

DÂMARIS DA SILVA BENTO

GERAÇÃO DE ESTADOS INICIAIS DIFÍCEIS E SOLUCIONÁVEIS PARA SOKOBAN

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação, para obtenção do título de *Mestre em Ciência da Computação*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS - BRASIL
2019

**Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca Central da Universidade
Federal de Viçosa - Câmpus Viçosa**

T

B478g
2019 Bento, Dâmaris da Silva, 1993-
Geração de estados iniciais difíceis e solucionáveis para
Sokoban / Dâmaris da Silva Bento. – Viçosa, MG, 2019.
ix, 58 f. : il. ; 29 cm.

Inclui apêndices.

Orientador: Levi Henrique Santana de Lélis.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

Referências bibliográficas: f. 32-35.

1. Algoritmos heurísticos. 2. Sokoban (Jogo). 3. Sistemas de reconhecimento de padrões. 4. Inovações tecnológicas. 5. Automato celular. 6. Teoria sequencial de máquina.
I. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Informática. Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação.
II. Título.

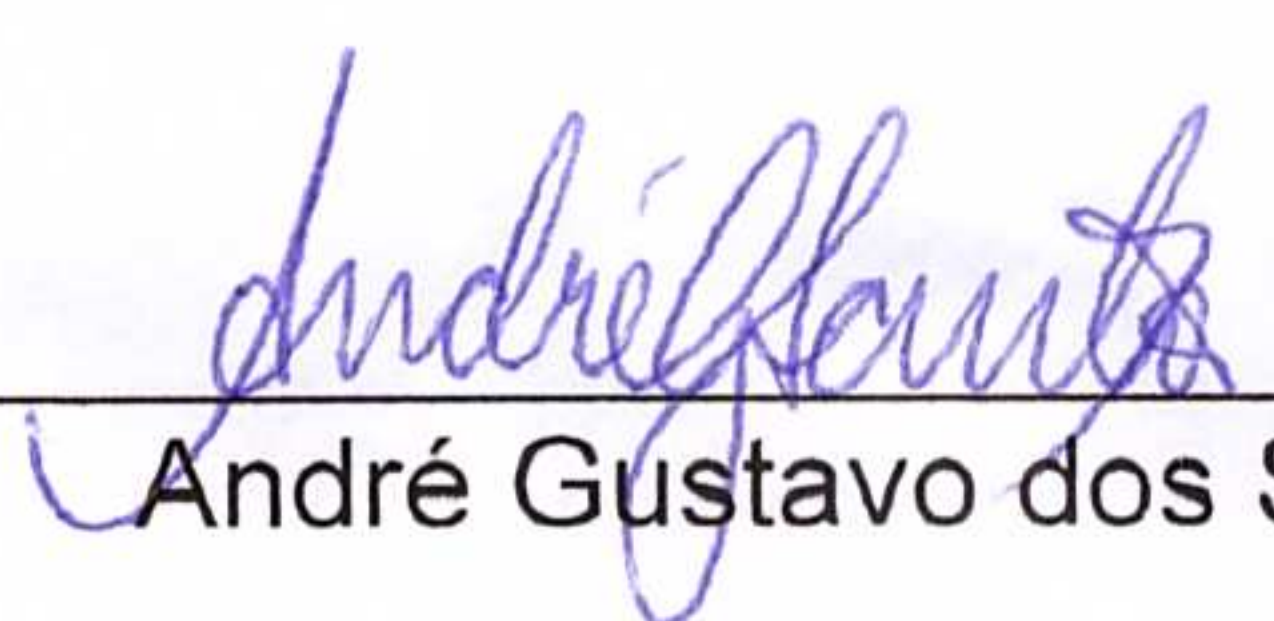
CDD 22. ed. 003.3

DÂMARIS DA SILVA BENTO

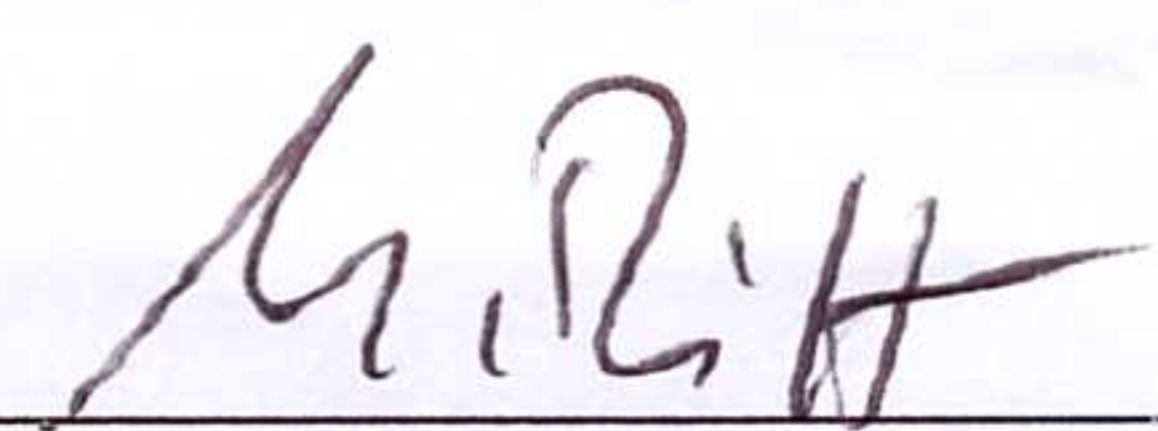
**GERAÇÃO DE ESTADOS INICIAIS DIFÍCEIS E
SOLUCIONÁVEIS PARA SOKOBAN**

Dissertação apresentada à
Universidade Federal de Viçosa, como
parte das exigências do Programa de
Pós-Graduação em Ciência da
Computação, para obtenção do
título de *Magister Scientiae*.

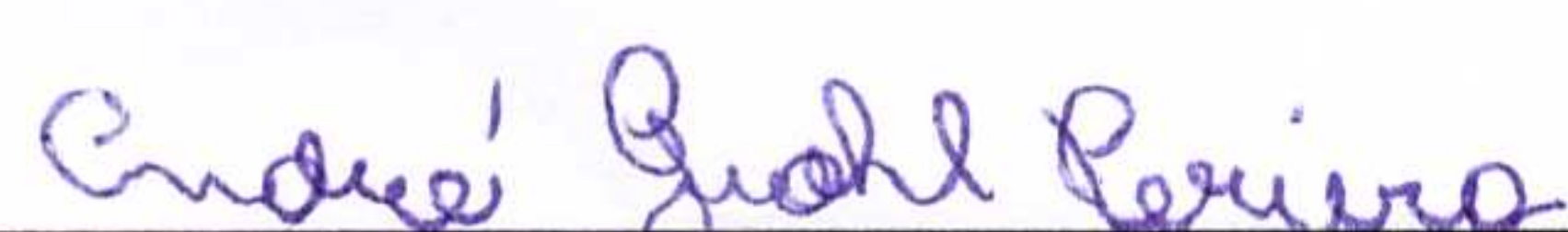
APROVADA: 10 de janeiro de 2019.



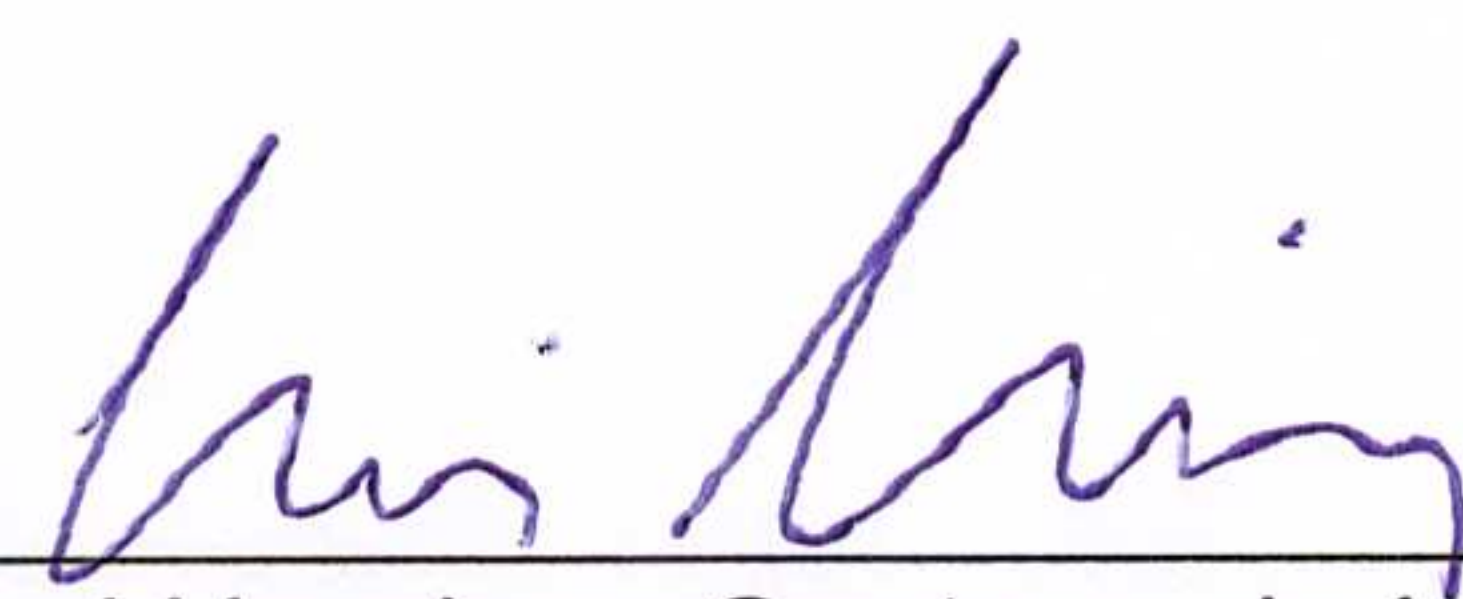
André Gustavo dos Santos



Marcus Rolf Peter Ritt



André Grahl Pereira
(Coorientador)



Levi Henrique Santana de Lelis
(Orientador)

Dedico este trabalho primeiramente a Deus, por ser essencial em minha vida, autor do meu destino, meu guia, socorro presente na hora da angústia, ao meu pai Vasco, minha mãe Lourdes e ao meu irmão Gleyson.

Agradecimentos

Gratidão a Deus porque dEle, por Ele e para Ele são todas as coisas.

Agradeço, de todo o meu coração, aos meus orientadores Levi Lelis e André Grahl que compartilharam o conhecimento técnico, mas muito mais que isso, foram engrenagens fundamentais no motor de todo o processo de aprendizado, crescimento e amadurecimento que passei durante o mestrado.

À minha família: meus pais, meu irmão e minha cunhada, recebam a minha eterna gratidão por serem meu sustento, refúgio, abrigo e os maiores incentivadores que eu tenho na vida.

Aos amigos e familiares que me acompanharam durante toda essa jornada, meus mais sinceros agradecimentos por toda a compreensão e, cada um à sua maneira, pela contribuição para que eu conseguisse concluir essa etapa.

Em especial, quero agradecer à Bárbara Rodrigues, por todos os anos em que compartilhamos não apenas nossa formação profissional em Ciência da Computação, mas também inúmeras lembranças que ficarão marcadas em nós. Obrigada por ser minha incentivadora diária e um porto-seguro.

Aos amigos do mestrado, obrigada por compartilharem essa aventura comigo. Aprendi muito com vocês e torço por cada um. Em especial, muito obrigada, Dâmaris Arruda (sim, eu ganhei uma xará), Rubens Oliveira, Renan Viana, Gilson Faria, Daniel Louzada, Jonatas Chagas, Cesar Gennaro, Jeronimo Penha, Liliane Soares, Guidson Andrade, com certeza, conhecer vocês foi um presente.

