

5

Algoritmos de Controle de Admissão de Chamadas para Sistemas de Uma Classe de Usuários

Neste capítulo são apresentados e propostos seis algoritmos de Controle de Admissão de Chamadas, CAC, para sistemas de uma classe de usuários. Os algoritmos propostos têm como objetivos atender aos requisitos de qualidade de serviço e, simultaneamente, manter a utilização dos recursos do sistema elevada. O requisitos de QoS considerados são os valores máximos aceitáveis para P_{BN} , e P_{FH} .

No capítulo 3 deste trabalho foi apresentado o cálculo da utilização dos recursos do sistema, U ; da probabilidade de bloqueio de novas chamadas, P_{BN} , e da probabilidade de falha de *handoff*, P_{FH} . Os valores de U , P_{BN} , e P_{FH} são condicionados à taxa de mobilidade dos usuários da rede, θ , definido em (3-39), conforme as equações (3-49), (3-36) e (3-38).

A taxa de mobilidade dos usuários da rede móvel não é constante. Uma localização urbana central possui muitos pedestres e, conseqüentemente, baixa taxa de mobilidade. Uma região, urbana periférica, de muitos veículos apresenta taxa de mobilidade elevada. Uma das preocupações no desenvolvimento dos algoritmos de controle de admissão propostos neste trabalho é que sejam capazes de se adaptar a tais mudanças no perfil de tráfego, ou seja, algoritmos dinâmicos.

Dentre os seis algoritmos propostos neste capítulo, apenas um não utiliza diretamente o conceito de Canais de Guarda: CAC5. Algoritmos de Controle de Admissão que utilizam a técnica de canais de guarda pretendem atender ao requisito de qualidade de serviço que exige percentuais de falha de *handoff* inferiores aos percentuais de bloqueio de chamadas novas, $P_{FH} < P_{BN}$. Todos algoritmos CAC propostos são dinâmicos em relação às suas características de adaptação ao tráfego em andamento, para os algoritmos que usam canais de guarda, a adaptação se reflete na definição do número de canais de guarda a ser reservado para as chamadas em *handoff*. O número de canais de guarda no sistema (setor ou célula) é permanentemente atualizado de acordo com as características instantâneas do tráfego em andamento e do

desempenho do sistema em relação aos requisitos de Qualidade de Serviço, QoS.

O quinto algoritmo proposto, CAC5, também determina a entrada do usuário, ou não, dependendo do desempenho do sistema em relação aos requisitos de Qualidade de Serviço, QoS, e das características do perfil de tráfego, porém não utiliza a técnica de canais de guarda.

As principais vantagens dos algoritmos propostos neste trabalho, em relação a outros encontrados na bibliografia de referência, são suas características de algoritmo distribuído e dinâmico e, principalmente, a preocupação com o atendimento aos requisitos de Qualidade de Serviço. A tomada de decisão é local observando-se o desempenho do sistema em relação aos requisitos de QoS Q_{BN} e Q_{FH} .

Em um sistema distribuído, cada setor opera de forma independente, sem a necessidade de troca de informação entre as bases, o que reduz o tempo de resposta do sistema. Além disso, a tomada de decisão para a admissão de uma chamada é dinâmica, depende do desempenho instantâneo do sistema em relação aos requisitos de QoS, tornando o Controle de Admissão adaptável às condições de tráfego no momento de decisão e aos valores de qualidade de serviço desejáveis.

Uma característica importante das simulações realizadas neste trabalho para testar o comportamento dos algoritmos de Controle de Admissão propostos é a variação do perfil de tráfego através da variável θ , que representa a taxa de mobilidade dos usuários da rede, definida na equação (3-39), que obriga o sistema a se adaptar às características do tráfego em andamento. Outra característica original deste trabalho é o controle de admissão com restrição simultânea imposta por dois requisitos de QoS para a tomada de decisão sobre a aceitação da chamada e a proposta de várias distribuições para a permanência do usuário na célula.

Nas sessões subseqüentes são apresentados os algoritmos dinâmicos para o controle de admissão de chamadas ao setor, seus objetivos e seus respectivos resultados. Os algoritmos propostos são exaustivamente testados através do simulador desenvolvido neste trabalho, cuja confiabilidade foi testada com um grau de 95%, conforme foi descrito no capítulo 4 .

5.1

Definição das Características de Simulação e dos Parâmetros Comuns aos Algoritmos

As solicitações de chamadas novas e de *handoff* e seus respectivos sucessos ou falhas no atendimento são monitorados através de janelas de registros para cada tipo de chamada. Tais registros possibilitam obter o desempenho instantâneo do sistema em relação aos requisitos de QoS.

As medidas B_{BN} e B_{FH} dos valores instantâneos de P_{BN} e P_{FH} , bloqueio de chamadas novas e falha de *handoff*, respectivamente, são obtidas de acordo com o procedimento de registro descrito no capítulo 4.

Os algoritmos dinâmicos de Controle de Admissão de Chamadas, CAC, se baseiam nos valores instantâneos medidos de B_{BN} e B_{FH} . A tomada de decisão sobre aceitar, ou não, determinada chamada é feita de acordo com a comparação dos valores medidos com os respectivos requisitos de QoS chamados de Q_{BN} e Q_{FH} .

5.1.1

Parâmetros de Proximidade dos Requisitos de QoS

Os parâmetros de proximidade dos requisitos de QoS utilizados neste trabalho são: β , definido na equação (5-1), e α definido em (5-2).

$$\beta = \frac{B_{BN}}{Q_{BN}} \quad (5-1)$$

$$\alpha = \frac{B_{FH}}{Q_{FH}} \quad (5-2)$$

Normalmente o algoritmo deve incrementar ou decrementar o número de canais de guarda cada vez que a medida se aproxima B do respectivo requisito de QoS Q . O valor da proximidade para tomada de atitude é dado por β e α cujos valores são pré-definidos antes do sistema iniciar sua atuação.

5.1.2

Parâmetros de Incremento e Decremento do Número de Canais de Guarda

Os parâmetros de incremento e decremento do número de canais de guarda são chamados de δ . Dependendo do algoritmo, este valor pode ser um valor fixo pré-determinado ou pode ser um valor calculado de acordo com o desempenho instantâneo do sistema.

Há ainda o parâmetro δ_0 que pode ser o primeiro valor de incremento ou o valor limitante máximo para o incremento δ .

5.1.3

Parâmetros de Intensidade de Tráfego Máxima Dentro dos Requisitos de QoS

Os maiores valores de intensidade de tráfego para os quais os requisitos de QoS são atendidos são definidos na equação (5-3). Chamamos de ρ_{BN} o valor de intensidade de tráfego para o qual o desempenho do sistema atinge o requisito de QoS do bloqueio de chamadas novas e, para o requisito de qualidade de serviço correspondente às falhas de chamadas em *handoff*, a intensidade de tráfego máxima é chamada de ρ_{FH} .

$$\begin{aligned} P_{BN}(\rho_{BN}) &= Q_{BN} \\ P_{FH}(\rho_{FH}) &= Q_{FH} \end{aligned} \quad (5-3)$$

O ponto ρ_Q é o maior valor de intensidade de tráfego de entrada ρ para o qual é possível atender simultaneamente aos dois requisitos de QoS. Seu valor é dado pelo menor valor entre ρ_{BN} e ρ_{FH} , (5-4).

Se a intensidade de tráfego de entrada, ρ , é inferior a ρ_Q , ambos requisitos de QoS, ($Q_{BN}; Q_{FH}$) estão sendo atendidos, (5-5).

$$\rho_Q = \min(\rho_{BN}, \rho_{FH}) \quad (5-4)$$

$$\begin{aligned} P_{BN}(\rho) &\leq Q_{BN} \\ P_{FH}(\rho) &\leq Q_{FH}, \quad \rho \leq \rho_Q \end{aligned} \quad (5-5)$$

A representação gráfica ρ_{BN} , ρ_{FH} e ρ_Q é apresentada na figura 5.1.

Para cada cenário de taxa de mobilidade e de requisitos de QoS, é possível determinar analiticamente o valor ideal do número de canais de guarda $N_Q^*(\theta, Q)$ que permite obter o maior valor $\rho_Q^*(\theta, Q)$, conforme será detalhado no capítulo 6 desta tese.

Para que se possa comparar o desempenho dos algoritmos nos diferentes cenários, definimos aqui o parâmetro I, razão entre o valor de intensidade máxima apresentada pelo CAC e o valor máximo possível, de

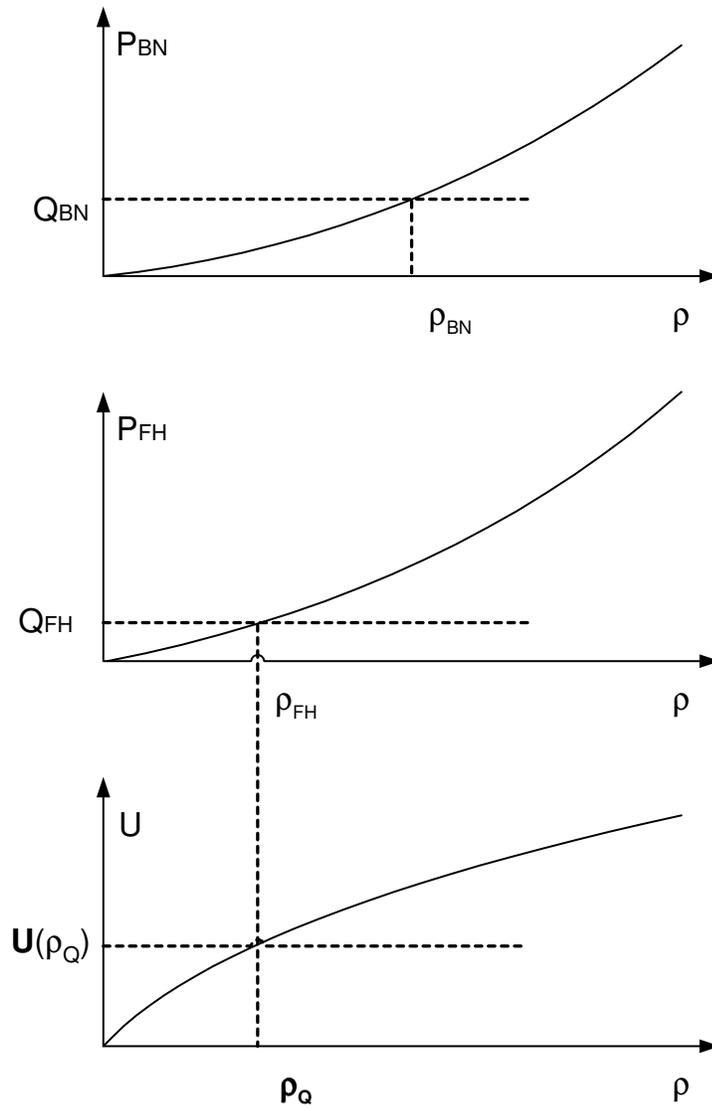


Figura 5.1: Utilização no ponto ρ_Q .

acordo com a equação (5-6).

$$I = \frac{\rho_Q(\theta, Q)}{\rho_Q^*(\theta, Q)} \tag{5-6}$$

5.1.4 Determinação dos Parâmetros

Cada um dos algoritmos possui um conjunto de parâmetros cujo valor é determinado neste capítulo. O algoritmo é testado com vários conjuntos de parâmetros em várias configurações de mobilidade e restrições de QoS diferentes. Os resultados de cada conjunto de parâmetros são apresentados nas tabelas de resultados dos algoritmos para que se possa determinar qual o conjunto de parâmetros é mais adequado a cada CAC.

Nas tabelas de resultados dos algoritmos estão os valores dos parâmetros e seu respectivo parâmetro I. O conjunto de parâmetros que, em média, apresenta o maior valor de razão I de intensidade de tráfego dentro das restrições de QoS é escolhido e passa a ser associado ao respectivo algoritmo.

Todos resultados apresentados para os algoritmos dinâmicos propostos são resultados de simulação, uma vez que não há resultados analíticos para os algoritmos dinâmicos. Os resultados são comparados aos resultados do comportamento de sistemas com número fixo de canais de guarda. Cada ponto em qualquer dos gráficos de simulação corresponde a uma média de resultados de 10 simulações. Os resultados são concentrados na capacidade dos algoritmos de se manter dentro dos requisitos de QoS em relação aos percentuais de bloqueio de chamadas novas e em *handoff* e em obter uma elevada utilização dos recursos rádio.

