138	230

Tabela 27 – Média do PDD, PPD e CRD para cada tipo de chamada

Não foram variados parâmetros de rede como *jitter* e perda de pacotes. Os autores não indicaram o retardo de propagação entre as localidades, apenas as distâncias, e não mencionaram qual cliente SIP foi utilizado. Além disso, não se sabe se foi utilizado algum tipo de QoS entre as localidades em questão.

Os valores de 95% acompanharam a média em todos os casos. Este comportamento também ocorreu para os ambientes experimentais sem perda de pacotes deste trabalho.

Como não foi utilizado *proxy*, não há possibilidade de comparação direta dos resultados, mas pode-se observar que os resultados possuem o mesmo comportamento (indicadores crescem com o aumento do retardo de propagação provocado pela mudança de tipo de chamada).

No segundo teste, mediu-se o PDD e PPD variando-se a largura de banda. O *software* NISTNet foi utilizado para limitar a banda e adicionar uma perda de pacotes de 2%. A largura de banda utilizadas foram de 2, 5, 9,2, 16, 32, 64, 128 e 256 Kbps. Os resultados estão mostrados graficamente nas Figuras 72 e 73.

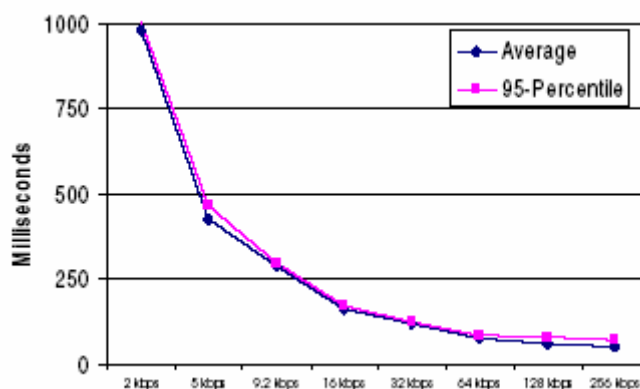


Figura 72 – Média e 95% do PDD x Largura de banda

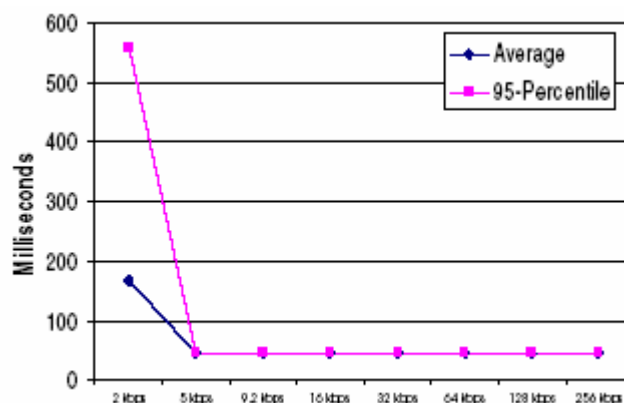


Figura 73 – Média e 95% do PPD x Largura de banda

O comportamento das curvas é bem parecido com os resultados obtidos, apesar dos valores serem diferentes por dois motivos: as mensagens SIP do *softphone A* são maiores e não há presença de *proxy* no trabalho de Curcio e Lundan.

4.2.3. Referência [37]

O ambiente de teste envolveu três servidores de DNS, dois *proxies* e dois UAs. O cliente utilizado foi o minisip [72], o *proxy* foi o SER e o DNS foi o BIND [73].

Com SIP sobre UDP e sem mecanismos de segurança, o PDD foi de 19,5 ms e o PPD foi de 9,5 ms. Os valores são bem próximos dos obtidos pelo *softphone A* (21,2 ms e 11 ms).

4.2.4. Referência [16]

O ambiente experimental foi composto de dois computadores, cliente SIP Communicator (*softphone B*) e *proxy* JAIN-SIP Proxy Server. Foi medido o PDD variando-se o número de *proxies*. Foram realizadas 20 chamadas para cada situação.

Os resultados para o ambiente com um *proxy* (*proxy* na mesma máquina do UA 1) foram de 160,7 ms (UA 1 iniciando a chamada) e 197,31 ms (UA 2 iniciando a chamada). Os resultados de PDD para o *softphone B* (com UDP) em ambiente LAN foram mais de 50% inferiores (61,7 ms). Essa grande diferença foi causada pelo *proxy* JAIN-SIP Proxy Server, que é bem mais lento que o SER e pelo fato do *proxy* rodar na mesma máquina que o UA 1.

Para o ambiente com dois *proxies*, os resultados foram de 156,54 ms (UA 1 iniciando a chamada) e 151,31 ms (UA 2 iniciando a chamada). O valor de PDD para o *softphone A* em ambiente LAN foi de 34,5 ms. O mesmo motivo dado anteriormente é válido, além do fato que o *softphone A* também é mais rápido que o *softphone B*.

4.2.5. Referência [31]

O trabalho apresenta valores de PDD obtidos através de experimentos. Para cada caso, foram realizadas 20 chamadas. Os autores utilizaram os

mesmos resultados já obtidos em [30], e adicionaram o ambiente WLAN e a presença de proxy para chamada internacional intracontinental. Também variaram a perda de pacotes para chamadas em ambiente LAN e compararam com o caso sem perda. Para perda de pacotes de 60%, não houve completamento de chamada.

Para o caso de chamadas internacionais intracontinentais com a presença de *proxy*, o PDD foi de 2,6 segundos, bem superior ao obtido neste trabalho, que foi de 379,3 ms para o *softphone* A e 424,4 ms para o *softphone* B (com UDP). Como os autores não mediram o retardo de propagação e não informaram qual cliente SIP e *proxy* foram utilizados, não há como saber o porquê desta disparidade.

Em ambiente LAN variando-se a perda de pacotes, o PDD aumentou de 24 ms para 55 ms com perda de 5% e para 231 ms com perda de 50% (e valor 95% de 621 ms).

Na Figura 74 foi reproduzido o gráfico que mostra o comportamento do PDD com a perda de pacotes.

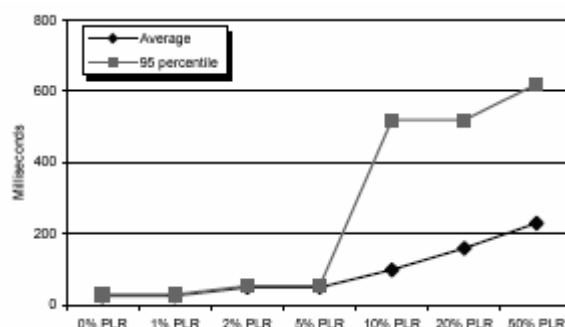


Figura 74 – PDD x Perda de pacotes

Observa-se que na curva de 95% o valor de PDD com perda de 10% é um pouco superior ao valor de PDD com perda de 20%. Esta situação também ocorreu por diversas vezes neste trabalho e é devido basicamente à presença de poucas amostras.