Agradeço às agências de pesquisa e financiamento, Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), pelo apoio financeiro para realização deste trabalho com dedicação exclusiva. Aos professores e funcionários do Departamento de Informática, bem como outros setores da UFV, muito obrigada por toda a dedicação, atenção e cuidado.

Enfim, sou o resultado da confiança e da força de cada um de vocês.

Sumário

Lista de Figuras	vi
Lista de Tabelas	vii
Resumo	viii
Abstract	ix
1 Introdução	1
1.1 Objetivos	2
1.1.1 Objetivos específicos	2
1.2 Hipótese	2
1.3 Contribuição	2
1.4 Estrutura da Dissertação	3
2 Background e Trabalhos Relacionados	4
2.1 <i>Background</i> e Definição do Problema	4
2.2 O Algoritmo A*	5
2.3 Base de Dados de Padrões (PDB)	7
2.4 Sokoban	8
2.5 Trabalhos Relacionados	9
3 Busca Procedural para Geração de Estados Iniciais	11
4 Proposta de Métricas de Dificuldade	14
4.1 Comprimento de Solução	14
4.2 Conflitos	15
4.3 Novidade	16
4.4 Métricas de Dificuldade para Humanos em Sokoban	18
4.4.1 Movimentos contraintuitivos	18

4.4.2	Decomposição do problema	19
4.4.3	Comprimento de Solução	19
5	Metodologia de Testes	20
5.1	Domínio do Problema	20
5.2	<i>Solver</i> para Sokoban	21
5.3	Métricas Avaliadas	22
5.4	Métodos Avaliados	22
6	Experimentos	23
6.1	Configurações dos Experimentos	23
6.2	Instâncias	24
6.3	Experimentos empíricos	25
6.3.1	Comprimento de Solução	26
6.3.2	Conflitos	26
6.3.3	Dificuldade para Humanos	27
6.3.4	Resultados Qualitativos	28
7	Conclusões e Trabalhos Futuros	30
	Referências Bibliográficas	32
	Apêndice A Instâncias xSokoban	36
	Apêndice B Instâncias geradas pelas variações de β	38

Lista de Figuras

2.1	Problema de espaço de estados	7
2.2	Instância de Sokoban.	9
4.1	Instância de Sokoban com conflitos.	18
6.1	Instâncias do domínio de Sokoban.	24
6.2	Estados iniciais de Sokoban gerados por β e por xSokoban	28

Lista de Tabelas

6.1	Resultados dos estados iniciais gerados por variações de β	25
6.2	Resultados qualitativos dos estados iniciais gerados pela melhor variação de β e por xSokoban	28

Resumo

BENTO, Dâmaris da Silva, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, janeiro de 2019. **Geração de Estados Iniciais Difíceis e Solucionáveis para Sokoban.** Orientador: Levi Henrique Santana de Lelis. Coorientador: André Grahl Pereira.

Nesse trabalho lidamos com a tarefa de geração de estados difíceis e solucionáveis para problemas de busca em espaço de estados, mais especificamente para o domínio de Sokoban. O foco principal está na geração de estados iniciais, que tem aplicações em aprendizagem de máquina e humana, assim como na avaliação de sistemas de planejamento. Introduzimos métricas de dificuldade baseadas em base de dados de padrões, que aproximam métricas conhecidas por correlacionar com o tempo necessário para humanos resolverem problemas de busca em espaço de estados. Além disto, propomos o uso de informação estrutural de problemas de busca por meio do conceito de novidade para aumentar a exploração do espaço de estados enquanto é realizada a busca por estados iniciais. Nós então apresentamos um sistema chamado β que usa nossas métricas de dificuldade e a informação estrutural do espaço de busca do problema para guiar uma busca para a geração de estados iniciais. Resultados empíricos em labirintos de Sokoban mostram que β é capaz de superar substancialmente o atual estado da arte em geração de estados iniciais. Nossa abordagem gera estados iniciais com quase cinco vezes mais variáveis do que os métodos existentes. Os estados iniciais gerados por β têm comprimento de solução maior e são tão difíceis de serem solucionados por um *solver* especializado em problemas de Sokoban, quanto os estados iniciais projetados por especialistas humanos.

Abstract

BENTO, Dâmaris da Silva, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, January, 2019.
Generation of Hard and Solvable Initial States for Sokoban. Advisor: Levi Henrique Santana de Lelis. Co-Advisor: André Grahl Pereira.

In this work we deal with the task of generating hard and solvable state-space search problems, with a focus on the generation of initial states for the domain of Sokoban. The automatic generation of initial states has applications in machine and human learning as well as in the evaluation of planning systems. We introduce hardness metrics based on pattern databases that approximate metrics known to correlate with the time required by humans to solve state-space search problems. We then propose a search algorithm that uses our hardness of metrics and the state-space structural information to generate and select hard initial states. We then present a system called β that uses our metrics and the structural information of the problem's space to guide a search for generating hard and solvable initial states. Empirical results on Sokoban puzzle show that β substantially outperforms current methods for generating initial states. Our approach generates initial states with almost five times more variables than existing methods. The initial states generated by β have longer solution length and are as difficult to solve by a solver specializing in Sokoban problems as the initial states designed by human specialists.

Capítulo 1

Introdução

O desenvolvimento de sistemas de planejamento para solucionar problemas difíceis de busca em espaço de estados é uma tradicional linha de pesquisa na área de Inteligência Artificial (IA), em que notáveis progressos têm sido feitos como, por exemplo, nos trabalhos de Culberson & Schaeffer (1996); Korf (1997); Junghanns & Schaeffer (2001); Hoffmann & Nebel (2001); Bonet & Geffner (2001); Helmert (2006a); Holte et al. (2016); Torralba et al. (2017). Em contraste, a tarefa de gerar problemas difíceis e solucionáveis tem recebido muito menos atenção.

Sistemas capazes de gerar automaticamente problemas solucionáveis têm aplicações em aprendizado de máquinas e de humanos. Esses sistemas podem ser usados para gerar problemas a partir dos quais humanos (ANDERSON ET AL., 1985) e sistemas (ARFAEE ET AL., 2011; LELIS ET AL., 2016; RACANIÈRE ET AL., 2017) aprendem. Problemas gerados por sistemas podem também ser usados para avaliar sistemas de planejamento. Os problemas usados na Competição Internacional de Planejamento (*International Planning Competition* (ICAPS, 2018)) são normalmente gerados usando conhecimento de domínio e sua resolubilidade é verificada por meio de *solvers* especializados. Entretanto, a geração de problemas solucionáveis é muitas vezes desafiadora, uma vez que decidir se um problema é solucionável ou não pode ser um problema PSPACE-completo.

Sokoban é um ótimo ambiente de testes para o sistema de geração de estados difíceis e solucionáveis proposto nesse trabalho, por ser um problema PSPACE-completo para decidir se um dado estado inicial é solucionável. Além disso, Sokoban tem uma comunidade vibrante de entusiastas que continuam criando conjuntos de problemas e disponibilizando-os *online*. xSokoban (CULBERSON, 1999) é um *benchmark* padrão usado em pesquisas para avaliar *solvers* especializados e é um dos conjuntos de problemas de Sokoban mais difíceis disponíveis. Além disto, permite-nos

comparar os estados iniciais feitos por especialistas humanos com os estados iniciais gerados pelo nosso sistema. Junghanns & Schaeffer (1998) afirmam que Sokoban é um excelente exemplo do uso de um jogo como plataforma de testes experimentais para pesquisa em IA.

1.1 Objetivos

O principal objetivo deste trabalho concentra-se na tarefa de gerar estados iniciais difíceis e solucionáveis de problemas de busca em espaço de estados.

1.1.1 Objetivos específicos

- Gerar estados iniciais difíceis e solucionáveis de problemas do domínio de Sokoban.
- Introduzir métricas de dificuldades baseadas em heurísticas de base de dados de padrões (*Pattern Databases* (PDBs)) (CULBERSON, 1999; EDELKAMP, 2001) que aproximem os valores de métricas de dificuldade que foram mostradas correlatas com o tempo gasto pelos humanos para solucionarem problemas de busca em espaço de estados (JARUŠEK & PELÁNEK, 2010).
- Introduzir o uso de informação estrutural do espaço de estados por meio do conceito de novidade (LIPOVETZKY & GEFFNER, 2012) para melhorar a exploração do espaço de estados na tarefa de geração de estados iniciais.
- Desenvolver um algoritmo de busca para a geração de estados iniciais.
- Avaliar os resultados do algoritmo desenvolvido com o estado da arte.

1.2 Hipótese

Nossa hipótese é de que características que tornam uma instância difícil para seres humanos, também tornam a instância difícil para sistemas de IA.

1.3 Contribuição

Nossos resultados empíricos mostram que nosso sistema, denominado β , é capaz de gerar estados iniciais solucionáveis que têm comprimento de solução mais longos e

que são tão difíceis de serem resolvidos por um *solver* especializado quanto aqueles projetados por especialistas humanos.

Nosso trabalho é o primeiro a comparar estados iniciais de Sokoban gerados por um sistema computacional com aqueles projetados por especialistas humanos.

Além disso, nossos experimentos também sugerem que β é capaz de superar substancialmente os métodos existentes para o problema de geração de instâncias de Sokoban (número de variáveis no problema, termo definido no capítulo 4) dos problemas gerados. O atual estado da arte usa espaços de busca com, no máximo, 8 variáveis (7 caixas e o homem), enquanto β gera estados difíceis para espaços de busca maiores com até 35 variáveis (34 caixas e o homem) e com soluções mais longas (MURASE ET AL., 1996; TAYLOR & PARBERRY, 2011; KARTAL ET AL., 2016).

β permite criar novos *benchmarks* de instâncias do domínio de Sokoban, possibilitando o aumento da variedade de instâncias a serem testadas em outras pesquisas de IA. Atualmente alguns dos *benchmarks* com instâncias do domínio de Sokoban disponíveis são: xSokoban, um *benchmark* com 90 instâncias; Microban, com 155 instâncias; e Boxxle1, com 108 instâncias, sendo xSokoban considerado o conjunto de instâncias mais difíceis dos três citados.

Finalmente, uma vez que β gera estados iniciais com as características citadas anteriormente, nossos resultados sugerem que as propriedades que fazem os estados iniciais serem difíceis para humanos podem também fazer com que estados iniciais sejam também difíceis para métodos de IA. Isso ocorre porque nossos resultados mostram que os estados iniciais que otimizam nossas métricas tendem a ser tão difíceis de serem solucionados por um *solver* especializado baseado em IA, quanto os estados iniciais gerados sem otimizar nossas métricas.

1.4 Estrutura da Dissertação

Essa dissertação está dividida da seguinte maneira: no capítulo 2 é feita uma breve revisão de conceitos que serão abordados na dissertação, bem como trabalhos relacionados à pesquisa. O capítulo 3 apresenta o algoritmo proposto que é guiado pelas métricas de dificuldade propostas no capítulo 4. Essas métricas de dificuldade também são utilizadas para avaliar os estados iniciais gerados por β . A metodologia de testes desenvolvida é apresentada no capítulo 5. No capítulo 6 são relatados e discutidos os experimentos empírico que realizamos e, por fim, o capítulo 7 apresenta as conclusões que obtivemos e sugestões para trabalhos futuros.