5.2 Algoritmo CAC1

Este é o algoritmo mais simples de todos os algoritmos propostos neste trabalho. O algoritmo procura determinar o número N de canais de guarda no setor de uma forma dinâmica, de acordo com o desempenho do sistema.

Para manter elevada a utilização dos canais, o setor inicia com número de canais de guarda, N , igual a zero. A cada falha de *handoff* o valor de N é incrementado. Observe que este algoritmo visa favorecer as chamadas em *handoff*, monitorando apenas suas falhas e não a medida B_{FH} , como nos demais algoritmos propostos neste trabalho.

Por outro lado, para evitar o aumento excessivo de N , a cada alocação de usuário novo, o percentual de bloqueio de chamadas novas do sistema é observado. A medida instantânea do percentual de bloqueio de chamadas novas, B_{BN} , é comparada ao seu valor máximo tolerável definido pelo requisito de qualidade de serviço para usuários novos, Q_{BN} . Se a medida

B_{BN} se aproxima do requisito Q_{BN} , o número de canais de guarda, N , é decrementado de δ . O parâmetro β define o limiar de proximidade entre a medida de percentual de bloqueio, B_{BN} , e o parâmetro de QoS, Q_{BN} para a tomada de decisão sobre diminuir o número de canais de guarda, N .

5.2.1

Descrição do Algoritmo CAC1

Chegada de chamada em *handoff*

- Verifica a disponibilidade de canal e aloca ou bloqueia.
- Se houver falha de *handoff*, N é incrementado.

Chegada de chamada nova

- Verifica se existem canais ordinários e aloca ou bloqueia.
- Registra o sucesso ou falha de alocação na janela de registro.
- Calcula a medida de bloqueio de novas chamadas, B_{BN} .
- Se $B_{BN} \geq \beta Q_{BN}$, N é decrementado.

O diagrama de blocos do algoritmo proposto CAC1 é apresentado na figura 5.2

São propostas duas versões para o algoritmo CAC1, uma classe de usuários. A primeira versão trabalha apenas com números inteiros de canais de guarda no setor, seus incrementos e decrementos são de uma Unidade de Banda, esta versão é denominada $CAC1_{Int}$. Uma variação do algoritmo $CAC1_{Int}$ é a proposta de incrementos e decrementos como valores fracionários de N , $CAC1_{Frac}$. Neste caso, onde o valor do decremento, δ , é definido no início da simulação. O objetivo da variação fracionária é ajustar o valor de N de uma forma mais suave, acompanhando as modificações do perfil de tráfego no setor. A tabela 5.1 apresenta os valores dos incrementos e decrementos dos algoritmos $CAC1_{Int}$ e $CAC1_{Frac}$. Através de testes de simulação observou-se que melhores comportamentos são observados com incrementos maiores que os decrementos.

Tabela 5.1: Incrementos e decrementos dos algoritmos $CAC1_{Int}$ e $CAC1_{Frac}$.

	$CAC1_{Int}$	$CAC1_{Frac}$
Falha de <i>Handoff</i>	+1	+2 δ
$B_{BN} > \beta Q_{BN}$	-1	- δ

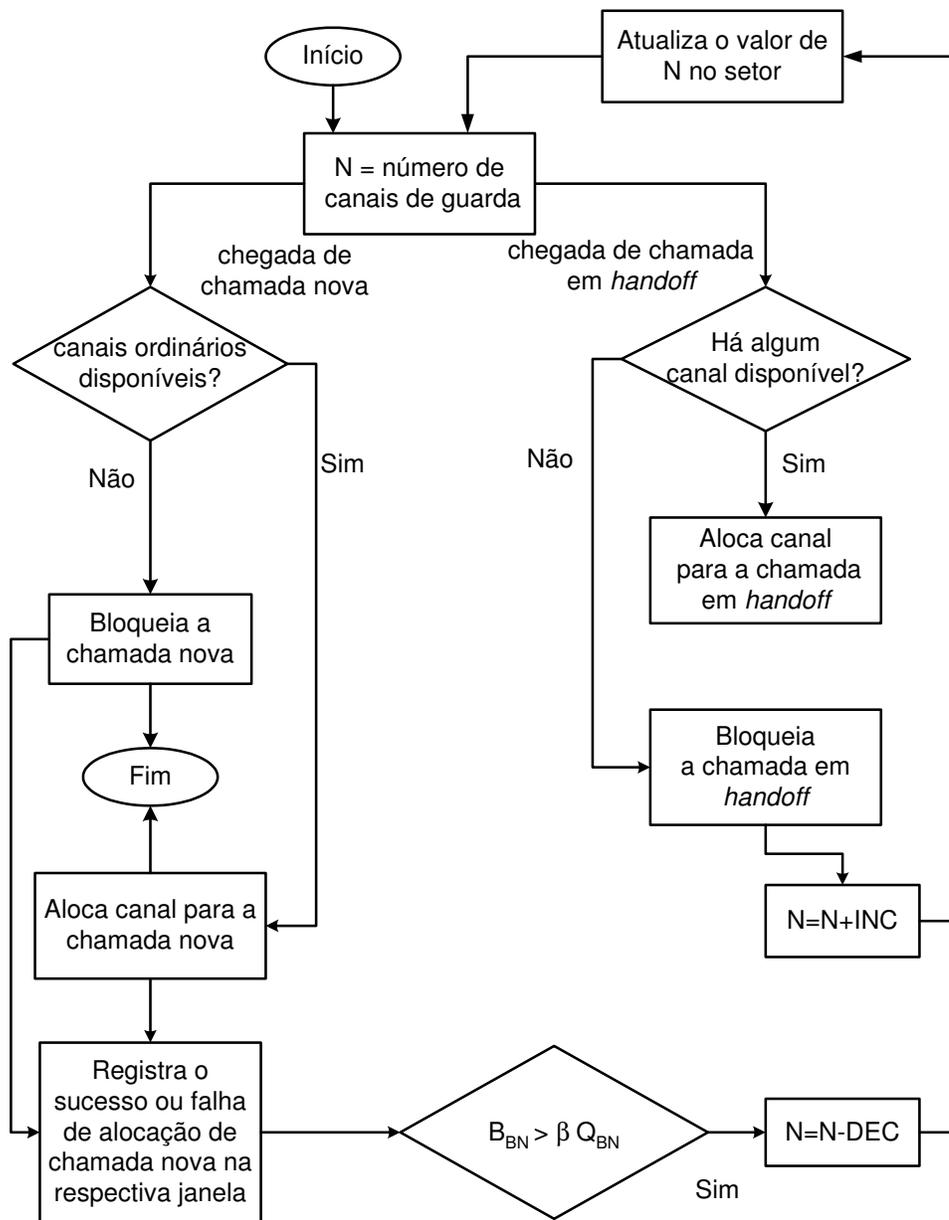


Figura 5.2: Diagrama de blocos do algoritmo CAC1.

5.2.2 Resultados de CAC1

Na tabela 5.2 são apresentados os resultados do desempenho do algoritmo de Controle de Admissão de Canal, CAC1 para diversos valores dos parâmetros β e δ , para as condições de taxa de mobilidade baixa, $(\theta = 0, 2)$, para quatro valores de requisitos de QoS diferentes.

Os valores representados na tabela são determinados pelo parâmetro I, razão entre a maior intensidade de tráfego dentro dos requisitos de QoS,

definida por ρ_Q , do algoritmo CAC1, e o valor máximo ideal ρ_Q^* , de cada caso (θ, Q) , conforme com a equação (5-6).

Da mesma forma, na tabela 5.3 são apresentados os resultados do desempenho do algoritmo de Controle de Admissão de Canal, CAC1 para diversos valores dos parâmetros β e δ , para as condições de taxa de mobilidade elevada, ($\theta = 6$), para quatro valores de requisitos de QoS diferentes. Na notação empregada, o par de requisitos $(Q_{BN}; Q_{FH})$ é feito igual a $(3\%; 1\%) = Q_{31}$, $(4\%; 0.4\%) = Q_{404}$, $(1\%; 0.5\%) = Q_{105}$ e $(5\%; 3\%) = Q_{53}$.

Tabela 5.2: Comparação do parâmetro I, razão de intensidade de tráfego máxima dentro dos requisitos de QoS de CAC1, com taxa de mobilidade $\theta = 0.2$.

Algoritmo	β	δ	Q_{31}	Q_{404}	Q_{105}	Q_{53}	I_{medio}
CAC1	0.9	0.5	93.093	84.251	97.508	96.505	92.839
CAC1	1.0	0.5	92.992	83.741	98.216	96.106	92.764
CAC1	0.8	0.5	92.656	84.796	96.310	96.837	92.650
CAC1	0.9	0.3	92.277	83.024	96.727	96.687	92.179
CAC1	0.9	0.7	92.422	83.524	97.772	97.402	91.780
CAC1	0.9	0.1	92.164	83.450	96.754	95.383	91.938

Tabela 5.3: Comparação da razão de intensidade de tráfego máxima dentro dos requisitos de QoS de CAC1, com taxa de mobilidade $\theta = 6.0$.

Algoritmo	β	δ	Q_{31}	Q_{404}	Q_{105}	Q_{53}	I_{medio}
CAC1	0.9	0.5	91.918	99.105	87.694	84.658	90.844
CAC1	1.0	0.5	91.712	99.690	87.503	84.110	90.754
CAC1	0.8	0.5	92.320	99.261	87.619	85.242	91.110
CAC1	0.9	0.3	91.408	99.379	87.292	83.733	90.453
CAC1	0.9	0.7	91.426	99.630	87.591	84.969	90.904
CAC1	0.9	0.1	91.604	99.118	89.023	83.639	90.846

Observando os resultados apresentados nas tabelas 5.2 e 5.3 determina-se os valores dos parâmetros β e δ . Para CAC1 com parâmetros $\beta = 0.8$ e $\delta = 0.5$, o algoritmo apresenta o maior parâmetro I, em média, nos vários casos abordados nas tabelas de resultados. Doravante, sempre que for mencionado o algoritmo CAC1, subentende-se a utilização desses valores de parâmetros.

5.3

Algoritmo CAC2

Como todos algoritmos propostos neste trabalho, o segundo Algoritmo de Controle de Admissão de Chamadas, CAC2, também é dinâmico e

sua tomada de decisão depende do tráfego em andamento. As medidas instantâneas de bloqueio de chamadas novas e de falha de chamadas em *handoff*, $(B_{BN}; B_{FH})$, são comparadas aos níveis aceitáveis dos parâmetros de Qualidade de Serviço, $(Q_{BN}; Q_{FH})$, para a definição do número de canais de guarda no setor, N .

O algoritmo *CAC2* mantém uma das características específicas de *CAC1* que é a redução do número de canais de guarda sempre que a medida instantânea de bloqueio de chamadas novas ultrapassar o limite definido para a proximidade do requisito de QoS, Q_{BN} .

A diferença do novo algoritmo proposto, *CAC2*, em relação ao anterior, *CAC1*, é quanto ao acréscimo do número de canais de guarda no setor, N . No caso de *CAC1* o aumento de N é feito com as falhas de chamadas em *handoff*. Já no caso do algoritmo *CAC2*, os incrementos de N são feitos de acordo com a proximidade do requisito de QoS para o percentual de falhas de chamadas em *handoff*, Q_{FH} . Além dos parâmetros δ e β , (5-1), já utilizados no algoritmo *CAC1* para decrementar N se $B_{BN} > \beta Q_{BN}$; o algoritmo *CAC2* introduz o parâmetro α , (5-2). O número de canais de guarda no setor, N , é incrementado de δ quando a medida de falha de *handoff* ultrapassa o limite pré-definido, $B_{FH} > \alpha Q_{FH}$.

Os valores de incremento e decremento, δ , e os valores dos parâmetros α e β são definidos no início da simulação. Para aumentar a utilização dos canais do sistema, a simulação sempre inicia sem canais de guarda, N nulo. Quando são percebidas medidas instantâneas próximas aos parâmetros de qualidade de serviço, QoS, o número de canais de guarda do setor é modificado por *CAC2* de forma a atender o tipo de chamada, nova ou *handoff*, que apresenta pior desempenho instantâneo em relação aos níveis de QoS exigidos.

5.3.1

Descrição do Algoritmo CAC2

Chegada de chamada em *handoff*

- O Controle de Admissão verifica se existe canal e aloca ou bloqueia.
- Registra o sucesso ou falha de alocação na janela de chamadas em *handoff*.
- Calcula a medida de falha de *handoff*, B_{FH} .

- Compara B_{FH} ao requisito de Qualidade de Serviço, Q_{FH} . Se $B_{FH} \geq \alpha Q_{FH}$, N é incrementado.

Chegada de chamada nova

- O Controle de Admissão verifica se existem canais ordinários e aloca ou bloqueia.
- Registra o sucesso ou falha de alocação na janela de chamadas novas.
- Calcula a medida de bloqueio de novas chamadas, B_{BN} .
- Compara B_{BN} ao requisito de Qualidade de Serviço, Q_{BN} . Se $B_{BN} \leq \beta Q_{BN}$, N é decrementado.

O diagrama de blocos do algoritmo CAC2, proposto neste trabalho, é exibido na figura 5.3.

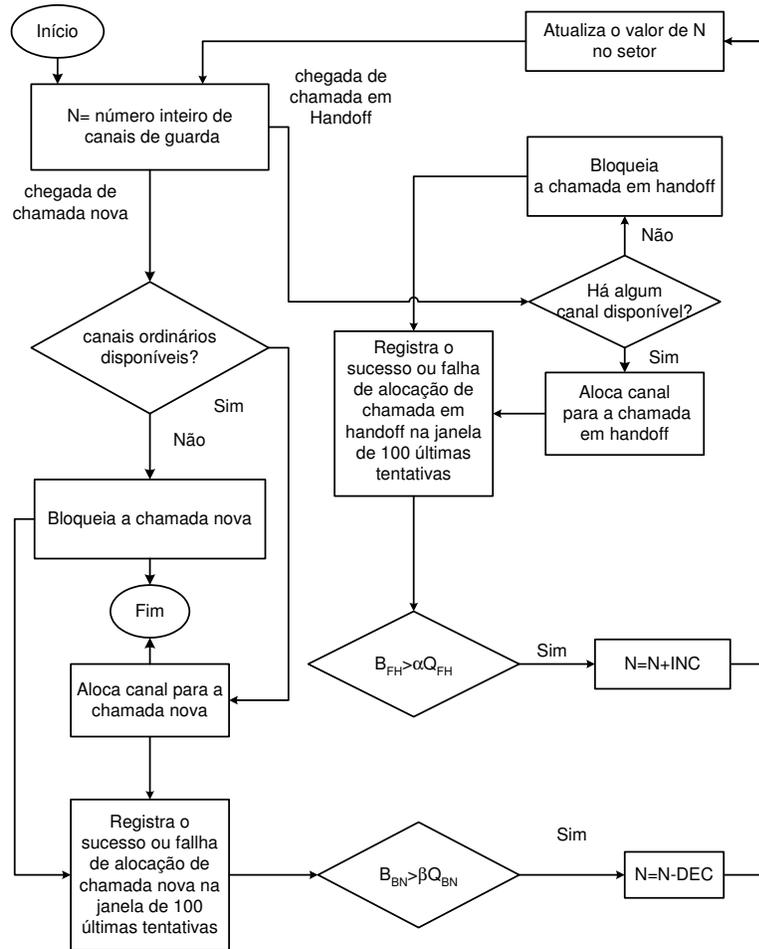


Figura 5.3: Diagrama de blocos do algoritmo CAC2.

São propostas duas versões para o algoritmo $CAC2$, uma classe de usuários. A primeira versão trabalha apenas com números inteiros de canais de guarda no setor, seus incrementos e decrementos são de uma Unidade de Banda, esta versão é denominada $CAC2_{Int}$. Uma variação do algoritmo $CAC2_{Int}$ é a proposta de incrementos e decrementos como valores fracionários de N , $CAC2_{Frac}$. Neste caso, o valor do decremento, δ , é definido no início da simulação. O objetivo da variação fracionária é ajustar o valor de N de uma forma mais suave, acompanhando as modificações do perfil de tráfego no setor. A tabela 5.4 apresenta os valores dos incrementos e decrementos dos algoritmos $CAC2_{Int}$ e $CAC2_{Frac}$.

Tabela 5.4: Incrementos e decrementos dos algoritmos $CAC2_{Int}$ e $CAC2_{Frac}$.

	$CAC2_{Int}$	$CAC2_{Frac}$
$B_{FH} > \alpha Q_{FH}$	+1	$+\delta$
$B_{BN} > \beta Q_{BN}$	-1	$-\delta$

5.3.2

Resultados de CAC2

Nesta seção são apresentados os resultados do desempenho de $CAC2$. O comportamento do algoritmo é verificado de acordo com cada um dos parâmetros: de proximidade, α e β ; do decremento do número de canais de guarda, δ ; e a taxa de mobilidade, θ . Com base nestes resultados, são definidos os valores dos parâmetros α , β e δ que serão utilizados pelo algoritmo $CAC2$.

Os valores representados nas tabelas 5.5 e 5.6 são determinados pela razão entre a maior intensidade de tráfego, ρ_Q , do algoritmo $CAC2$ dentro dos requisitos de QoS e o valor máximo de intensidade de tráfego ideal, ρ_Q^* , para cada caso de taxa de mobilidade e requisito de qualidade de serviço, (θ, Q) .

Na tabela 5.5 são apresentados os resultados do desempenho do algoritmo de Controle de Admissão de Canal, $CAC2$ para as condições de taxa de mobilidade baixa, $(\theta = 0, 2)$. São testados diversos valores dos parâmetros α , β e δ para quatro valores de requisitos de QoS diferentes, $(Q_{BN}; Q_{FH}) = (5\%; 3\%), (3\%; 1\%), (4\%; 0.4\%)$ e $(1\%; 0.5\%)$. Na tabela 5.6 estão os mesmos casos de $CAC2$ para as condições de taxa de mobilidade elevada, $(\theta = 6)$.

Observando os resultados apresentados nas tabelas 5.5 e 5.6 determina-se os valores dos parâmetros $\alpha = 1.1$, $\beta = 0.8$ e $\delta = 0.5$.

Tabela 5.5: Comparação da razão de intensidade de tráfego máxima dentro dos requisitos de QoS de CAC2, com taxa de mobilidade $\theta = 0.2$.

Algoritmo	α	β	δ	Q_{31}	Q_{404}	Q_{105}	Q_{53}	I_{medio}
CAC2	0.9	0.8	0.5	91.135	81.066	96.417	94.312	90.732
CAC2	1.0	0.8	0.5	92.459	81.013	95.396	94.532	90.850
CAC2	1.1	0.8	0.5	92.136	80.842	94.940	95.410	90.832
CAC2	1.1	0.8	0.1	91.273	79.763	95.282	95.240	90.389
CAC2	1.1	0.8	0.7	92.045	80.001	95.948	95.333	90.832
CAC2	1.1	0.9	0.5	92.446	80.436	95.643	95.424	90.987

Tabela 5.6: Comparação da razão de intensidade de tráfego máxima dentro dos requisitos de QoS de CAC2, com taxa de mobilidade $\theta = 6.0$.

Algoritmo	α	β	δ	Q_{31}	Q_{404}	Q_{105}	Q_{53}	I_{medio}
CAC2	0.9	0.8	0.5	96.145	97.141	93.899	91.106	94.573
CAC2	1.0	0.8	0.5	97.104	97.683	93.339	91.788	94.979
CAC2	1.1	0.8	0.5	96.237	97.699	94.420	91.651	95.002
CAC2	1.1	0.8	0.1	96.657	96.718	95.362	92.033	95.193
CAC2	1.1	0.8	0.7	97.206	97.383	94.249	92.595	95.358
CAC2	1.1	0.9	0.5	96.586	97.254	94.522	92.522	95.221

Quando CAC2 utiliza esses valores apresenta o maior parâmetro I , em média, nos vários casos abordados nas tabelas de resultados.

5.4 Algoritmo CAC3

O objetivo do algoritmo *CAC3* é manter a medida instantânea de falha de *handoff*, B_{FH} , abaixo do nível de QoS, Q_{FH} , e simultaneamente, aumentar a utilização dos canais. O algoritmo utiliza um número fracionário de canais de guarda que varia dinamicamente.

Pretende-se atender o requisito de QoS para falhas de *handoff*, Q_{FH} e aumentar a utilização admitindo até o valor máximo aceitável para falhas de *handoff*. O número de canais de guarda, N , é alterado de modo a manter a medida instantânea de falha de *handoff*, B_{FH} , imediatamente abaixo do respectivo parâmetro de qualidade de serviço, Q_{FH} . A cada alteração do valor de N são aguardadas Δ_u tentativas de *handoff* para fazer nova alteração de forma a que o sistema possa se adaptar ao novo valor de canais de guarda escolhido. O valor de Δ_u foi adotado como 20. O valor de N , número de canais de guarda no setor, se inicia com zero e não é modificado enquanto a medida de falha de chamadas em *handoff* estiver dentro do requisito de qualidade de serviço, equação (5-7). Neste ponto, o algoritmo começa a modificar o número de canais de guarda no setor procurando

manter B_{FH} ligeiramente menor que Q_{FH} , desde que a outra restrição de bloqueio de chamadas novas, equação (5-8), também esteja sendo atendida.

$$B_{FH} < Q_{FH} \quad (5-7)$$

$$B_{BN} < Q_{BN} \quad (5-8)$$

$$\delta = \left| 1 - \frac{B_{FH}}{Q_{FH}} \right| \quad (5-9)$$

O número de canais de guarda, N , do setor sofre acréscimos e decréscimos, δ , que variam com o desempenho do sistema como definido na equação (5-9). Quando a medida B_{FH} está muito afastada do requisito Q_{FH} , δ é grande e vice-versa.

No caso de uma intensidade de tráfego mais elevada, quando ambas restrições de QoS para chamadas em *handoff* e novas, expressas nas equações (5-7) e (5-8), não estiverem sendo atendidas, o sistema não altera o valor do número de canais de guarda. Ou seja, o algoritmo *CAC3* mantém o último valor de N obtido antes que os limites fossem atingidos.

O diagrama de blocos do algoritmo *CAC3* proposto neste trabalho é apresentado na figura 5.4.

5.4.1 Descrição do Algoritmo *CAC3*

Chegada de chamada nova

- O Controle de Admissão verifica se existem canais ordinários e aloca ou bloqueia.
- Registra o sucesso ou falha de alocação na janela de chamadas novas.

Chegada de chamada em *handoff*

- O Controle de Admissão verifica se existe canal e aloca ou bloqueia.
- Registra o sucesso ou falha de alocação na janela de chamadas em *handoff*.

Calcula a medida de falha de *handoff*, B_{FH} .

Calcula a medida de bloqueio de novas chamadas, B_{BN} .

Calcula $\delta = |1 - (B_{FH}/Q_{FH})|$.