Capítulo 2

Background e Trabalhos Relacionados

2.1 *Background* e Definição do Problema

Seja $\mathcal{P} = \langle S, s_0, S^*, A \rangle$ um *problema de busca em espaço de estados*. Um estado é uma atribuição completa sobre um conjunto de variáveis $\mathcal{V}$, onde cada variável $v \in \mathcal{V}$ tem um domínio de conjunto finito D_v . Seja S um conjunto de estados, $s_0 \in S$ um estado inicial, $S^* \subseteq S$ um conjunto de estados objetivo e A um conjunto finito de ações.

Uma ação $a \in A$ é uma tupla $\langle pre_a, post_a, cost_a \rangle$ especificando as pré-condições, pós-condições (efeitos) e o custo de a . pre_a e $post_a$ são atribuições de valores para um subconjunto de variáveis em $\mathcal{V}$, denotado $\mathcal{V}_{pre}$ e $\mathcal{V}_{post}$, sendo $\mathcal{V}_{post} \subseteq \mathcal{V}_{pre}$. Uma ação a é aplicável a um estado s , denotado $s \llbracket a \rrbracket$, se s concorda com $\mathcal{V}_{pre}$. O resultado de $s \llbracket a \rrbracket$ é um estado s' que concorda com $post_a$ para as variáveis em $\mathcal{V}_{post}$ e com s para as variáveis restantes. Diz-se que a aplicação de a em s gera estado s' . A geração de s' incorre em custo $cost_a$. Nós referimos aos estados que podem ser gerados a partir do estado s como *estados sucessores*, denotado $succ(s)$. Assumimos que todas as variáveis mencionadas em $\mathcal{V}_{post}$ também são mencionadas em $\mathcal{V}_{pre}$. Assumimos também que para cada ação $a \in A$ há uma *ação inversa* $a^{-1} \in A^{-1}$ de tal modo que $s' = a \llbracket s \rrbracket$ se $s = a^{-1} \llbracket s' \rrbracket$. A^{-1} é o conjunto de ações inversas que podem ser aplicadas a s , que produzem um conjunto de *estados predecessores*, denominados $pred(s)$. Um estado s é *expandido* quando a função $succ(s)$ é invocada; um estado s' é *gerado* quando $s' \in succ(s)$ e s é expandido.

Um *caminho de solução* é uma sequência $s_0, \dots, s_*$ de estados com $s_* \in S^*$ e $s' \in \text{succ}(s)$ para todos os estados consecutivos s e s' no caminho. O custo de um caminho de solução é a soma dos custos de todas as ações aplicadas para gerar os estados no caminho.

Um *caminho ótimo de solução* é um caminho de solução com o menor custo, denotado como $\mathcal{C}^*$, entre todas os caminhos de soluções.

$h(s)$ é uma função heurística que estima o custo para alcançar um estado objetivo a partir de s . A *heurística perfeita* h^* sempre fornece o custo ótimo da solução para todos os estados $s \in S$. Uma heurística h é *admissível* se $h(s) \leq h^*(s)$ para todo $s \in S$. Todas as funções heurísticas consideradas nessa dissertação são admissíveis. Uma heurística $h(s)$ é *consistente* se, para todos os estados $s, s' \in S$, $h(s) \leq h(s') + d(s, s')$, em que $d(s, s')$ é a distância entre os estados s e s' no espaço de estados.

Podemos agora definir a tarefa que estamos interessados em resolver.

Definition 1 (Geração de estado inicial). *Uma tarefa de geração de estado inicial é definida como $\mathcal{P}_{-s_0} = \langle S, S^*, A \rangle$. $\mathcal{P}_{-s_0}$ é um problema de busca em espaço de estados $\mathcal{P}$ sem um estado inicial s_0 . No problema $\mathcal{P}_{-s_0}$ é preciso fornecer um estado $s \in S$ de tal modo que $\mathcal{P}_{-s_0}$ com s como estado inicial seja solucionável.*

2.2 O Algoritmo A*

O Algoritmo de busca A*, proposto por Hart et al. (1968), reduz o esforço de busca para a tarefa de encontrar uma solução para um problema de busca. A* iterativamente expande estados a partir de uma fila de prioridade, denotada como **open**, que seleciona estados em ordem crescente de $[f, \tau]$ (HART ET AL., 1968). Aqui, $f(s)$ é a soma de $g(s)$ e $h(s)$, onde $g(s)$ é o custo do caminho encontrado por A* a partir de s_0 até s , e $h(s)$ é uma função heurística que estima o custo para alcançar um estado objetivo a partir de s . τ é uma estratégia de desempate.

O Algoritmo A* de busca de caminhos é mostrado no Algoritmo 1. Todos os estados gerados (mas ainda não expandidos) são armazenados em **open**, e todos os estados expandidos no conjunto **closed**. A* expande os estados de **open** removendo o estado s com o menor valor de f e armazenando em **closed**. Se s é um objetivo, então o algoritmo termina e retorna a solução ótima (linha 7). Caso contrário, ele expande s gerando todos os seus sucessores. Se s' está em **open** e um caminho mais curto foi encontrado, então o pai de s' e seu valor f são atualizados (linha 14). No caso de uma heurística inconsistente, se s' está em **closed** e um caminho mais curto

para s' foi encontrado, s' é reaberto. O algoritmo remove s' de **closed** e insere em **open** atualizando seus pais e valor f . No último caso, um novo nó é gerado com um pai e valor f (linhas 25–26).

Algorithm 1: Algoritmo A^* .

Entrada: Problema do espaço de problemas P e função heurística h .

Saída: Solução ótima de s para $t \in T$, ou $\emptyset$ se não existir solução.

```

1 open  $\leftarrow \{s_0\}$ ;
2 closed  $\leftarrow \{\emptyset\}$ ;
3 while open  $\neq \emptyset$  do
4   Seleccione um estado  $s$  de open;
5   Insira o estado  $s$  em closed;
6   if Goal( $s$ ) then
7     return Path( $s$ );
8   end
9   succ( $s$ )  $\leftarrow$  Expand( $s$ );
10  for each  $s'$  in (succ( $s$ )) do
11    if open( $s'$ ) then
12      if  $g(s) + w(s, s') < g(s')$  then
13        parent( $s'$ )  $\leftarrow s$ ;
14         $f(s') \leftarrow g(s) + w(s, s') + h(s)$ ;
15      end
16    end
17    else if closed( $s'$ ) then
18      if  $g(s) + w(s, s') < g(s')$  then
19        parent( $s'$ )  $\leftarrow s$ ;
20         $f(s') \leftarrow g(s) + w(s, s') + h(s')$ ;
21        Remove  $s'$  de closed;
22        Insere  $s'$  em open;
23      end
24    else
25      parent( $s'$ )  $\leftarrow s$ ;
26       $f(s') \leftarrow g(s) + w(s, s') + h(s)$ ;
27      Insere  $s'$  em open;
28    end
29  end
30 end
31 return  $\emptyset$ ;

```

2.3 Base de Dados de Padrões (PDB)

Uma *base de dados de padrões* (PDB) é uma função heurística baseada em memória. Ela é definida por um *padrão* V para um problema $\mathcal{P}$ (CULBERSON & SCHAEFFER, 1996). Um padrão é um subconjunto de variáveis $V \in \mathcal{V}$ que induz um espaço abstrato de estados de $\mathcal{P}$. O espaço abstrato é obtido ignorando a informação das variáveis $v \notin V$. Para um dado padrão, o custo de soluções ótimas de todos os estados no espaço abstrato é computado e armazenado em uma tabela de consulta.

A combinação de múltiplas heurísticas PDB pode resultar em estimativas melhores de h do que as estimativas fornecidas por cada PDB individualmente. PDBs podem ser combinados calculando-se o máximo (HOLTE ET AL., 2006) ou a soma (FELNER ET AL., 2004) de várias estimativas de PDBs. A função heurística resultante a partir da soma de múltiplos PDBs é chamada de uma heurística PDB aditiva. Um PDB aditivo é admissível se nenhuma ação afetar mais de um padrão V , sendo que uma ação a afeta V se a tiver efeito em qualquer uma de suas variáveis, i.e., $\mathcal{V}_{post_a} \cap V \neq \emptyset$. Considere $\mathcal{P}_e$, o problema de busca mostrado na Figura 2.1 e o exemplo a seguir.

$$\begin{aligned}
 \mathcal{V} &= \{v_1, v_2, v_3\}, \\
 D_{v_i} &= \{0, 1, 2, 3, 4\} \text{ para todo } v_i \in \mathcal{V}, \\
 s_0 &= \{v_1 = 0, v_2 = 0, v_3 = 0\}, \\
 s_* &= \{v_1 = 3, v_2 = 3, v_3 = 3\}, \\
 A &= \{inc_x^v | v \in \mathcal{V}, x \in \{0, 1, 2\}\} \cup \{jump^v | v \in \mathcal{V}\}, \\
 &\quad inc_x^{v_i} = \langle v_i = x, v_i = x + 1, 1 \rangle, \\
 &\quad v_j = 4 \text{ para todo } j \neq i \wedge v_i = 0
 \end{aligned}$$

Figura 2.1: Exemplo de um problema de espaço de estados adaptado de Pommereining et al. (2013).

$\mathcal{P}_e$ tem três variáveis que podem ser atribuídas um valor em $\{0, 1, 2, 3, 4\}$. O estado inicial atribui 0 para todas as variáveis e o estado objetivo tem todas variáveis com o valor de 3. $\mathcal{P}_e$ tem dois tipos de ações: $inc_x^{v_i}$ e $jump_{v_i}$. Ações $inc_x^{v_i}$ mudam o valor da variável v_i de x para $x + 1$. Ações $jump_{v_i}$ mudam o valor da variável v_i de 0 para 3, desde que todas as outras variáveis tenham o valor de 4. Todas ações têm um custo de 1. Todas as soluções desse problema envolvem o uso da ação $inc_x^{v_i}$ três vezes para todas as três variáveis, produzindo um custo de solução ótima de 9. $jump_{v_i}$ não pode ser usada em nenhuma solução porque requer que todas as variáveis v_i tenham o valor 4, e se uma variável tem o valor de 4, o problema torna-se insolucionável, pois não há ação para alterar seu valor.

Example 1. *Seja $\{\{v_1\}, \{v_2, v_3\}\}$ uma coleção com dois padrões aditivos para $\mathcal{P}_e$. A estimativa heurística retornada para um estado s_0 de $\mathcal{P}_e$ com uma heurística PDB com padrão $\{v_1\}$ é 1, pois a ação `jump` altera o valor de v_1 de 3 para 0, alcançando assim o objetivo no espaço abstrato do PDB. Observe que a ação `jump` é aplicável porque as outras duas variáveis são ignoradas no padrão $\{v_1\}$. A estimativa heurística retornada para s_0 para o padrão $\{v_2, v_3\}$ é 6. Isso ocorre porque a ação `jump` não é mais aplicável, e a solução para o problema abstrato induzido pelo padrão é aplicar a ação `inc` três vezes para cada variável. Como os dois padrões são aditivos, um PDB aditivo com $\{\{v_1\}, \{v_2, v_3\}\}$ retorna $1 + 6 = 7$ como uma estimativa do custo da solução de s_0 .*

Neste trabalho consideramos uma abordagem similar à função heurística canônica (HASLUM ET AL., 2007), a qual retorna o valor heurístico máximo para um conjunto de PDBs aditivos. O que nós chamamos de uma heurística PDB com k' variáveis é o máximo entre os valores heurísticos retornados por $|\mathcal{V}|$ PDBs aditivos. Os padrões de cada um dos $|\mathcal{V}|$ PDBs aditivos são selecionados iterativamente e aleatoriamente sem substituição. Seleciona-se iterativamente padrões com k' variáveis distintas das anteriores, até que todas as variáveis em V sejam contabilizadas em um padrão. Se $|\mathcal{V}| \bmod k' > 0$, então um dos padrões selecionados terá $|\mathcal{V}| \bmod k'$ variáveis.