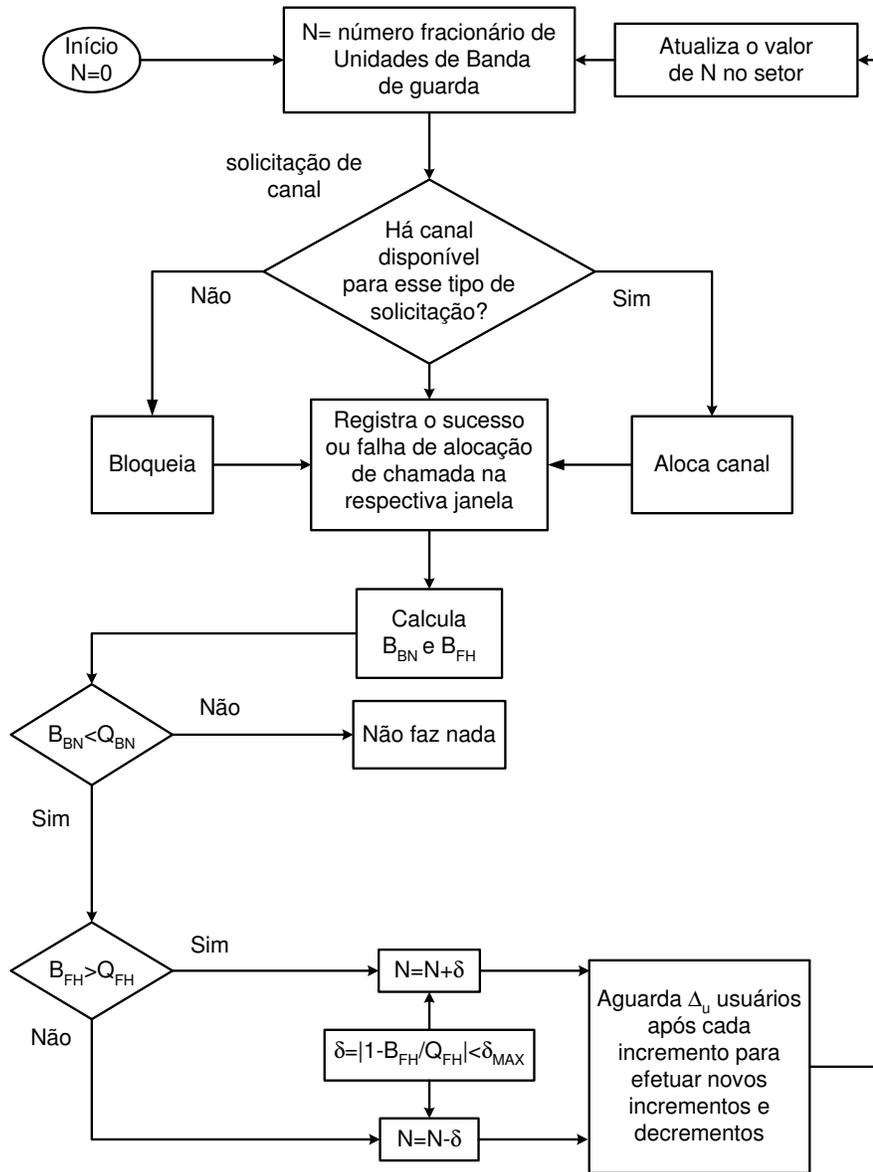


Figura 5.4: Diagrama de blocos de CAC3.

Se $B_{BN} < Q_{BN}$

- Se $B_{FH} > Q_{FH}$, N é acrescido de δ . Aguarda Δ_u tentativas de *handoff*.
- Se $B_{FH} < Q_{FH}$, N é decrementado de δ . Aguarda Δ_u tentativas de *handoff*.
- Repete os passos anteriores, sucessivamente. N é acrescido ou decrementado de δ , aguardando Δ_u novas tentativas de *handoff* para o sistema reagir.

5.4.2

Resultados de CAC3

O algoritmo proposto *CAC3* foi testado quanto aos requisitos de QoS e quanto a taxa de mobilidade dos usuários, θ .

Tabela 5.7: Comparação da razão de intensidade de tráfego máxima dentro dos requisitos de QoS de *CAC3*, com taxa de mobilidade $\theta = 0.2$ e $\theta = 6$.

Algoritmo	θ	Q_{31}	Q_{404}	Q_{105}	Q_{53}	I_{medio}
CAC3	0.2	92.373	83.208	96.432	96.582	92.148
CAC3	6.0	98.425	96.604	99.700	99.270	98.500

5.5

Algoritmo CAC4

No algoritmo de Controle de Admissão de Chamada *CAC4*, apresentado na figura 5.5, o número de canais de guarda, N , varia de acordo com a monitoração periódica da probabilidade de sobrecarga do sistema cuja expressão P_0 foi desenvolvida no capítulo 3. Seu resultado é dado pela equação (3-53) que é repetido, neste capítulo, como (5-10).

$$P_0 = \frac{P_{BN} + \theta P_{FH}}{1 + \theta} \quad (5-10)$$

As solicitações de chamadas chegam e são alocadas, ou não, conforme as condições do tráfego no setor. Cada solicitação de chamada é registrada nas janelas de medidas correspondentes, assim como os sucessos e fracassos de alocação de chamadas novas e em *handoff*. Os parâmetros P_{BN} e P_{FH} e θ da probabilidade de sobrecarga dada em (3-53) são substituídos pelas medidas B_{BN} , B_{FH} e $\theta_{estimado}$, obtidos pelas janelas deslizantes de registros.

O cálculo das medidas instantâneas P_o , B_{BN} , B_{FH} , λ_N , λ_H , é feito periodicamente e o número de canais de guarda, N , do setor (ou célula) é atualizado. O período da atualização do valor do número de canais de guarda, N , é definido pela chegada de Δ_u usuários, incluindo novos e *handoff*. O valor de Δ_u foi adotado como 20 após algumas tentativas de simulação.

Para aumentar a utilização dos canais do sistema, o algoritmo *CAC4* inicia a simulação com N igual a zero canais de guarda. À medida que o sistema apresenta sobrecarga, o valor de N é modificado. Os acréscimos e decréscimos são dados por um valor constante e fracionário, δ , definido no início da simulação.

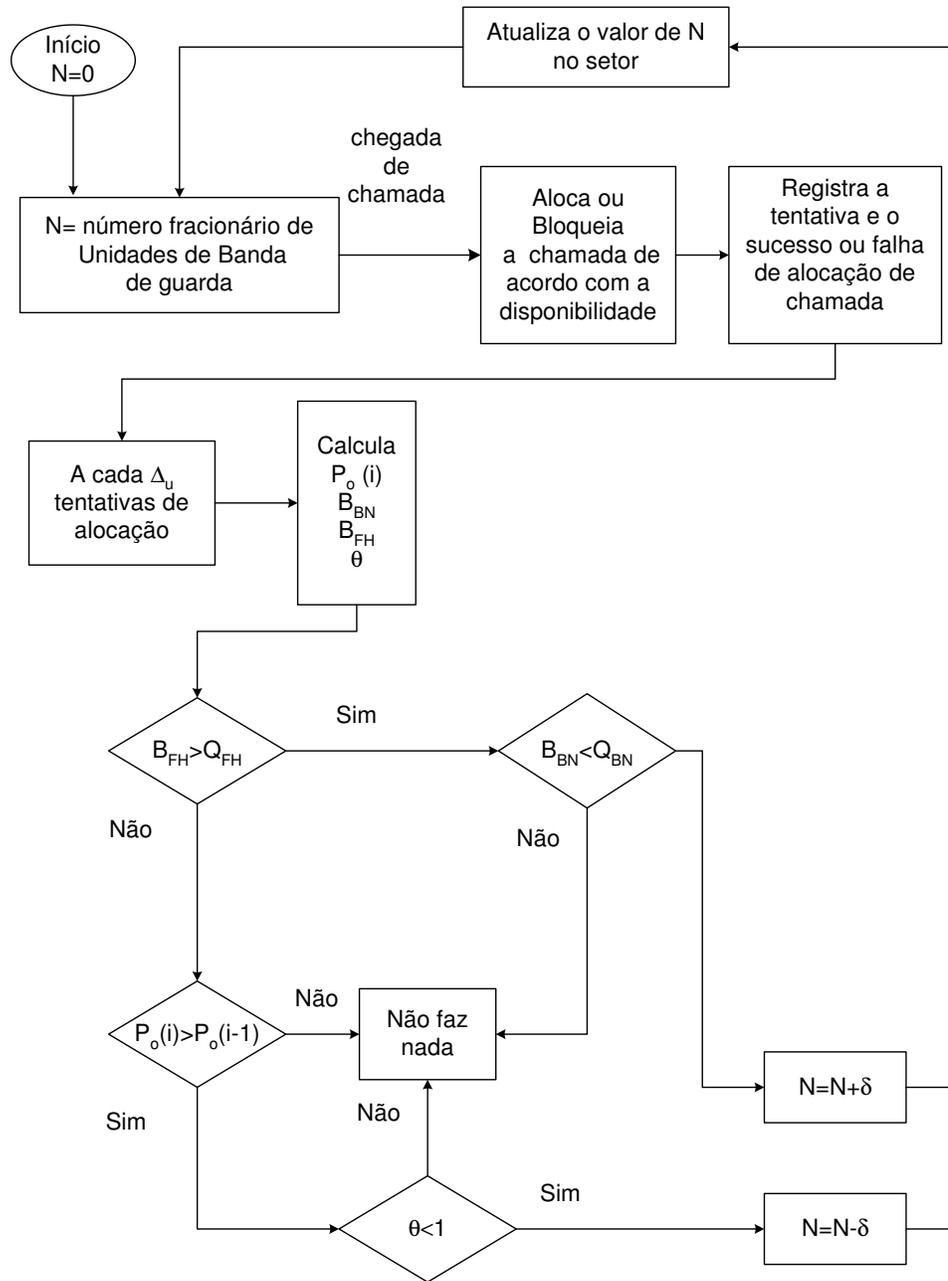


Figura 5.5: Diagrama de blocos de CAC4.

5.5.1 Descrição do Algoritmo CAC4

Inicialização $N = 0$.

Chegada de chamada aloca , ou não, e registra. A cada Δ_u

- calcula as medidas instantâneas P_o, B_{BN}, B_{FH} .
- Se $B_{FH} > Q_{FH}$ (fora do limite).

- Se $B_{BN} > Q_{BN}$, não faz nada.
- Se $B_{BN} < Q_{BN}$, incrementar N :
- se $N \neq 0$, N é incrementado de δ , $N = N + \delta$.
- Se $B_{FH} < Q_{FH}$ (dentro do limite).
- Se $P_o(i) \leq P_o(i - 1)$, não faz nada.
- Se $P_o(i) > P_o(i - 1)$, verifica o valor de θ :
- se $\theta < 1$, N é decrementado de δ , $N = N - \delta$.

5.5.2

Resultados de CAC4

O algoritmo proposto CAC4 foi testado através de simulação e seus resultados são apresentados nas tabelas 5.8 e 5.9. Os valores representados são dados pela razão entre a maior intensidade de tráfego, ρ_Q , do algoritmo CAC4 dentro dos requisitos de QoS e o valor máximo de intensidade de tráfego ideal, ρ_Q^* , para cada caso de taxa de mobilidade e requisito de qualidade de serviço, (θ, Q) .

O comportamento do algoritmo é verificado de acordo com seu parâmetro do decremento do número de canais de guarda, δ ; e a taxa de mobilidade, θ , para que seja definido o valor do parâmetro δ que será utilizado pelo algoritmo.

Na tabela 5.8 são apresentados os resultados do desempenho do algoritmo de Controle de Admissão de Canal, CAC4 para as condições de taxa de mobilidade baixa, $(\theta = 0, 2)$. São testados diversos valores do parâmetro δ para quatro valores de requisitos de QoS diferentes, $(Q_{BN}; Q_{FH}) = (5\%; 3\%), (3\%; 1\%), (4\%; 0.4\%)$ e $(1\%; 0.5\%)$. Na tabela 5.9 estão os mesmos casos de CAC4 para as condições de taxa de mobilidade elevada, $(\theta = 6)$.

Tabela 5.8: Comparação da razão de intensidade de tráfego máxima dentro dos requisitos de QoS de CAC4, com taxa de mobilidade $\theta = 0.2$.

Algoritmo	δ	Q_{31}	Q_{404}	Q_{105}	Q_{53}	I_{medio}
CAC4	0.02	99.003	90.331	95.887	99.219	96.110
CAC4	0.01	97.214	91.809	98.278	99.980	96.820
CAC4	0.03	96.526	91.736	95.333	98.569	95.541

Observando os resultados apresentados nas tabelas 5.8 e 5.9 determina-se o valor do parâmetro $\delta = 0.01$. Quando CAC4 utiliza esse valor apresenta o maior parâmetro I, em média, nos vários casos abordados nas tabelas de resultados.

Tabela 5.9: Comparação da razão de intensidade de tráfego máxima dentro dos requisitos de QoS de CAC4, com taxa de mobilidade $\theta = 6.0$.