2.4 Sokoban

Sokoban é um *puzzle* de transporte com um único agente, o qual o jogador precisa fazer movimentos em um ambiente com labirintos, empurrando caixas para localizações específicas. O labirinto é definido pelas posições ocupadas por blocos imóveis (paredes) e por posições livres. Sokoban possui um conjunto de k caixas, um conjunto de k posições objetivo e o homem, que ocupa uma posição livre. O problema de Sokoban consiste em encontrar uma sequência de movimentos que levem à situação na qual todas as posições objetivas são preenchidas com caixas. O jogador pode somente empurrar as caixas e apenas uma de cada vez. O objetivo mais comum do jogo (e usado neste trabalho) é minimizar o número de movimento das caixas da posição inicial até a posição das caixas nos objetivos.

Daqui em diante, iremos escrever “pedras” nos referindo às “caixas”. A Figura 2.2 mostra um labirinto de Sokoban com uma parede em A1, uma posição interna livre em G2 e uma posição objetivo em B4. D2 é a posição do homem e E3 a posição de uma das pedras. Um estado inicial é definido pela atribuição das

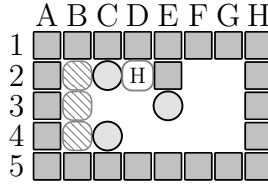


Figura 2.2: Instância de Sokoban.

posições das pedras e do homem. Um estado tem $k + 1$ variáveis, uma para cada pedra e outra para o homem. A instância tem k posições objetivo, uma para cada pedra. O domínio de cada variável é o conjunto de posições livres.

O problema de Sokoban é resolvido como um problema de planejamento em espaço de estados. Sua estrutura pode ser vista como um grafo direcionado onde cada vértice representa estados cujos sucessores são estados do jogo que são alcançáveis em um único “empurrão”.

Sokoban é um problema bastante desafiador. Instâncias do problema possuem soluções longas, um grande espaço de estados, além de admitir diversas soluções para uma mesma instância. Uma solução pode ser expressa tanto em termos de movimentos do jogador, quanto em termos de empurrões das caixas. Neste trabalho será considerada como ação elementar apenas o movimento das pedras.

Um outro problema comum ao domínio do Sokoban são os *deadlocks*, que são estados sem solução. Um único movimento pode transformar o problema solucionável em insolucionável, o que faz com que os *deadlocks* sejam altamente responsáveis pelo fracasso das tentativas de solucionar instâncias de Sokoban (JUNGHANNS & SCHAEFFER, 1998).

Ao compararmos métodos de IA que solucionam instâncias de Sokoban com seres humanos, os humanos podem resolver todos os *puzzles* de um *benchmark* padrão de Sokoban,¹ mas não há métodos de IA capazes de resolver todos eles.

Todos os PDBs aplicados ao domínio de Sokoban em nosso trabalho consideram a posição dos blocos e também a posição do homem.

2.5 Trabalhos Relacionados

Na literatura, são encontrados trabalhos que geram instâncias completas de Sokoban e não apenas estados iniciais (MURASE ET AL., 1996; TAYLOR & PARBERRY, 2011; KARTAL ET AL., 2016), como propomos nesse trabalho. Escolhemos nos concentrar na geração de estados iniciais para sermos capazes de comparar facilmente

¹<http://www.cs.cornell.edu/andru/xsokoban.html>

os estados gerados pelo nosso sistema com aqueles projetados por especialistas humanos. Ou seja, em nossa avaliação com Sokoban usamos os labirintos criados por humanos que definem um espaço de estados e comparamos diretamente os estados iniciais criados por eles com aqueles gerados pelo nosso sistema. Além disso, trabalhos anteriores em Sokoban dividem a tarefa de geração de labirintos e estados iniciais (MURASE ET AL., 1996; TAYLOR & PARBERRY, 2011). Dessa maneira, nossa abordagem pode ser usada como parte de sistemas prévios.

Os sistemas de Murase et al. (1996) e Taylor & Parberry (2011) foram recentemente aplicados para gerar um conjunto de problemas a partir dos quais algoritmos de Aprendizagem por Reforço (AR) (RACANIÈRE ET AL., 2017) aprendem. A desvantagem do uso desses sistemas é que eles são incapazes de gerar problemas grandes, limitando assim os algoritmos de AR a problemas pequenos. Como o método que introduzimos é capaz de gerar estados iniciais difíceis para problemas grandes de Sokoban, ele permitirá que os algoritmos de AR sejam avaliados para problemas grandes, que são semelhantes aos que os humanos usualmente apreciam.

Os métodos da literatura sobre Geração Procedural de Conteúdo (*Procedural Content Generation* (PCG)) estão relacionados aos nossos, pois também geram conteúdos que podem ser tão diversos quanto níveis de jogos (SNODGRASS & ONTAÑÓN, 2017), *puzzles* (SMITH & MATEAS, 2011) e problemas educacionais (POLOZOV ET AL., 2015). Sistemas PCG são frequentemente específicos para um jogo em particular, o que contrasta com nossa abordagem, que é geral para problemas de busca. Muitos dos domínios dos problemas usados na literatura de PCG (e.g., problemas de matemática para crianças) são computacionalmente mais fáceis do que os domínios PSPACE-completo considerados nesse trabalho. Além disso, em contraste com o nosso trabalho, os sistemas PCG estão frequentemente preocupados com propriedades como a diversão dos problemas gerados (MARIÑO & LELIS, 2016), e não necessariamente com a escalabilidade do sistema. Finalmente, até onde sabemos, somos os primeiros a aplicar conceitos clássicos de planejamento, como PDBs, à tarefa de geração de problemas.

Capítulo 3

Busca Procedural para Geração de Estados Iniciais

Nessa seção nós apresentamos nossa proposta de busca procedural, a qual chamamos de β . Dado um problema $\mathcal{P}_{-s_0}$, β realiza uma busca *Greedy Best-First* (GBFS) (DORAN & MICHIE, 1966) reversa a partir do conjunto de estados objetivos S^* . Isso é realizado pela inserção de todos os estados $s \in S^*$ em uma fila de prioridades denominada **open**. GBFS utiliza também um conjunto de estados gerados denominado **closed**. β expande estados a partir de **open** de acordo com a ordem, denominada $[\cdot]$, a qual β recebe como entrada.

Quando um estado s é removido de **open**, β expande s chamando a função $\text{pred}(s)$. Todo $s' \in \text{pred}(s)$ que não está em **open** nem em **closed** é inserido em **open** e em **closed**.

Quando o limite de memória e tempo é alcançado, β retorna o estado s encontrado na busca com maior valor de acordo com uma métrica de dificuldade. No capítulo seguinte são descritas nossas métricas de dificuldade, as quais são usadas para definir diversos critérios de ordenação $[\cdot]$ para ordenar os estados na lista **open** de β .

A busca reversa é realizada com o inverso das ações do domínio, denotado com a função $\text{pred}(s)$. Por exemplo, no domínio de Sokoban, ao invés de empurrar pedras é permitido apenas puxá-las. Ao realizar busca desta maneira garantimos que todos os estados encontrados durante a busca sejam solucionáveis por uma busca à frente com os sucessores gerados pela função succ .

O pseudocódigo de β pode ser visto no Algoritmo 2.

Algorithm 2: Algoritmo β para a geração de estados iniciais.

Entrada: O , $[\cdot]$, $LIMIT_TIME$, $LIMIT_MEMORY$.

Saída: Estado s encontrado durante a busca que maximiza a função objetivo O .

```

1 open  $\leftarrow \{s\}$ ;
2 closed  $\leftarrow \{s\}$ ;
3 while open  $\neq \emptyset$  and time  $\leq LIMIT\_TIME$  and current_memory  $\leq$ 
  LIMIT_MEMORY do
4   Remove  $s$  de open de acordo com o critério  $[\cdot]$ ;
5   for each  $s'$  in (pred( $s$ )) do
6     if is not (closed( $s'$ )) then
7       open  $\leftarrow s'$ ;
8       closed  $\leftarrow s'$ ;
9       if ( $O(s') \geq O(best\_state)$ ) then
10        best_state  $\leftarrow s'$ ;
11      end
12    end
13  end
14 end
15 return best_state

```

O algoritmo recebe como entrada a métrica a ser otimizada O , uma função de ordenação $[\cdot]$ e os limites de tempo e memória. A fila de prioridades **open** recebe um conjunto de estados s e **closed** irá armazenar o conjunto de estados expandidos durante a busca (linhas 1-2).

β é executado enquanto **open** não estiver vazia e os limites de memória e tempo não forem alcançados. Um estado s será removido de **open** de acordo com o critério da função de ordenação $[\cdot]$ (linha 4).

Para todos os estados s' gerados a partir de s , pela função $pred(s)$, é feita uma verificação se eles estão ou não em **closed** (linha 5). A cada estado s' verificado, caso não seja encontrado em **closed**, este é incluído em **open** e **closed** (linhas 7-8). Caso o valor heurístico deste estado, calculado de acordo com a função objetiva $O(s')$, seja o melhor valor heurístico encontrado durante a busca, este valor se torna a melhor solução para a busca (linha 10).

Ao final da execução, o algoritmo retorna o melhor encontrado durante a busca que maximize a função objetivo O (linha 15).

Example 2. Suponhamos que β receba uma função objetivo O , uma métrica de ordenação $[\cdot]$, um determinado tempo e memória. **open** irá receber o conjunto de estados $s \in S^*$ e **closed** os estados que irão ser gerados durante a busca. Para o estado $s = \{v_1 = 3, v_2 = 3, v_3 = 3\}$, β invoca $\text{pred}(s)$ e gera três estados $s_1 = \{v_1 = 2, v_2 = 3, v_3 = 3\}$, $s_2 = \{v_1 = 3, v_2 = 2, v_3 = 3\}$ e $s_3 = \{v_1 = 3, v_2 = 3, v_3 = 2\}$ aplicando as ações inc^{-1} (o inverso de inc) para cada variável. Para facilitar o exemplo, assumimos que jump^{-1} não é aplicável. A partir disso, a iteração é feita para os estados s_1 , s_2 e s_3 expandidos de s . Se s não estiver em **closed**, então s_1 é incluído em **open** e **closed**. O valor o de s_1 é calculado de acordo com a função objetivo $O(s_1)$ e, caso seja o melhor valor encontrado na busca, ele se torna o melhor estado da busca. As iterações e as expansões dos estados s_i são realizadas até atingir o limite de tempo ou memória ou quando **open** fica vazia (o estado de busca seja todo expandido). O algoritmo retorna o estado s_i que maximizou a função objetivo O , encontrado durante a busca.

A vantagem de realizar uma busca reversa é que todos estados gerados dessa maneira são garantidamente solucionáveis. Em contraste, se alguém atribuisse valores aleatórios dos domínios das variáveis como um meio para gerar estados iniciais, então seria necessário provar que o problema $\mathcal{P}$ resultante é solucionável e, em alguns domínios, essa tarefa é computacionalmente difícil. Por exemplo, em Sokoban, se as pedras forem aleatoriamente alocadas no labirinto, então pode ser necessário resolver a instância para provar se ele é solucionável ou não, e essa tarefa é PSPACE-completa em Sokoban.

Capítulo 4

Proposta de Métricas de Dificuldade

Este capítulo apresenta nossa proposta de métricas de dificuldade baseadas em heurísticas de PDBs. Nossas métricas são usadas para guiar algoritmos de busca enquanto resolvemos o problema de geração de estados iniciais difíceis e solucionáveis para problemas de planejamento. Além disto, mostramos que métricas similares às nossas, propostas por Jarušek & Pelánek (2010), se correlacionam com o tempo necessário para os humanos resolverem instâncias de Sokoban.

4.1 Comprimento de Solução

O comprimento da solução ótima é tradicionalmente usado para avaliar a dificuldade dos estados iniciais para métodos de IA. Por exemplo, ele correlaciona bem com o tempo de execução de algoritmos de busca heurística em problemas como o Cubo Mágico, pois o número de estados expandidos cresce rapidamente com o comprimento da solução ótima (LELIS ET AL., 2013).

Jarušek & Pelánek (2010) mostraram que o comprimento da solução ótima também se correlaciona bem com tempo gasto por humanos para solucionar estados iniciais de Sokoban.

Nós usamos PDBs para aproximar o comprimento da solução ótima dos problemas de busca em espaço de estados. O valor estimado para $\mathcal{C}^*$ fornecido por PDBs é usado como uma métrica de dificuldade.

No Exemplo 2 (veja a seção 2.3) mostramos como um PDB pode ser usado para estimar o comprimento da solução para nosso exemplo. Naquele exemplo todas ações possuem custo unitário, por isto, o custo da solução ótima coincide com o comprimento do caminho da solução ótima. Uma vez que, em geral, em nossa métrica de dificuldade, estamos interessados na aproximação do comprimento da

solução ótima (i.e., o número de ações em um caminho ótimo de solução) e não no custo da solução ótima (i.e., a soma dos custos das ações em um caminho ótimo de solução), em domínios com custos não-unitários, armazenamos nas tabelas de consulta de PDB o comprimento dos caminhos de solução encontrados nos espaços abstratos PDBs. Isso contrasta com os PDBs originais nos quais se armazenam os custos estimados da solução.

4.2 Conflitos

Introduzimos agora a métrica de *conflitos* que visa captar a noção de quanto conhecimento é necessário para resolver um problema de busca.

Intuitivamente, a dificuldade dos problemas de busca surge a partir das interações entre variáveis; no caso de Sokoban, entre as pedras. Se os subproblemas definidos pelas variáveis únicas do problema podem ser resolvidos independentemente, então o problema tende a ser fácil. No entanto, se uma variável precisa considerar interações entre as variáveis do problema de busca, então ele tende a ser difícil. Similarmente, Seipp et al. (2016) introduziram a métrica *complexidade de correlação* para medir quão complexa uma heurística precisa ser para guiar um algoritmo de busca até o objetivo. A ideia principal dessa métrica é descrever até que ponto os subproblemas podem ser resolvidos independentemente.

Nós usamos PDBs para capturar a interação de variáveis em um problema. Seja h^{PDB_k} uma heurística calculada por um PDB aditivo com padrões de tamanho k ou menor. Os *conflitos* do estado s são definidos a seguir.

Definition 2 (Conflitos). *O número n de conflitos de ordem k , denominado kC , para $k > 1$ de um estado s é $n = h^{PDB_k}(s) - h^{PDB_{k-1}}(s)$, se $n > 0$; $n = 0$, se $h^{PDB_k}(s) - h^{PDB_{k-1}}(s) < 0$.*

Suponhamos que temos as seguintes heurísticas PDBs para nosso exemplo da Figura 2.1: h^{PDB1} , h^{PDB2} e h^{PDB3} . A heurística h^{PDB1} usa três padrões com uma variável cada $\{\{v_1\}, \{v_2\}, \{v_3\}\}$, o qual resulta em $h^{PDB1}(s_0) = 3$. Para esses padrões aditivos, $h^{PDB1}(s_0)$ retorna o custo de três porque a única pré-condição para ação $jump_{v_i}$ é a variável $\{v_i\}$. h^{PDB2} usa dois padrões, um com duas variáveis e outra com uma variável, e.g., $\{\{v_1, v_2\}, \{v_3\}\}$. Para esses padrões aditivos $h^{PDB2}(s_0) = 7$, pois o custo é calculado de acordo a soma dos custos das ações *inc* e *jump*, sendo a ação *inc* aplicada ao padrão $\{v_1, v_2\}$, que irá retornar o custo de 6 e a ação *jump* aplicada ao padrão $\{v_3\}$. A ação *jump* não pode ser usada para o padrão $\{v_1, v_2\}$ uma vez que ela requer que as outras variáveis $\{v_i\}$ tenham o valor de 4, porém não

há ação para alterar o seu valor, tornando o problema insolucionável. Finalmente, h^{PDB^3} usa um padrão com todas três variáveis $\{v_1, v_2, v_3\}$ e retorna a solução ótima de 9, pois todas as soluções desse PDB envolvem o uso da ação $inc_{x_i}^{v_i}$ três vezes para todas as variáveis.

Usando valores de PDB nós podemos computar os conflitos de s_0 do exemplo da Figura 2.1. s_0 tem quatro conflitos de ordem dois, denominados $2C$ ($h^{\text{PDB}^2}(s_0) - h^{\text{PDB}^1}(s_0) = 4$) e dois conflitos de ordem três, denominados $3C$ ($h^{\text{PDB}^3}(s_0) - h^{\text{PDB}^2}(s_0) = 2$). Intuitivamente, o número de conflitos $2C$ aproxima o esforço em termos de comprimento de solução devido à interação de pares de variáveis. No geral, o número de conflitos kC aproxima o esforço em termos de comprimento de solução devido às interações de k variáveis.

4.3 Novidade

Comprimento de solução e conflitos são métricas para aproximar a dificuldade dos problemas de busca em espaço de estados. Em seguida, discutiremos à respeito de *novidade*, uma métrica que combinamos com comprimento de solução e conflitos para melhorar a exploração de nossa busca β . Novidade, denotada com a letra w , é uma medida estrutural proposta para melhorar a exploração de algoritmos de busca na tarefa de encontrar soluções para problemas de busca (LIPOVETZKY & GEFFNER, 2012). Novidade avalia estados em relação à ordem com que um algoritmo expande nós no espaço de busca.

Definition 3 (Novidade). *Seja $\mathcal{P}$ um problema de espaço de estados e $s \in S$ um estado gerado pelo algoritmo de busca enquanto soluciona $\mathcal{P}$. Um estado s tem novidade $|\mathcal{V}| - k' + 1$ se s é o primeiro estado gerado durante a busca com um subconjunto de k' variáveis com valores $d_{v_1}, \dots, d_{v_k}$, e nenhum subconjunto menor de variáveis tem essa propriedade.*

A novidade de um estado s gerada durante a busca é máxima se, para a primeira vez na busca, s tem uma variável v para o qual o valor $d_v \in D_v$ é atribuído. A novidade de s é mínima se $k' = |\mathcal{V}|$, que significa que são necessárias todas as variáveis em $\mathcal{V}$ para diferenciar s dos estados gerados previamente na busca. Intuitivamente, um estado tem maior novidade se ele requer um menor número de variáveis para assumir uma atribuição de valores inédita. Nossa semântica para novidade difere da proposta por Lipovetzky & Geffner (2012) porque eles trabalharam com problemas de minimização enquanto nós abordamos um problema de maximização.

Example 3. *Suponhamos que β seja executado com a ordem $[w]$ definida pela novidade em $\mathcal{P}_e$. O estado objetivo de $\mathcal{P}_e$ s^* tem novidade $w(s^*) = 3$ porque esse é o primeiro estado para o qual atribui-se o valor de 3 a v_1 . β invoca $\text{pred}(s^*)$ e gera três estados $s_1 = \{v_1 = 2, v_2 = 3, v_3 = 3\}$, $s_2 = \{v_1 = 3, v_2 = 2, v_3 = 3\}$ e $s_3 = \{v_1 = 3, v_2 = 3, v_3 = 2\}$ aplicando as ações inc^{-1} (o inverso de inc) para cada variável. Para facilitar o exemplo, assumimos que jump^{-1} não é aplicável. Todos os s_1, s_2 e s_3 têm $w = 3$ porque cada um deles atribui 2 a uma variável distinta pela primeira vez na busca. Em seguida, suponha que β expande s_1 , então ele gera três estados $\{v_1 = 1, v_2 = 3, v_3 = 3\}$, $\{v_1 = 2, v_2 = 2, v_3 = 3\}$ e $\{v_1 = 2, v_2 = 3, v_3 = 2\}$, em que os últimos dois estados têm $w = 2$ porque o menor subconjunto com valores atribuídos possui duas variáveis v_1 e v_2 , ambas com o valor de 2, para o segundo estado; para o terceiro estado duas variáveis v_1 e v_3 , assumem o valor de 2. Eventualmente, β irá gerar todo o espaço de busca. Suponha que s_0 é o último estado gerado na busca. Quando gerado, s_0 tem $w = 1$ como a atribuição de 0 para todas as três variáveis em s_0 é o menor subconjunto não observado até então.*

Lipovetzky & Geffner (2017) mostraram que enquanto novidade é combinada com o valor heurístico do estado, ela pode melhorar ainda mais a exploração de um algoritmo GBFS. Nesse caso, cada valor heurístico define um único espaço de novidade. Nós adaptamos essa nova definição de novidade, a qual chamamos de *novidade-h*, para a tarefa de geração de estados iniciais. Daqui em diante, nós iremos escrever “novidade” nos referindo a “novidade-h”.

Definition 4 (Novidade-h). *Seja $\mathcal{P}$ um problema de espaço de estados, $s \in S$ um estado gerado por um algoritmo de busca enquanto soluciona $\mathcal{P}$, e h uma função heurística. A novidade-h de s para h é $w(s, h(s)) = k'$ se s é o primeiro estado gerado durante a busca com o valor heurístico h e com um subconjunto de k' variáveis para as quais os valores $d_{v_1}, \dots, d_{v_{k'}}$ são atribuídos, e nenhum subconjunto menor de variáveis tem essa propriedade.*

Nossa hipótese é que novidade pode também melhorar a exploração de β e a permite visitar um conjunto mais diversificado de estados a partir dos quais podemos selecionar estados iniciais que maximizam o comprimento de solução e conflitos. Nós denotamos β expandindo estados usando novidade como $[w(h), h]$. Nesse caso, β expande estados em **open** com o maior valor $w(h)$ e quebra os empates de acordo com o valor de h . β retornará o estado gerado com maior valor h ; novidade nunca é usada como função objetivo, mas somente como uma maneira de orientar o caminho da busca reversa de β .

4.4 Métricas de Dificuldade para Humanos em Sokoban

Jarušek & Pelánek (2010) realizaram um extenso estudo com usuários mostrando correlações positivas fortes entre métricas de dificuldade que eles introduziram com o tempo necessário por humanos para solucionar instâncias de Sokoban. Nessa seção apresentamos as métricas de Jarušek & Pelánek (2010) e mostramos que suas métricas estão intimamente relacionadas com nossas métricas baseadas em PDB.

4.4.1 Movimentos contraintuitivos

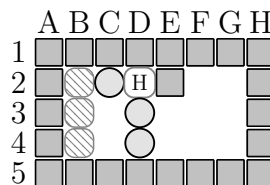


Figura 4.1: Instância de Sokoban com conflitos.

Jarušek & Pelánek (2010) introduziram uma métrica chamada “número de movimentos contraintuitivos”. Na Figura 4.1, enquanto é intuitivo empurrar a pedra C2 para uma posição objetivo (empurrá-la para a esquerda), os empurrões que precisam mover as pedras D3 e D4 para a posição objetivo são movimentos “contraintuitivos”. Isso ocorre porque é necessário empurrar D3 ou D4 na direção contrária de uma posição objetivo antes de empurrá-las para as posições objetivo. Esses empurrões contraintuitivos podem ser aproximados por nossas métricas de conflitos. Especificamente, na Figura 4.1, um PDB que considera somente uma pedra, estima que é possível empurrar diretamente todas as três pedras para o objetivo, gerando uma estimativa do comprimento da solução de $1 + 2 + 2 = 5$; um empurrão para C2 e dois empurrões para D3 e D4. Um PDB que considera duas pedras é capaz de capturar a interação entre D3 e D4.