Algoritmo	δ	Q_{31}	Q_{404}	Q_{105}	Q_{53}	I_{medio}
CAC4	0.02	96.695	99.344	95.153	93.328	96.130
CAC4	0.01	99.962	99.600	97.680	96.160	98.351
CAC4	0.03	94.589	97.637	92.731	91.163	94.030

5.6

Algoritmo CAC5

O objetivo do algoritmo *CAC5*, proposto neste trabalho, é garantir a obediência às restrições de QoS e buscar minimizar a probabilidade de sobrecarga do sistema.

O algoritmo de Controle de Admissão de Chamada, *CAC5* não emprega a técnica de canais de guarda como os demais algoritmos propostos neste capítulo, *CAC1*, *CAC2*, *CAC3*, *CAC4* e *CAC6*. O algoritmo *CAC5* emprega a decisão probabilística sobre a aceitação do usuário de acordo com as medidas de desempenho do sistema. Em alguns casos, quando a taxa de mobilidade dos usuários da rede móvel é elevada, o algoritmo *CAC5* simula o comportamento de canais de guarda. Por outro lado, quando a taxa de mobilidade é baixa, dependendo do desempenho em relação aos parâmetros de qualidade de serviço, *CAC5* bloqueia as chamadas de *handoff* visando atender uma eventual chamada nova.

O Controle de Admissão observa a mobilidade instantânea dos usuários do sistema para sua tomada de decisão. A medida de θ é feita contando a razão entre a chegada de usuários novos e a chegada de usuários em *handoff* durante certo intervalo de tempo, $\theta = \frac{\lambda_H}{\lambda_N}$.

Quando há elevada mobilidade, $\theta \geq 1$, o algoritmo *CAC5* se comporta como um sistema de canais de guarda fracionário com um número de canais de guarda que é função da mobilidade, $N = \frac{\theta}{1+\theta}$.

Para instantes de mobilidade menor, $\theta < 1$, o sistema observa o seu desempenho instantâneo B_{FH} relativo ao requisito de QoS correspondente ao *handoff*, Q_{FH} . Se o requisito de *handoff* não está sendo atendido, $B_{FH} \geq Q_{FH}$, a chamada em *handoff* é aceita. Se o requisito de *handoff* está sendo atendido, $B_{FH} < Q_{FH}$, para aumentar a utilização do sistema, eventuais chamadas novas são aceitas e chamadas em *handoff* são aceitas com probabilidade $P = \frac{\theta}{1+\theta}$.

O diagrama de blocos do algoritmo *CAC5* é representado na figura 5.6.

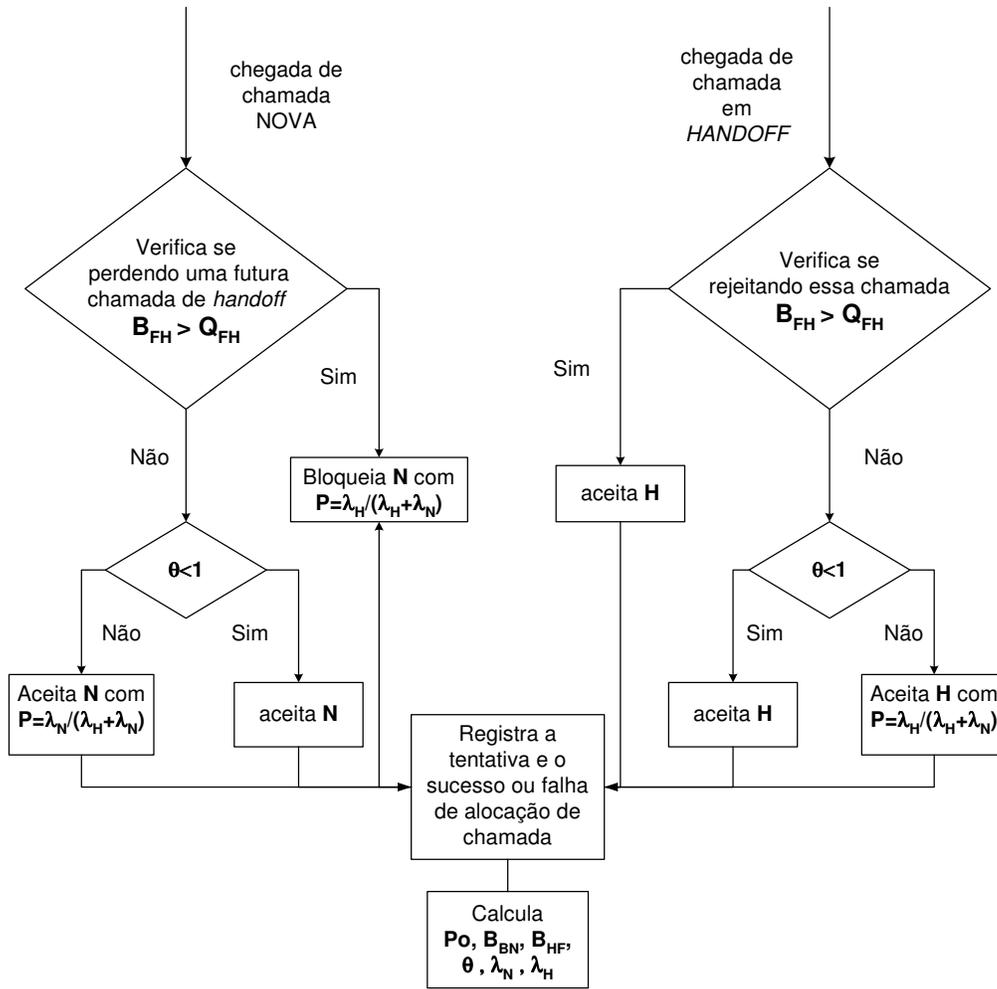


Figura 5.6: Diagrama de blocos de CAC5.

5.6.1 Descrição do Algoritmo CAC5

Solicitação de recurso, verifica se a chamada cabe no sistema. Se não cabe, a chamada é bloqueada.

Se cabe, verifica se a chamada é nova, N, e verifica se, perdendo uma futura chamada de *handoff*, H, $B_{FH} > Q_{FH}$.

- Se for verdade, bloqueia N com probabilidade $P = \frac{\lambda_H}{\lambda_N + \lambda_H} = \frac{\theta}{1 + \theta}$.
- Se não, verifica
 - se $\theta < 1$ aceita N,
 - se $\theta > 1$ bloqueia N com probabilidade $P = \frac{\lambda_H}{\lambda_N + \lambda_H} = \frac{\theta}{1 + \theta}$.

Se a chamada é *handoff*, H, verifica se, rejeitando esta chamada, $B_{FH} > Q_{FH}$.

- Se for verdade, aceita H.
- Caso contrário, verifica

$\theta > 1$ aceita H;

$\theta < 1$ rejeita H com probabilidade $P = \frac{\lambda_N}{\lambda_N + \lambda_H} = \frac{1}{1 + \theta}$.

Em resumo, a cada solicitação de chamada o algoritmo verifica: o tipo de chamada e os parâmetros de desempenho instantâneo do sistema dado pelas medidas da taxa de mobilidade θ e do percentual de falha de chamadas em *handoff* B_{FH} que é comparado ao requisito de QoS Q_{FH} . Como o objetivo é aumentar a utilização e simultaneamente atender aos requisitos de QoS, para sistemas de elevada mobilidade, $\theta > 1$, a decisão tende a favorecer as chamadas em *handoff*. Já no caso de baixa mobilidade, $\theta < 1$, a decisão tende a favorecer as chamadas novas, que são maioria, desde que o requisito de QoS esteja sendo atendido, $B_{FH} < Q_{FH}$.

5.6.2

Solução Analítica Equivalente ao Algoritmo CAC5

Em alguns casos particulares, é possível obter uma solução analítica para o algoritmo dinâmico CAC5. Desta forma, as simulações desses casos particulares podem ser comparadas às respectivas soluções analíticas.

Observa-se que, para valores fixos de θ , o algoritmo de controle de admissão de chamadas CAC5 leva o sistema a situações bem definidas e que não dependem das decisões tomadas nos instantes anteriores. Portanto, nesses casos, é possível obter solução analítica por Cadeia de Markov. Assim, seus resultados serão comparados com a simulação do algoritmo dinâmico CAC5, fixando o valor da variável aleatória θ que define a razão entre a taxa de chegada de usuários em *handoff* e de usuários novos.

A solução por Cadeia de Markov é definida separando-se os casos onde a taxa de mobilidade dos usuários da rede é elevada ou baixa, $\theta > 1$ e $\theta < 1$.

Solução Analítica Equivalente a CAC5, Elevada Mobilidade

No caso de alta taxa de mobilidade de usuários, $\theta > 1$, para qualquer intensidade de tráfego ρ , desde que haja canal disponível, as chamadas em *handoff* são aceitas. As chamadas novas são bloqueadas com probabilidade $P = \frac{\lambda_H}{\lambda_N + \lambda_H} = \frac{\theta}{1 + \theta}$. Portanto, o caso $\theta > 1$ equivale ao sistema de guarda fracionária onde o número de canais de guarda $N = N_{GUARDA}$ é definido em 5-11. Neste caso, a probabilidade de falha de *handoff* é igual a probabilidade

do sistema estar lotado, definida na equação 5-12 e a probabilidade de bloqueio de uma chamada nova é dada por 5-13.

$$N_{GUARDA} = \frac{\theta}{1 + \theta} \quad (5-11)$$

$$P_{FH} = P(N_c) \quad (5-12)$$

$$P_{BN} = P(N_c) + \left(\frac{\theta}{1 + \theta} \right) P(N_c - 1) \quad (5-13)$$

Solução Analítica Equivalente a CAC5, Baixa Mobilidade

Para obter a solução analítica de CAC5 no caso do sistema com usuários de baixa mobilidade, $\theta < 1$, é necessário analisar duas situações distintas, definidas pelo valor da medida do percentual de falha de *handoff* instantâneo, B_{FH} . A medida B_{FH} é comparada ao requisito de qualidade de serviço Q_{FH} . O valor de intensidade de solicitação de recursos, ρ , para o qual a medida instantânea coincide com o requisito de QoS, $B_{FH} = Q_{FH}$, é chamado de ρ_{FH} neste trabalho. Na primeira situação, a medida B_{FH} é menor que o requisito de qualidade de serviço Q_{FH} , ou seja $\rho < \rho_{FH}$. Na segunda situação, o requisito de QoS, Q_{FH} , não está sendo cumprido, $\rho > \rho_{FH}$.

Na primeira situação, caso ($\theta < 1$, $\rho < \rho_{FH}$), as condições são: o requisito de QoS está sendo atendido, o sistema possui usuários de pouca mobilidade e a intensidade de tráfego é pequena. Neste caso, a chamada nova é aceita e a chamada em *handoff* é bloqueada com probabilidade $P = \frac{\lambda_N}{\lambda_N + \lambda_H} = \frac{1}{1 + \theta}$. Este caso equivale ao sistema conhecido na bibliografia como RESERVA de canais, onde uma chamada em *handoff* pode ser bloqueada para proteger uma chamada nova.

A reserva de canais para o usuário novo equivale justamente ao oposto do sistema de canais de guarda. É adotada no algoritmo CAC5 no caso em que a taxa de mobilidade é pequena e o requisito de QoS para *handoff* está sendo atendido, $B_{FH} < Q_{FH}$, caso ($\theta < 1, \rho < \rho_{FH}$).

$$N_{RESERVA} = \frac{1}{1 + \theta} \quad (5-14)$$

$$P_{FH} = P(N_c) + \left(\frac{1}{1 + \theta} \right) P(N_c - 1) \quad (5-15)$$

$$P_{BN} = P(N_c) \quad (5-16)$$

O número de canais reservados para as chamadas novas $N_{RESERVA}$ é dado por 5-14 e o valor da probabilidade de falha de chamada em *handoff* e da probabilidade de bloqueio de chamadas novas, P_{FH} e P_{BN} , são dados pelas equações 5-15 e 5-16.