Jarušek & Pelánek (2010) mostraram que o número exato de conflitos tem uma correlação de Spearman de 0.69 com o tempo necessário para humanos solucionarem os instâncias de Sokoban.

4.4.2 Decomposição do problema

Outra métrica introduzida por Jarušek & Pelánek (2010) é “decomposição do problema”, a qual mede o grau em que os subconjuntos de pedras podem ser empurradas de forma independente para o objetivo.

Para computar essa métrica eles dividem as k pedras em subconjuntos de tamanho n . Então, para todos os subconjuntos de pedras, eles resolvem o problema enquanto minimizam o número de alternâncias de empurrões entre diferentes subconjuntos. Essa métrica com subconjuntos de tamanho 2 produz uma correlação de Spearman de 0.82 com o tempo necessário para humanos solucionarem as instâncias. Essa métrica mede o grau em que uma instância pode ser decomposta em subproblemas que podem ser resolvidos independentemente.

Nossa ordem k de conflitos aproxima propriedade semelhante ao grau de decomposição do problema. Se k é o maior valor que $h^{\text{PDB}_k}(s) - h^{\text{PDB}_{k-1}}(s) > 0$ considerando todos os possíveis PDBs com k e $k - 1$ variáveis, então o maior número de variáveis com movimentos contraintuitivos é k . Embora este valor de k não garanta que alguém seja capaz de dividir s em subproblemas independentes com k variáveis (e.g., a ordem em que os subproblemas são resolvidos pode ser importante), é possível, de certa forma, pensar sobre os subproblemas com no máximo k variáveis de maneira independente.

4.4.3 Comprimento de Solução

A última métrica introduzida por Jarušek & Pelánek (2010) é comprimento de solução, que é exatamente o que aproximamos com PDBs. Jarušek & Pelánek (2010) mostraram que o comprimento exato de solução de instâncias fornece uma correlação de Spearman de 0.47 com o tempo necessário para humanos solucionarem as instâncias.

No geral, as métricas introduzidas por Jarušek & Pelánek (2010) são computacionalmente difíceis, uma vez que requerem que instâncias de Sokoban sejam solucionadas para que seus valores sejam calculados. Desse modo, elas são aplicáveis somente em instâncias pequenas do domínio. Nossas métricas podem ser vistas como aproximações polinomiais das métricas de Jarušek & Pelánek (2010) e são capazes de aproximar a dificuldade de instâncias grandes de Sokoban, como aquelas do *benchmark* xSokoban, que são algumas das instâncias mais difíceis conhecidas de Sokoban.

Além disso, uma vez que nossas métricas podem ser computadas eficientemente, elas podem ser utilizadas como a função de ordenação $[\cdot]$ de β .

Capítulo 5

Metodologia de Testes

Neste capítulo será apresentada a metodologia que foi utilizada na realização dos testes de β . Apresentamos o domínio de Sokoban, problema utilizado como ambiente de testes para nosso sistema, o *solver* escolhido para avaliar as instâncias geradas por β e, por fim, as métricas e métodos que foram avaliados.

5.1 Domínio do Problema

O problema do domínio de Sokoban é utilizado como ambiente de testes para avaliarmos nossa busca β guiada por nossas métricas de dificuldade. Sokoban é um ótimo domínio para nossa pesquisa porque é um problema PSPACE-completo (CULBERSON, 1999) e muitos dos estados no espaço de estados são insolucionáveis.

Além disso, Sokoban tem similaridades com *problemas de transporte*, nos quais o conjunto de objetos móveis deve percorrer um caminho para alcançar um conjunto de posições objetivo. Problemas de transporte são plataformas de testes comuns para sistemas de planejamento, como o problema *Airport Ground Traffic Planning* (TRÜG ET AL., 2004) em que o conjunto de aeronaves deve atravessar um aeroporto para alcançar a pista de decolagem e locais de estacionamento. Aproximadamente metade dos problemas usados nas primeiras quatro edições da Competição Internacional de Planejamento são mais próximos dos problemas de transporte (HELMERT, 2006B).

Outra razão para usarmos o domínio de Sokoban, sendo o *benchmark* xSokoban (MYERS, 2018) utilizado como ambiente de testes, é que ele nos permite comparar diretamente os estados iniciais gerados por nosso método com aqueles criados por especialistas humanos em termos das métricas propostas e o número de problemas resolvidos por um *solver* baseado em IA. Além disso, os problemas $\mathcal{P}_{-s_0}$

presentes em xSokoban contêm muito mais pedras (alguns problemas possuem 34 pedras) do que os problemas gerados pelo atual estado da arte em problemas de geração de Sokoban: o maior problema relatado na literatura possui 7 pedras (KARTAL ET AL., 2016).

Ao mostrar que nosso método gera estados iniciais mais difíceis do que os criados por humanos nos mapas de xSokoban, nós mostramos que superamos substancialmente as abordagens anteriores.

5.2 Solver para Sokoban

Nossa hipótese é que os estados iniciais de Sokoban com grandes estimativas de comprimentos de solução e grande número de conflitos de alta ordem são difíceis para um *solver* de última geração. O *solver* que nós utilizamos foi introduzido por Pereira et al. (2015), sendo este um *solver* ótimo para Sokoban que soluciona 20 dos 90 problemas do *benchmark* xSokoban. Neste trabalho, referimos a tal *solver* como PRB, uma abreviação do sobrenome dos autores do *solver*.

PRB utiliza o A* (HART ET AL., 1968) com uma estratégia de desempate dependente de domínio e uma função heurística sofisticada. A estratégia de desempate calcula uma aproximação da ordem em que as pedras serão colocadas nas posições objetivo. Então, durante a busca, PRB expande primeiro os estados que satisfazem essa ordem. Essa função heurística combina informação estrutural, h^{EMM} (heurística *Enhanced Minimal Matching*) (JUNGHANNS & SCHAEFFER, 2001), e heurística PDB para gerar uma função heurística mais informada.

A heurística de PRB decompõe o labirinto de Sokoban em dois subproblemas independentes. Ela aplica primeiro a heurística PDB no primeiro subproblema e h^{EMM} no segundo. Pereira et al. (2015) usaram uma heurística PDB que conta duas e quatro pedras, além do homem. Finalmente, a heurística de PRB usa um método guloso randomizado para calcular um conjunto de padrões aditivos que maximizam o valor heurístico para cada estado avaliado na busca. Nós referimos à essa versão do sistema que usa duas e quatro pedras como PRB₂ e PRB₄, respectivamente.

Note que as heurísticas PDBs usadas por PRB são diferentes das heurísticas PDB que nós utilizamos. Os primeiros são dependentes do domínio, enquanto os nossos são independentes do domínio. Pereira et al. (2015) também mostraram que heurísticas PDBs independentes de domínio são ineficientes no domínio de Sokoban.

5.3 Métricas Avaliadas

Nosso objetivo principal é comparar a dificuldade dos estados iniciais gerados pelas variações de nossa abordagem com aqueles criados por especialistas humanos. Embora nossa principal métrica seja o número de problemas resolvidos pelo *solver* PRB, nós também apresentamos outras métricas que são usadas para justificar o número de problemas resolvidos. Especificamente, apresentamos o número de estados expandidos para cada variação de nossa abordagem enquanto geramos estados iniciais, a média do valor h dos estados iniciais gerados em termos de h^{PDB^1} , h^{PDB^2} , h^{PDB^3} e h^{PDB^4} , e a média do número de conflitos 2C, 3C e 4C.

5.4 Métodos Avaliados

Nós comparamos diversas variações da busca β . Essas variações são realizadas na ordenação $[\cdot]$, que determina a ordem em que os estados são expandidos e como os estados iniciais O são selecionados. A ordenação é composta por uma lista de características, que inclui uma função novidade $w(h)$ (veja Definição 4), uma heurística PDB h^{PDB^k} e o número de conflitos de ordem k , denominada kC . Quando a busca atinge o limite de tempo ou memória, então β retorna o estado gerado com maior valor de ordenação, ignorando a função novidade, pois esta é utilizada apenas para orientar β .

Por exemplo, β com ordenação $[w(h^{\text{PDB}^4}), 4C, h^{\text{PDB}^4}]$ expande nós com maior valor $w(h^{\text{PDB}^4})$ primeiro, com os empates sendo quebrados de acordo com 4C e, então, de acordo com h^{PDB^4} . Nesse caso, β retorna o estado s com maior valor 4C, com a quebra de empate de acordo com h^{PDB^4} , para esta função objetivo O . Os empates restantes são quebrados pela ordem na qual os estados são gerados.

Capítulo 6

Experimentos

Os experimentos foram realizados empiricamente e serão apresentados neste capítulo. Primeiro são apresentadas as configurações dos experimentos e as instâncias utilizadas. Na seção 6.3 são apresentados os resultados obtidos em nosso trabalho, sendo feita uma discussão em relação às métricas de dificuldade propostas (comprimento de solução e conflitos); uma comparação em relação à dificuldade para humanos, proposta por Jarušek & Pelánek (2010); e alguns resultados qualitativos, nos quais apresentamos instâncias específicas com diferentes características.

6.1 Configurações dos Experimentos

Todos os experimentos foram realizados em máquinas com CPUs de 2.66 GHz. A linguagem de programação usada para implementação foi C++, com o compilador GCC 4.7.3 e flag de otimização -O3.

O tempo de execução para a geração dos estados iniciais é limitado a 1 hora e a memória é limitada a 8 GB em todos os experimentos para cada instância, enquanto o *solver* é limitado a 10 minutos de tempo de execução e 4 GB de memória. Experimentos preliminares mostraram que tempos de execução mais longos e um limite maior de memória para o *solver* não resultam em grandes mudanças nos resultados.

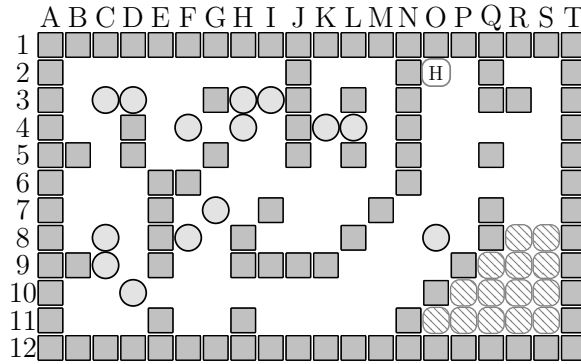
Para cada método de nossos experimentos foram realizadas 5 execuções, sendo relatadas as médias dessas execuções para as 90 instâncias de xSokoban na seção 6.1. No Apêndice A pode ser visto mais detalhadamente as médias das 5 execuções de cada método para todas as 90 instâncias utilizadas, bem como as instâncias que foram solucionadas pelo *solver* PRB₄ para cada uma das execuções.

6.2 Instâncias

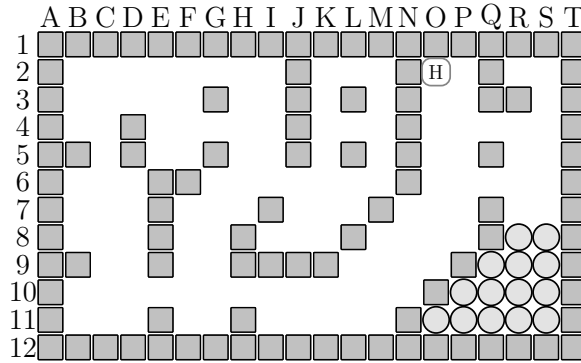
Os experimentos foram realizados a partir dos labirintos do *benchmark* xSokoban. Este conjunto de instâncias foi projetado por especialistas humanos e contém 90 instâncias, com número de pedras variando entre 6 e 34. Mais detalhes sobre estas instâncias pode ser visto no Apêndice A, incluindo o número de pedras, o valor de h^{EMM} e o valor do limite superior do comprimento de solução de cada uma delas.