Na segunda situação, caso ($\theta < 1, \rho > \rho_{FH}$), a taxa de mobilidade é baixa, porém o requisito de QoS não está sendo atendido, $B_{FH} > Q_{FH}$. Neste caso, a chamada em *handoff* é aceita e a chamada nova é bloqueada com probabilidade $P = \frac{\lambda_H}{\lambda_N + \lambda_H} = \frac{\theta}{1 + \theta}$. Este caso equivale ao sistema de GUARDA de canais dado por 5-17 onde P_{FH} e P_{BN} são dados pelas equações 5-18 e 5-19.

$$N_{GUARDA} = \frac{\theta}{1 + \theta} \quad (5-17)$$

$$P_{FH} = P(N_c) \quad (5-18)$$

$$P_{BN} = P(N_c) + \left(\frac{1}{1 + \theta} \right) P(N_c - 1) \quad (5-19)$$

Resultados da Solução Analítica Equivalente a CAC5

Para confirmar os resultados analíticos obtidos para o algoritmo dinâmico CAC5, as figuras 5.7 e 5.8 apresentam os resultados obtidos com a simulação de CAC5 no caso $\theta > 1$, $\theta = 2.0$, com restrições $Q_{BN} = 3\%$ e $Q_{FH} = 1\%$. O resultado de CAC5 $\theta = 2.0$ é apresentado juntamente com o resultado analítico obtido em MATLAB para os casos de GUARDA e de RESERVA correspondentes. Observa-se que para qualquer intensidade de tráfego as curvas de CAC5 acompanham as curvas de GUARDA, priorizando as chamadas em *handoff*, de acordo com o previsto no modelo analítico.

O caso $\theta < 1$ foi simulado em CAC5 utilizando o valor $\theta = 0.5$ e os requisitos de QoS de (3%,5%). Os resultados são apresentados nas figuras 5.9 e 5.10 onde são comparados aos casos de GUARDA e de RESERVA correspondentes. Observa-se que para valores de tráfego pouco intensos as curvas de CAC5 acompanham as curvas de RESERVA de canal, priorizando as chamadas novas. À medida que o tráfego cresce e o requisito de qualidade de serviço não é mais atendido, $P_{FH} > Q_{FH}$, a curva de CAC5 passa a

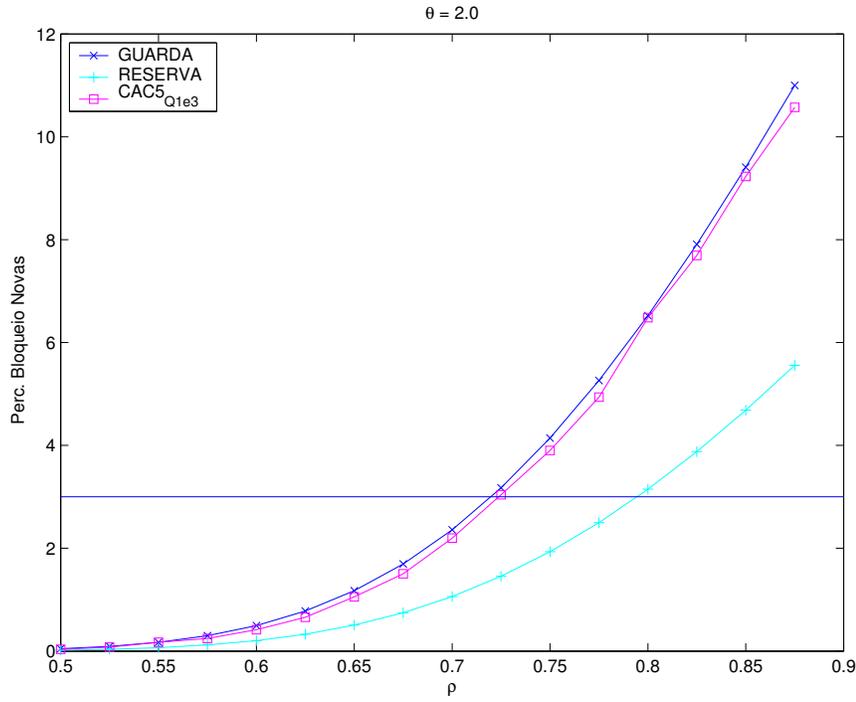


Figura 5.7: Percentual de Bloqueio de Novas chamadas CAC5 Q3e1, $\theta = 2.0$.

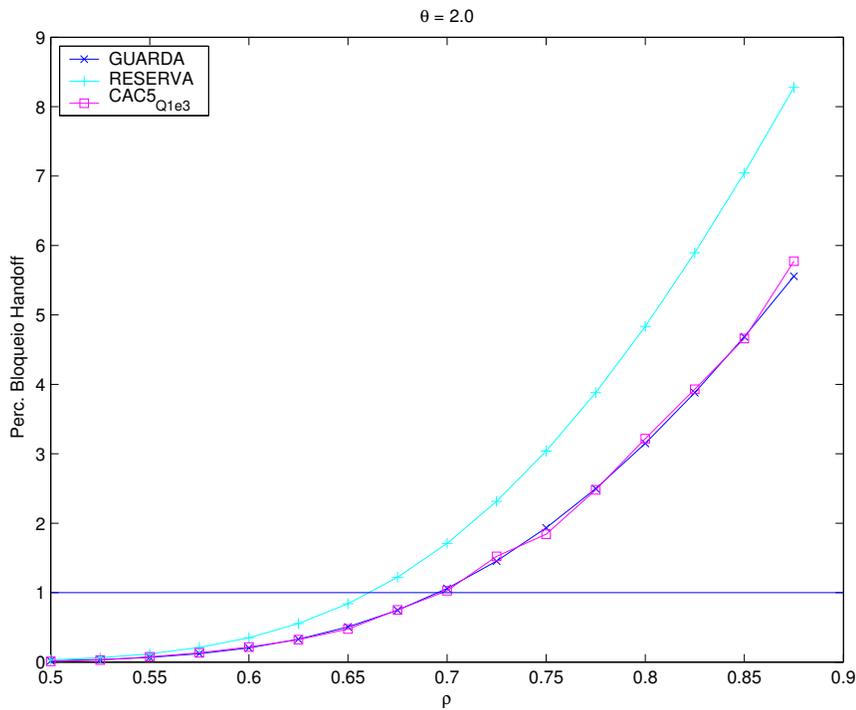


Figura 5.8: Percentual de Falha de *Handoff* CAC5 Q3e1, $\theta = 2.0$.

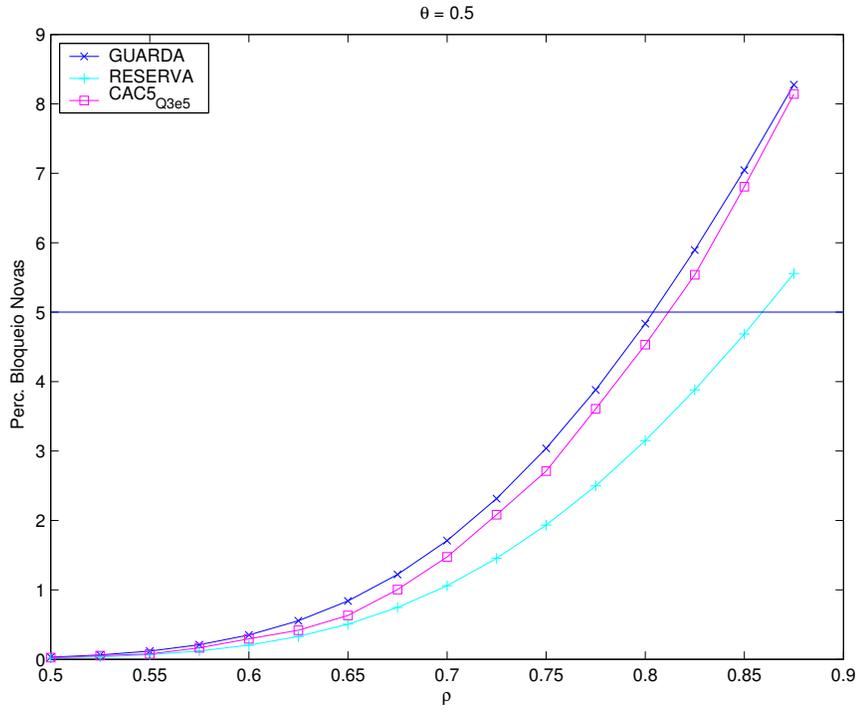


Figura 5.9: Percentual de Bloqueio de Novas chamadas CAC5 Q3e5, $\theta = 0.5$.

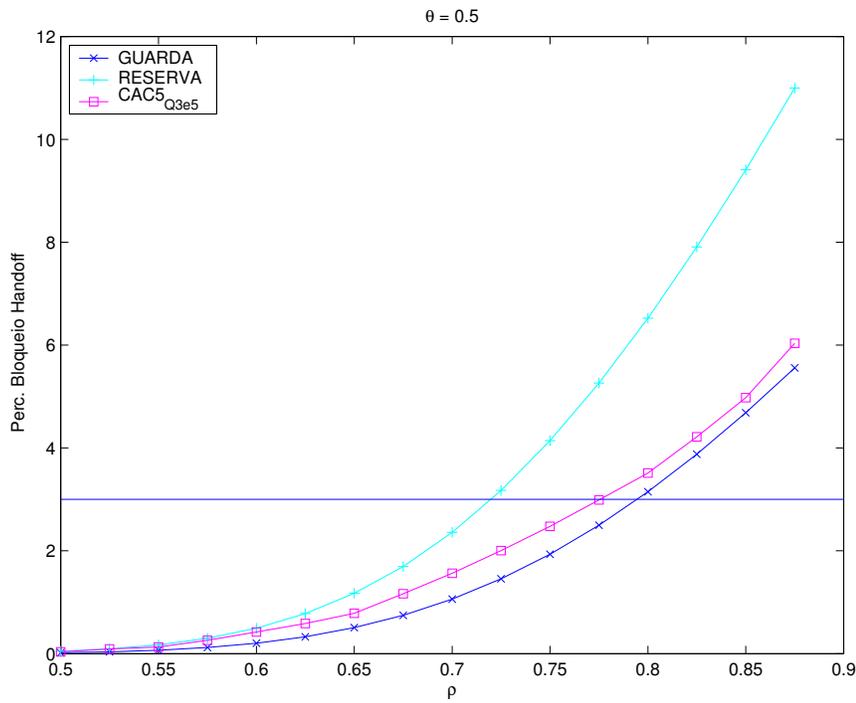


Figura 5.10: Percentual de Falha de *Handoff* CAC5 Q3e5, $\theta = 0.5$.

acompanhar a curva de GUARDA, priorizando as chamadas em *handoff*, exatamente como previsto no modelo analítico.

5.6.3 Resultados de CAC5

O comportamento do algoritmo proposto *CAC5* é verificado através de simulações de vários casos distintos.

Desempenho de CAC5 com os Requisitos de QoS

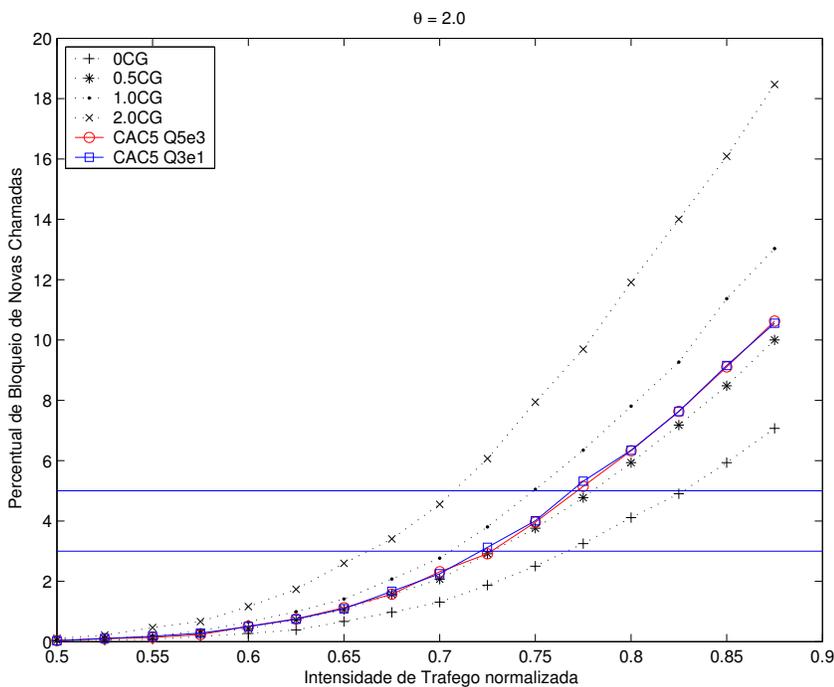


Figura 5.11: Percentual de Bloqueio de Novas Chamadas CAC5 Q5e3 e Q3e1, $\theta = 2.0$.

Nas figuras 5.11 e 5.12 são apresentados os resultados do algoritmo *CAC5* para dois pares de requisitos de QoS, $(Q_{BN}; Q_{FH})$ iguais a (5%; 3%) e (3%; 1%). A taxa de mobilidade é $\theta = 2.0$. Observa-se que o algoritmo não variou seu comportamento com o requisito de QoS. Isso se deve ao fato da taxa de mobilidade ser $\theta > 1$, quando isso acontece o algoritmo *CAC5* se porta de forma similar aos canais de guarda de $N = \frac{\theta}{1+\theta}$. Neste caso, a taxa de mobilidade é $\theta = 2.0$, o que leva a um número de canais de guarda $N = \frac{2.0}{1+2.0} = 0.66$, conforme o comportamento observado nas figuras 5.11 e 5.12.

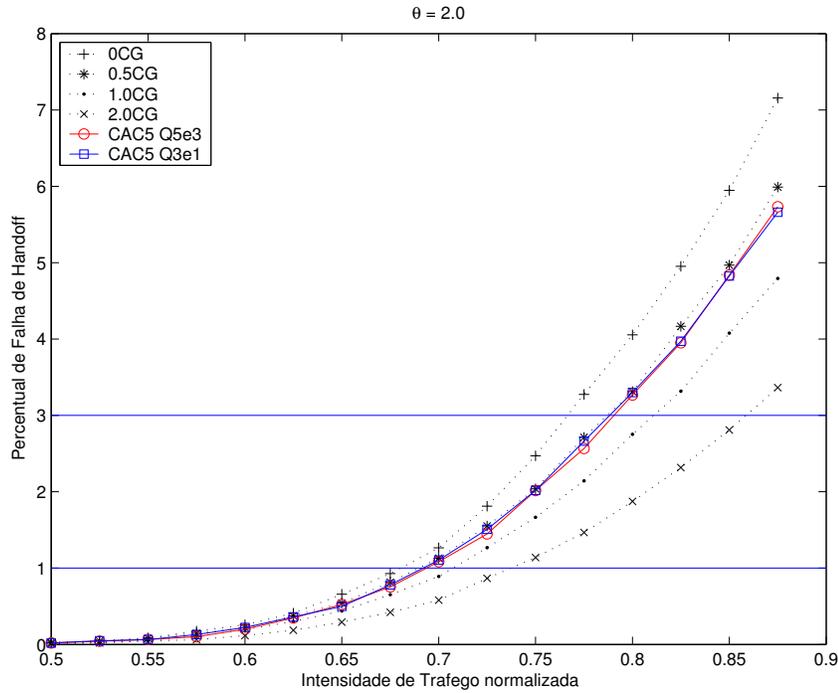


Figura 5.12: Percentual de Falha de Handoff CAC5 Q5e3 e Q3e1, $\theta = 2.0$.

Desempenho de CAC5 com a Taxa de Mobilidade θ

Para confirmar o comportamento de CAC5 com a taxa de mobilidade fixa, as figuras 5.13 e 5.14 apresentam três curvas de CAC5 para requisitos de QoS Q5e3, e três valores de taxa de mobilidade: $\theta = 0.2$; $\theta = 2.0$; e $\theta = 6.0$. Observa-se que nos casos em que $\theta > 1$, o algoritmo CAC5 se porta de forma similar aos canais de guarda de $N = \frac{\theta}{1+\theta}$. No caso em a taxa de mobilidade é $\theta = 2.0$ tem-se o comportamento equivalente a um número de canais de guarda $N = \frac{2.0}{1+2.0} = 0.66$. Já para o caso $\theta = 6.0$ tem-se o comportamento equivalente a um número de canais de guarda $N = \frac{6.0}{1+6.0} = 0.86$. No caso $\theta = 0.2$, tem-se $\theta < 1$ e a curva de CAC5 se porta como RESERVA $N = \frac{1}{1+\theta} = \frac{0.2}{1+0.2} = 0.83$ para $B_{FH} < Q_{FH}$ e GUARDA $N = \frac{\theta}{1+\theta} = 0.16$ para $B_{FH} > Q_{FH}$.

Tabela de Resultados de CAC5

O algoritmo proposto CAC5 foi testado através de simulação e seus resultados são apresentados na tabela 5.10. Os valores representados são dados pela razão entre a maior intensidade de tráfego, ρ_Q , do algoritmo CAC5 dentro dos requisitos de QoS e o valor máximo de intensidade de

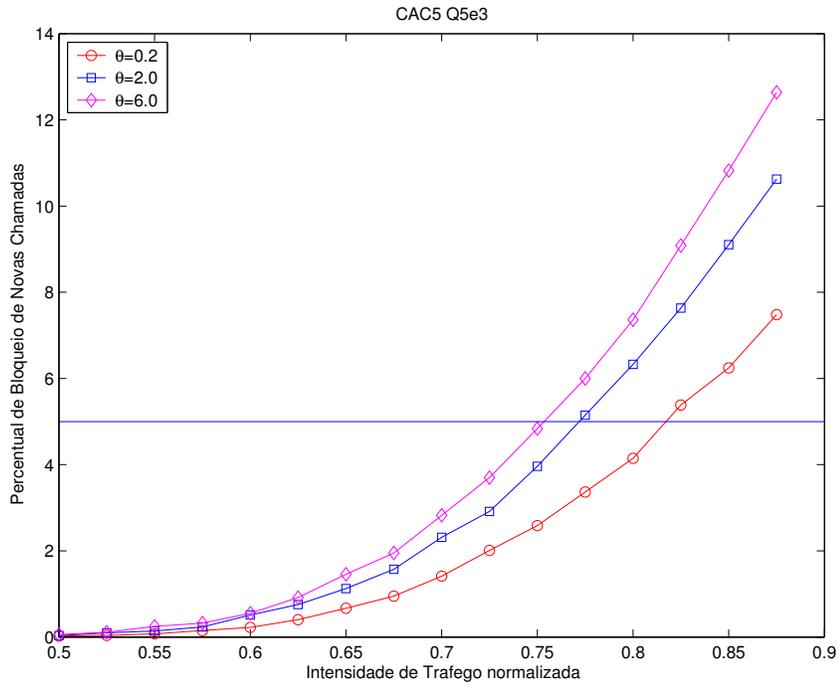


Figura 5.13: Percentual de Bloqueio de Novas chamadas CAC5 Q5e3, $\theta = 0.2$; $\theta = 2.0$; e $\theta = 6.0$.

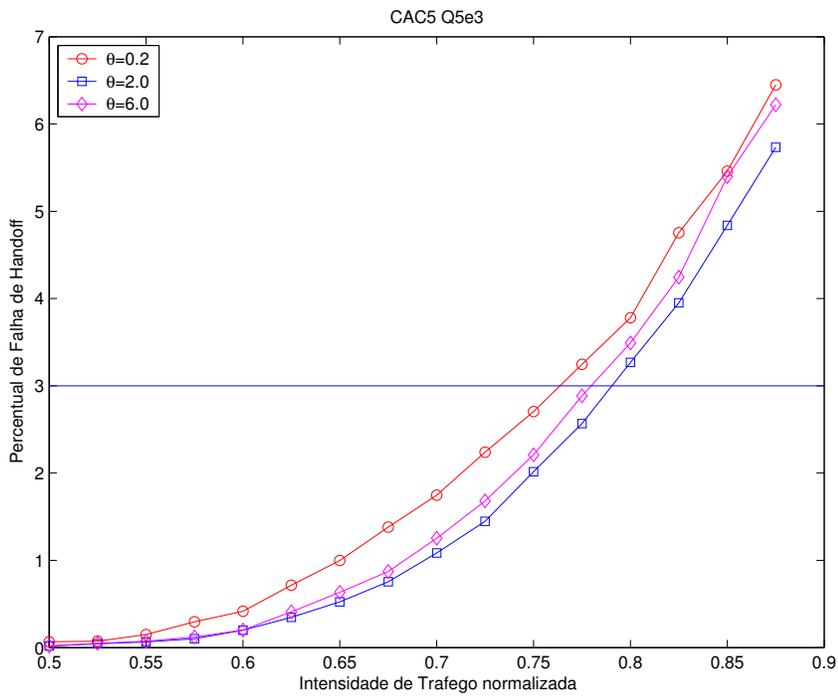


Figura 5.14: Percentual de Falha de Handoff CAC5 Q5e3, $\theta = 0.2$; $\theta = 2.0$; e $\theta = 6.0$.

tráfego ideal, ρ_Q^* , para cada caso de taxa de mobilidade e requisito de qualidade de serviço, (θ, Q) .

O algoritmo proposto *CAC5* foi testado quanto aos requisitos de QoS e quanto à taxa de mobilidade dos usuários, θ . Na tabela 5.10 são apresentados os resultados do desempenho do algoritmo para as condições de taxa de mobilidade baixa, $(\theta = 0, 2)$ e de mobilidade elevada, $(\theta = 6)$. São testados quatro valores de requisitos de QoS diferentes, $(Q_{BN}; Q_{FH}) = (5\%; 3\%)$, $(3\%; 1\%)$, $(4\%; 0.4\%)$ e $(1\%; 0.5\%)$.

Tabela 5.10: Comparação da razão de intensidade de tráfego máxima dentro dos requisitos de QoS de *CAC5*, com taxa de mobilidade $\theta = 0.2$ e $\theta = 6$.

Algoritmo	θ	Q_{31}	Q_{404}	Q_{105}	Q_{53}	I_{medio}
CAC5	0.2	93.001	83.611	97.832	95.504	92.487
CAC5	6.0	99.625	96.704	98.845	97.287	98.190

5.7

Algoritmo CAC6

Nos casos em que se obtém valores de ρ_{BN} afastados de ρ_{FH} , um requisito deixa de ser atendido e o limite do outro requisito ainda está distante. Como a utilização é verificada pelo menor valor entre os dois, $U(\rho_Q)$, obtém-se um valor baixo de utilização para o algoritmo. Isso se deve ao fato da utilização ser uma função crescente da intensidade de solicitação de recursos de entrada, ρ .

No exemplo apresentado na figura 5.1, $\rho_{FH} < \rho_{BN}$. Se o algoritmo de controle de admissão for capaz de aumentar o valor de ρ_{FH} , ele irá automaticamente diminuir o valor de ρ_{BN} , através do aumento do número de canais de guarda. Este fato aproxima os valores ρ_{BN} e ρ_{FH} . Como o valor ρ_Q é o menor valor entre (ρ_{BN}, ρ_{FH}) e a utilização é uma função crescente de ρ , obtém-se um valor maior para a utilização, $U(\rho_Q)$.

No caso oposto em que $\rho_{FH} > \rho_{BN}$ o valor de ρ_Q é igual a ρ_{BN} e seu valor pode ser aumentado diminuindo o número de canais de guarda. Isto fará com que o valor de ρ_{FH} fique menor, novamente aproximando os dois valores e aumentando o valor de $U(\rho_Q)$. Portanto, quando os dois valores estão próximos, ρ_Q tende a ser maior, conseqüentemente o valor de utilização neste ponto, $U(\rho_Q)$, também é maior como pode ser observado na figura 5.15.