Na fase de pré-processamento todas as pedras das instâncias de xSokoban foram sistematicamente colocadas nas posições objetivo do labirinto. A Figura 6.1 mostra um exemplo da fase de pré-processamento, em que a Figura 6.1a é uma instância original de xSokoban e a Figura 6.1b mostra a instância após a fase de pré-processamento.

A partir disso, aplicamos o algoritmo β guiado por nossas métricas de dificuldades para gerar estados iniciais difíceis e garantidamente solucionáveis para essas instâncias.



(a) Instância de xSokoban.



(b) Instância após pré-processamento.

Figura 6.1: Instâncias do domínio de Sokoban.

6.3 Experimentos empíricos

#	Método de Geração	Estados Expandidos	Valor h de s_0				Número de Conflitos			Solver	
			h^{PDB1}	h^{PDB2}	h^{PDB3}	h^{PDB4}	2C	3C	4C	PRB ₂	PRB ₄
A	1 $[h^{PDB1}]$	36,844,530	179.68	185.94	187.44	189.94	6.27	1.50	2.50	36	33
	2 $[h^{PDB2}]$	35,767,988	178.70	190.33	189.79	192.67	11.63	0	2.88	36	33
	3 $[h^{PDB3}]$	17,312,051	172.21	181.77	184.64	185.80	9.57	2.87	1.16	36	35
	4 $[h^{PDB4}]$	20,557,632	169.96	179.25	180.48	186.10	9.28	1.23	5.62	33	33
B	5 $[h^{PDB2}, 2C]$	35,274,370	179.08	191.31	190.38	193.55	12.23	0	3.17	38	36
	6 $[h^{PDB3}, 3C]$	15,380,635	169.89	178.77	182.50	183.54	8.88	3.73	1.04	33	33
	7 $[h^{PDB4}, 4C]$	10,438,488	165.23	174.64	175.42	181.34	9.41	0.78	5.92	33	32
C	8 $[2C, h^{PDB2}]$	23,465,775	136.89	158.97	152.88	156.94	22.08	0	4.06	28	26
	9 $[3C, h^{PDB3}]$	10,769,311	112.78	118.58	129.26	126.86	5.80	10.68	0	34	33
	10 $[3C, h^{PDB3}]$	7,390,589	105.65	114.94	112.37	127.63	9.29	0	15.26	32	32
D	11 $[w(h^{PDB1}), h^{PDB1}]$	24,853,001	223.43	231.11	233.27	236.62	7.68	2.16	3.35	26	27
	12 $[w(h^{PDB3}), h^{PDB2}]$	23,767,318	219.52	233.19	233.24	237.07	13.67	0.05	3.84	31	30
	13 $[w(h^{PDB3}), h^{PDB3}]$	12,777,868	217.46	228.65	232.77	234.57	11.19	4.12	1.79	24	28
	14 $[w(h^{PDB4}), h^{PDB4}]$	15,262,065	214.87	226.24	228.32	235.31	11.37	2.08	6.99	23	27
E	15 $[w(h^{PDB2}), h^{PDB2}, 2C]$	26,994,649	216.29	230.81	230.25	234.07	14.52	0	3.82	21	22
	16 $[w(h^{PDB3}), h^{PDB3}, 3C]$	12,271,939	214.92	225.91	230.57	232.04	10.99	4.66	1.47	25	27
	17 $[w(h^{PDB4}), h^{PDB4}, 4C]$	7,994,894	210.28	221.50	222.95	230.77	11.22	1.45	7.82	22	27
F	18 $[w(h^{PDB2}), 2C, h^{PDB2}]$	15,280,754	175.46	201.34	194.79	199.84	25.89	0	5.05	21	22
	19 $[w(h^{PDB3}), 3C, h^{PDB3}]$	8,018,271	167.25	174.95	190.30	187.72	7.70	15.36	0	18	24
	20 $[w(h^{PDB4}), 4C, h^{PDB4}]$	5,615,790	151.95	162.92	161.10	181.66	10.96	0	20.56	16	21
-	xSokoban	-	188.02	199.58	205.62	211.41	11.56	6.04	5.79	14	18

Tabela 6.1: Resultados dos estados iniciais gerados por variações de β . O “valor h de s_0 ” significa a média do valor heurístico dos estados iniciais gerados; “Número de Conflitos” mostra a média do número de conflitos, em que 2C, 3C e 4C denotam o número de conflitos de ordem 2, 3 e 4, respectivamente. “Solver” significa o número de problemas resolvidos por duas versões de PRB: PRB₂ e PRB₄. A última linha da tabela mostra a mesma informação para estados iniciais criados por especialistas humanos.

A Tabela 6.1 apresenta os resultados do método proposto. A terceira coluna da tabela (“Método de Geração”) mostra a ordem usada para guiar a busca β e para selecionar estados iniciais em nossos experimentos. Por exemplo, na linha 20, β expande com maiores valores de $w(h^{PDB4})$, então os empates são quebrados pelos maiores valores de 4C, e a última quebra de empates pelos maiores valores de h^{PDB4} . Os empates restantes são quebrados pela ordem de geração dos estados. Quando o limite de tempo ou memória é alcançado, ou depois de expandir todo o espaço de estados, β retorna o estado gerado com o valor máximo de acordo com a ordem, ignorando o valor de novidade.

Além da ordem da busca de β , número de estados expandidos, número de problemas resolvidos por PRB₂ e PRB₄ e os valores h e valores dos conflitos, a tabela também apresenta a coluna “#” indicando a linha de cada método, os quais são usados como referência em nossa discussão.

A coluna “Estados Expandidos” mostra a média do número de estados expandidos por β . A tabela também mostra a média do valor h de acordo com h^{PDB1} , h^{PDB2} , h^{PDB3} , h^{PDB4} dos estados iniciais retornados por cada método. A coluna “Número de Conflitos” mostra a média do número de conflitos, em que a coluna 2C mostra o número de conflito de ordem 2, a coluna 3C o número de conflitos de ordem 3 e a coluna 4C o número de conflitos de ordem 4.

Nós destacamos em negrito as células com o melhor resultado para um dado critério. Por exemplo, $[w(h^{\text{PDB1}}), h^{\text{PDB1}}]$ e $[w(h^{\text{PDB2}}), h^{\text{PDB2}}]$ são os métodos que apresentam melhor desempenho em termos de valor de h^{PDB1} , h^{PDB2} , h^{PDB3} e h^{PDB4} .

6.3.1 Comprimento de Solução

Nós iniciamos pela comparação dos resultados de β em que a novidade não é utilizada (veja os blocos A , B e C na Tabela 6.1) com aqueles em que a novidade é empregada (veja os blocos D , E e F). Como nós hipotetizamos, β guiado por novidade pode gerar um conjunto mais diversificado de estados. Métodos que usam novidade superam suas contrapartes em todos os critérios: média de valor h , número de conflitos e o número total de problemas resolvidos. Compare, por exemplo, os resultados das linhas 1–4 com suas contrapartes nas linhas 11–14. Em particular, $[w(h^{\text{PDB1}}), h^{\text{PDB1}}]$ obteve uma média de valor h^{PDB1} de 223.43, que é muito maior que o valor de 188.02 para a média dos estados iniciais de xSokoban. Embora $[w(h^{\text{PDB1}}), h^{\text{PDB1}}]$ possa gerar estados iniciais com maiores valores h^{PDB1} do que xSokoban, seus estados iniciais tendem a ser muito mais fáceis em termos de número de problemas resolvidos, pelas versões do *solver* PRB, do que xSokoban. $[w(h^{\text{PDB2}}), h^{\text{PDB2}}]$ obteve o valor de 233.19 como média para h^{PDB2} , enquanto xSokoban obteve o valor de 99.58 para a média dos estados iniciais. Isso acontece provavelmente porque os estados iniciais gerados pelos métodos do bloco D têm menos conflitos de maior ordem (e.g., valor 4C de 3.84 para a linha 12, enquanto xSokoban tem um valor 4C de 5.79).

6.3.2 Conflitos

Os métodos mostrados nos blocos B e E maximizam o valor heurístico e quebram os empates pelos valores de conflitos. Os métodos nos blocos C e F usam a ordem oposta de métricas. Os métodos em B geram estados iniciais com maiores comprimentos de solução do que os métodos em C . No entanto, os métodos em C têm um maior número de conflitos, de acordo com os critérios otimizados. Por exemplo, o

método na linha 8, que prioriza a maximização de valores $2C$, gera estados iniciais com maiores valores $2C$ do que o método da linha 5.

Comparados aos métodos em B, no geral, estados iniciais gerados pelos métodos em C tendem a ser muito mais difíceis em termos de número de problemas resolvidos tanto por PRB_2 quanto por PRB_4 . Esses resultados demonstram a importância da geração de estados iniciais com valores de conflitos maiores. O mesmo padrão é observado pela comparação dos resultados dos métodos em E com aqueles dos métodos em F . Os resultados em F destacam a importância da maximização dos conflitos de maior ordem para gerar problemas difíceis. Os estados iniciais mais difíceis que o sistema foi capaz de gerar são aqueles da linha 20, os quais maximizam conflitos de ordem 4. Para esse método, PRB_2 e PRB_4 são capazes de resolver somente 16 e 21 problemas, respectivamente, dos 90 testados.

O método na linha 20 gera estados iniciais com menores valores de h , mas um número muito maior de conflitos de maior ordem, o que resultou em estados iniciais mais difíceis. Portanto, nossa variação de β apresentada na linha 20 é capaz de apresentar resultados próximos aos estados iniciais projetados por especialistas humanos.

Esse resultado é importante porque ele sugere que β poderia ser usado para automatizar parte do trabalho de engenharia envolvido na elaboração de novos problemas para avaliar sistemas de planejamento, que poderia ser automatizado por um método de busca baseado no método aqui proposto.

6.3.3 Dificuldade para Humanos

Argumentamos que nossas métricas de dificuldade otimizadas em β são mais próximas às métricas que correlacionam com o tempo necessário por seres humanos para resolver problemas Sokoban (JARUŠEK & PELÁNEK, 2010).

A métrica que apresenta a maior correlação no estudo de Jarušek & Pelánek (2010) foi “decomposição do problema”, que é similar à nossa ordem de conflito. Os resultados mostrados na Tabela 6.1 sugerem que estados iniciais com muitos conflitos de maior ordem tendem a serem mais difíceis de serem resolvidos por um *solver* baseado em IA. Ou seja, os estados iniciais com maiores valores $4C$ tendem a ser mais difíceis de serem resolvidos pelo *solver* PRB.

Em conjunto com o estudo com usuário de Jarušek & Pelánek (2010), nossos resultados sugerem que algumas das propriedades que dificultam problemas para humanos podem também torná-los difíceis para sistemas baseados em IA.