Nas curvas de traço contínuo da figura 5.15, os valores (ρ_{BN1}, ρ_{FH1}) são muito afastados entre si. Se o número de canais de guarda for ligeiramente

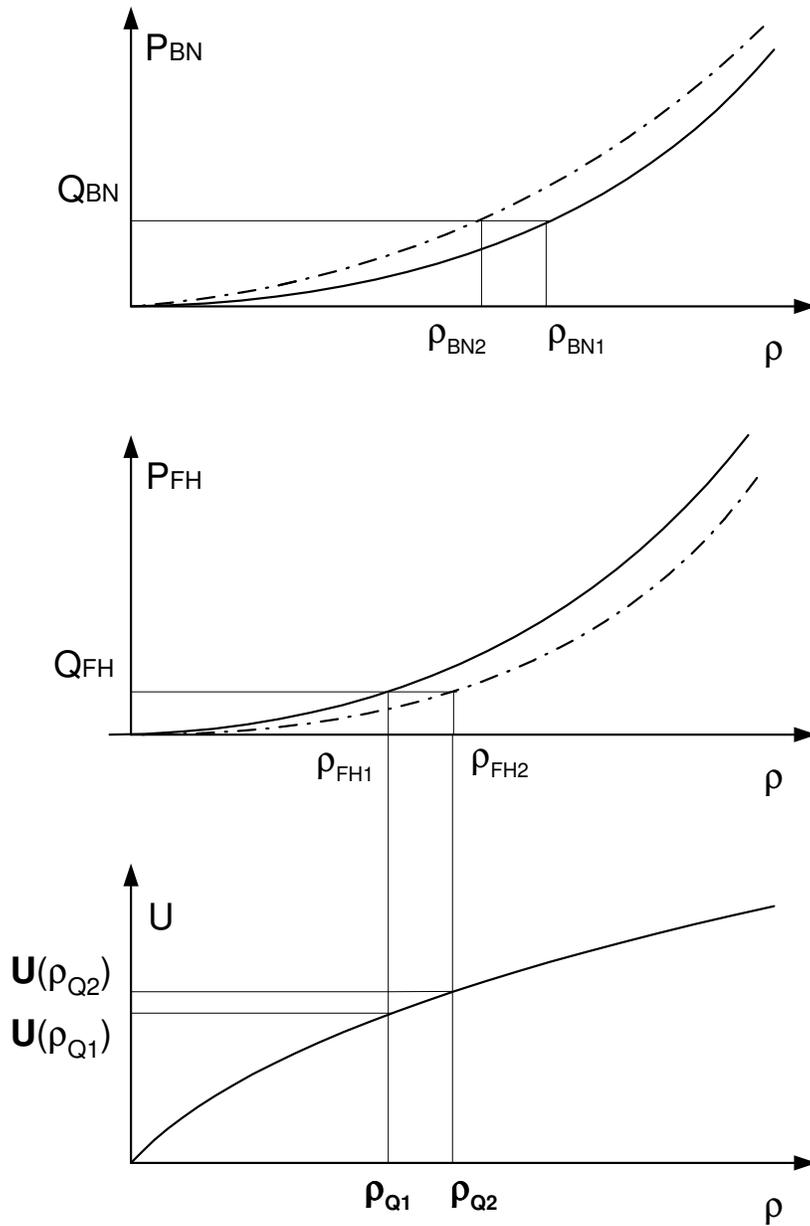


Figura 5.15: Utilização maior com a aproximação de ρ_{BN} e ρ_{FH} .

aumentado, a curva de utilização quase não varia, as curvas de (P_{BN2}, P_{FH2}) são representadas por traço-ponto. A intersecção das curvas (P_{BN2}, P_{FH2}) com os traços horizontais dos requisitos de QoS (Q_{BN}, Q_{FH}) são os valores (ρ_{BN2}, ρ_{FH2}) que são mais próximos entre si do que o par (ρ_{BN1}, ρ_{FH1}) , aumentando o valor de utilização, portanto $U(\rho_{Q2}) > U(\rho_{Q1})$.

Ao observar as tabelas de resultados dos cinco algoritmos anteriores

nota-se que, quando o algoritmo atinge o limite de cada condição de QoS para valores de intensidade de tráfego de entrada muito próximos entre si obtém-se os maiores valores de utilização no ponto em que ambas as condições de qualidade de serviço são atendidas, ρ_Q . Para conseguir um algoritmo que apresente um elevado valor de utilização no ponto ρ_Q , é necessário obter valores limites para a intensidade de recursos de entrada de cada uma das condições, ρ_{BN} e ρ_{FH} , muito próximos entre si.

5.7.1

Objetivo do Algoritmo CAC6

O objetivo do algoritmo proposto *CAC6* é conseguir valores altos de utilização para valores também elevados de intensidade de tráfego de entrada, ρ_Q , atendendo simultaneamente aos dois requisitos de qualidade de serviço Q_{BN} e Q_{FH} .

Pretende-se conseguir atingir tal objetivo alterando o número de canais de guarda do setor de forma dinâmica, procurando fazer com que os dois valores de intensidade de entrada, ρ_{BN} e ρ_{FH} , para os quais as condições Q_{BN} e Q_{FH} deixam de serem atendidas, sejam muito próximos.

5.7.2

Descrição do Algoritmo CAC6

O algoritmo inicia com número de canais de guarda no setor igual a zero. A cada Δ_u usuários entrando no setor, as medidas instantâneas B_{BN} e B_{FH} são comparadas aos respectivos requisitos de QoS. Então há o incremento, ou decremento, do número de canais de guarda N .

O valor do decremento, ou incremento, δ é proporcional ao afastamento das medidas em relação aos requisitos de QoS, e é dado por (5-20). Por outro lado, δ não ultrapassa o valor máximo de 0.1, para evitar variações bruscas no valor do número de canais de guarda.

$$\delta = \left[\min \left(\left| 1 - \frac{B_{BN}}{Q_{BN}} \right|; \left| 1 - \frac{B_{FH}}{Q_{FH}} \right| \right) \right] \leq 0.1 \quad (5-20)$$

Chegada de chamada nova ou *handoff*

- Verifica a disponibilidade de canal e aloca ou bloqueia.
- Registra o sucesso ou falha de alocação na respectiva janela de registro para a atualização das medidas B_{BN} e B_{FH} .

A cada Δ_u usuários entrando no setor

- Calcula a medida de bloqueio de novas chamadas, B_{BN} .
- Calcula a medida de falha de chamadas em *handoff*, B_{FH} .
- Calcula o tamanho do incremento δ
- Se $B_{BN} \leq Q_{BN}$ e $B_{FH} > Q_{FH}$, incrementa N , $N + \delta$.
- Se $B_{BN} > Q_{BN}$ e $B_{FH} \leq Q_{FH}$, decrementa N , $N - \delta$.
- Se $B_{BN} > Q_{BN}$ e $B_{FH} > Q_{FH}$, mantém N .

O diagrama de blocos do algoritmo proposto CAC6 é apresentado na figura 5.16

5.7.3 Resultados de CAC6

O algoritmo proposto CAC6 foi testado através de simulação e seus resultados são apresentados na tabela 5.11. Os valores representados são dados pela razão entre a maior intensidade de tráfego, ρ_Q , do algoritmo CAC6 dentro dos requisitos de QoS e o valor máximo de intensidade de tráfego ideal, ρ_Q^* , para cada caso de taxa de mobilidade e requisito de qualidade de serviço, (θ, Q) . São apresentados os resultados do desempenho do algoritmo para as condições de taxa de mobilidade baixa, $(\theta = 0, 2)$ e de mobilidade elevada, $(\theta = 6)$; bem como quatro valores de requisitos de QoS diferentes, $(Q_{BN}; Q_{FH}) = (5\%; 3\%), (3\%; 1\%), (4\%; 0.4\%)$ e $(1\%; 0.5\%)$.

Tabela 5.11: Comparação da razão de intensidade de tráfego máxima dentro dos requisitos de QoS de CAC6, com taxa de mobilidade $\theta = 0.2$ e $\theta = 6$.

Algoritmo	θ	Q_{31}	Q_{404}	Q_{105}	Q_{53}	I_{medio}
CAC6	0.2	89.837	76.277	92.957	93.942	88.253
CAC6	6.0	99.608	99.364	98.094	99.583	99.162

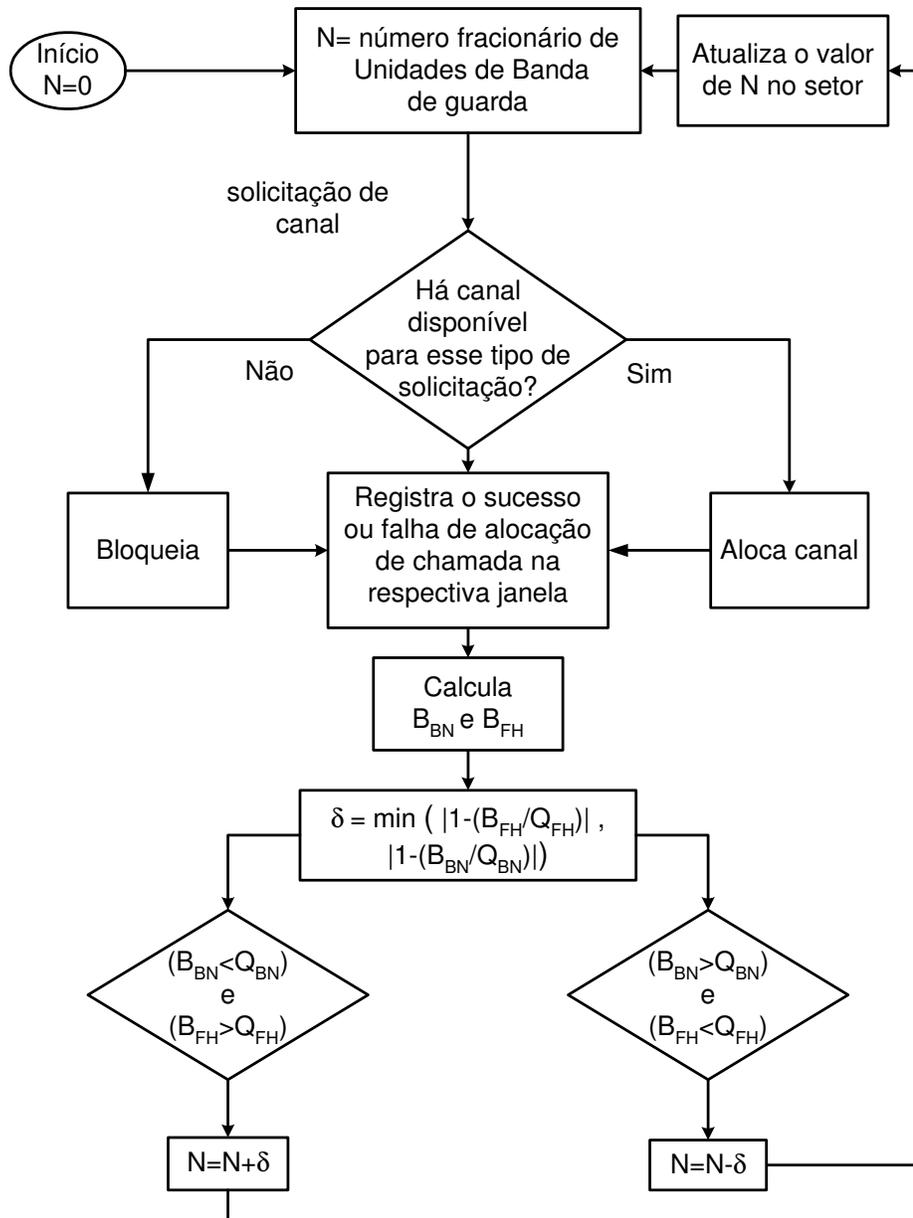


Figura 5.16: Diagrama de blocos do algoritmo CAC6.

5.8 Conclusão

Neste capítulo foram apresentados seis algoritmos para o Controle de Admissão de usuários de uma classe. Seu comportamento foi verificado através de simulação, permitindo escolher o valor de seus parâmetros. Quase todos os algoritmos se baseiam na classe de algoritmos que utiliza número fracionário de canais de guarda. Apenas o algoritmo *CAC5* não utiliza canais de guarda de uma forma explícita. Porém, ao admitir o

usuário de acordo com uma probabilidade, está reservando recursos para outros usuários que venham a solicitá-los mais tarde. Foi provado que sob determinadas condições, o algoritmo se porta de forma equivalente a utilização de canais de guarda para *handoff* também, a utilização de canais de reserva para usuários novos. Alguns dos algoritmos apresentados neste capítulo foram também publicados nas referências [64] e [65].

O próximo capítulo apresenta o conceito sobre o número ideal de canais de guarda no caso de uma classe de usuários e distribuição exponencial para o tempo de permanência do usuário na célula. Baseado neste conceito, é proposto mais um algoritmo de controle de admissão, o algoritmo CAC7.

A comparação entre o desempenho dos algoritmos é deixada para o próximo capítulo aonde são apresentados resultados comparativos dos sete algoritmos de uma classe de usuários, propostos neste trabalho.