6.3.4 Resultados Qualitativos

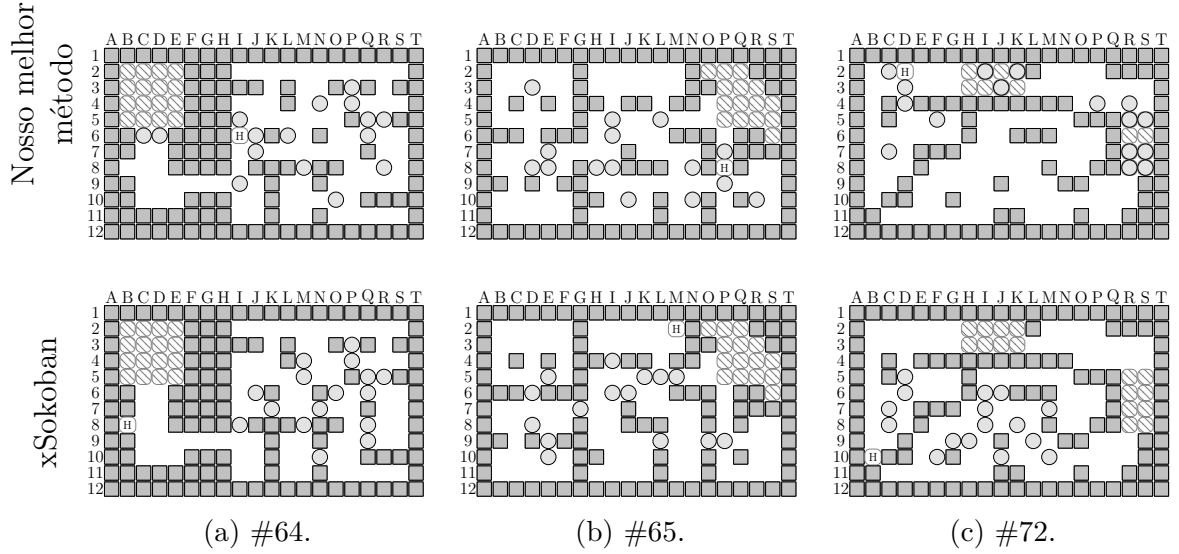


Figura 6.2: Estados iniciais de Sokoban gerados pela melhor variação de β (linha superior) e os estados iniciais de xSokoban (linha inferior).

	#64		#65		#72	
	A	B	A	B	A	B
4C	17	8	28	6	16	7
h^{PDB_4}	302	345	195	177	54	204
PRB_4	Sim	Não	Não	Sim	Não	Não

Tabela 6.2: Resultados dos estados iniciais gerados pela melhor variação de β (A) e os estados iniciais de xSokoban (B) das instâncias #64, #65 e #72. Para cada uma dessas instâncias são apresentados: 4C, que representa o número de conflitos de ordem 4C; h^{PDB_4} , valor heurístico dos estados iniciais gerados; e PRB_4 que indica se elas foram ou não resolvidas pelo *solver* usando esta versão.

A Figura 6.2 mostra estados iniciais representativos para três labirintos de xSokoban, gerados por uma das cinco execuções dos experimentos relatados anteriormente. Os estados iniciais mostrados no topo foram gerados por $[w(h^{\text{PDB}_4}), 4C, h^{\text{PDB}_4}]$ e embaixo são os problemas originais de xSokoban. Esses estados iniciais são visualmente similares uma vez que não há características óbvias que distingam aqueles estados gerados por um sistema de IA daqueles gerados por humanos. A instância #72 gerada por nosso método (A) é vista como um *outlier* neste caso, por conter pedras nas posições objetivas como estados iniciais. Hipoteticamente, os humanos não criariam instâncias com essa característica, uma vez que,

intuitivamente, as pedras começando nas posições objetivas sugerem que a instância seja mais fácil de ser resolvida.

A tabela 6.2 apresenta os resultados qualitativos das três instâncias mostradas na figura 6.2. Os estados iniciais gerados por nossa abordagem para o labirinto #64 têm 17 conflitos 4C, enquanto aqueles projetados por especialistas humanos têm 8. Para este mesmo labirinto, os estados iniciais do nosso método tem o valor h^{PDB4} de 302, enquanto os estados iniciais de xSokoban é de 345. PRB₄ resolve o estado inicial gerado por nossa abordagem, mas não resolve o estado inicial projetado por humanos. Nossa conjectura é que o problema xSokoban tem conflitos de ordem maior que 4, os quais nossos PDBs são incapazes de capturar. Esses conflitos de maior ordem poderiam tornar o problema xSokoban mais difícil de ser resolvido do que um gerado por nosso sistema.

A situação é contrária para o labirinto #65, em que PRB₄ resolve o problema xSokoban, mas não resolve o problema para nosso método gerado no mesmo labirinto. Isso acontece provavelmente porque os estados iniciais gerados por nosso método apresentam o valor h^{PDB4} de 195 e 28 conflitos 4C, enquanto os estados projetados por especialistas humanos têm h^{PDB4} de 177 e apenas 6 conflitos 4C. Isto reafirma nossa ideia de que maior comprimento de solução e conflitos de maior ordem tornam estados iniciais mais difíceis de serem solucionados por um sistema.

O estado inicial do labirinto #72 mostra outra característica dos estados iniciais gerados por nossos métodos, que é ter muito mais pedras nas posições objetivo. Os estados iniciais gerados pelo melhor método de β apresentam 16 conflitos de ordem 4C, enquanto a mesma instância de xSokoban possui 7 conflitos. Em contrapartida, os estados iniciais projetados por especialistas têm h^{PDB4} de 204, enquanto os gerados por β têm o valor heurístico de 54. Nenhuma das duas instâncias foram resolvidas pelo *solver* PRB. Na média xSokoban tem 0.37 pedras nas posições objetivo enquanto em nosso método na linha 20 tem 2.76. Os resultados nos sugerem que gerar estados iniciais em posições objetivo não torna, necessariamente, a instância mais fácil de ser resolvida. Mesmo com β apresentando uma média maior de pedras nas posições objetivo, o número de instâncias resolvidas pelo *solver* PRB foi próximo ao número de instâncias de xSokoban que o mesmo resolveu (e que possui uma média de pedras nas posições iniciais bem menor).

Capítulo 7

Conclusões e Trabalhos Futuros

Nesta pesquisa apresentamos um sistema para geração de estados iniciais difíceis e solucionáveis para problemas de busca em espaço de estados. Nosso sistema realiza uma busca reversa com um algoritmo que denominamos de β , a partir dos estados objetivo de um problema, enquanto otimizamos as métricas de dificuldades baseadas em PDB que nós introduzimos. Essas métricas executam em tempo polinomial e são aproximações do número de conflitos e do comprimento de solução de um dado estado.

Além de métricas de dificuldade, usamos novidade como parte de funções que guiaram β enquanto realizava a busca por estados iniciais difíceis e solucionáveis. Um extensivo conjunto de resultados empíricos em Sokoban mostraram que novidade ajuda nossa busca a encontrar estados que otimizam nossas métricas de dificuldade. Os resultados também sugerem que características conhecidas por correlacionar com o tempo necessário para humanos resolverem instâncias Sokoban também podem contribuir para gerar problemas difíceis para *solvers* baseados em IA.

Mostramos empiricamente que nosso sistema é capaz de superar métodos existentes para geração de estados iniciais de Sokoban. Enquanto abordagens prévias foram testadas em problemas com pelo menos 7 variáveis, β é capaz de gerar estados iniciais difíceis e solucionáveis para problemas com até 35 variáveis. Esta grande melhoria no tamanho dos problemas que nosso sistema é capaz de resolver permitirá que os algoritmos de aprendizado que dependem de sistemas generativos como o nosso sejam avaliados em problemas maiores. Os estados iniciais gerados a partir de nossa melhor variação de β são tão difíceis de serem resolvidos por um *solver* especializado, quanto os estados iniciais projetados por especialistas humanos.

Como trabalhos futuros estamos interessados em usar nossa abordagem β dentro de um sistema que gera todo o problema de busca em espaço de estados, mapas

e estados iniciais. Nós também estamos interessados em usar β para gerar estados iniciais para outros domínios de problemas além de Sokoban. Além disso, acreditamos que β pode ser usado para criar estados iniciais também para a competição de planejamento.

Referências Bibliográficas

- Anderson, J. R.; Boyle, C. F. & Reiser, B. J. (1985). Intelligent Tutoring Systems. *Science*, 228:456–462.
- Arfaee, S. J.; Zilles, S. & Holte, R. C. (2011). Learning heuristic functions for large state spaces. *Artificial Intelligence*, 175:2075–2098.
- Bonet, B. & Geffner, H. (2001). Planning as Heuristic Search. *Artificial Intelligence*, 129(1–2):5–33.
- Culberson, J. C. (1999). Sokoban is PSPACE-Complete. Em *Fun With Algorithms*, pp. 65–76.
- Culberson, J. C. & Schaeffer, J. (1996). Searching with Pattern Databases. Em *Canadian Conference on Artificial Intelligence*, pp. 402–416.
- Doran, J. E. & Michie, D. (1966). Experiments with the graph traverser program. Em *Royal Society of London A*, volume 294, pp. 235–259. The Royal Society.
- Edelkamp, S. (2001). Planning with Pattern Databases. Em *European Conference on Planning*, pp. 13–24.
- Felner, A.; Korf, R. E. & Hanan, S. (2004). Additive Pattern Database Heuristics. *Journal of Artificial Intelligence Research*, 22:279–318.
- Hart, P. E.; Nilsson, N. J. & Raphael, B. (1968). A Formal Basis for the Heuristic Determination of Minimum Cost Paths. *IEEE Trans. Systems Science and Cybernetics*, 4(2):100–107.
- Haslum, P.; Botea, A.; Helmert, M.; Bonet, B. & Koenig, S. (2007). Domain-Independent Construction of Pattern Database Heuristics for Cost-Optimal Planning. Em *AAAI Conference on Artificial Intelligence*, pp. 1007–1012.

- Helmert, M. (2006a). The Fast Downward Planning System. *Journal of Artificial Intelligence Research*, 26:191--246.
- Helmert, M. (2006b). *Solving Planning Tasks in Theory and Practice*. PhD thesis.
- Hoffmann, J. & Nebel, B. (2001). The FF Planning System: Fast Plan Generation Through Heuristic Search. *Journal of Artificial Intelligence Research*, 14(1):253--302.
- Holte, R. C.; Felner, A.; Newton, J.; Meshulam, R. & Furcy, D. (2006). Maximizing over Multiple Pattern Databases Speeds up Heuristic Search. *Artificial Intelligence*, 170(16--17):1123--1136.
- Holte, R. C.; Felner, A.; Sharon, G. & Sturtevant, N. R. (2016). Bidirectional search that is guaranteed to meet in the middle. Em *AAAI Conference on Artificial Intelligence*, volume 16, pp. 3411--3417.
- ICAPS (2018). International Planning Competition. www.icaps-conference.org/index.php/Main/Competitions.
- Jarušek, P. & Pelánek, R. (2010). Difficulty Rating of Sokoban Puzzle. Em *Starting AI Researchers' Symposium*, pp. 140--150.
- Junghanns, A. & Schaeffer, J. (1998). Sokoban: Evaluating standard single-agent search techniques in the presence of deadlock. Em *Conference of the Canadian Society for Computational Studies of Intelligence*, pp. 1--15. Springer.
- Junghanns, A. & Schaeffer, J. (2001). Sokoban: Enhancing general single-agent search methods using domain knowledge. *Artificial Intelligence*, 129(1--2):219--251.
- Kartal, B.; Sohre, N. & Guy, S. J. (2016). Data-Driven Sokoban Puzzle Generation with Monte Carlo Tree Search. Em *AAAI Conference on Artificial Intelligence and Interactive Digital Entertainment*.
- Korf, R. E. (1997). Finding Optimal Solutions to Rubik's Cube Using Pattern Databases. Em *AAAI Conference on Artificial Intelligence*, pp. 700--705. AAAI Press.
- Lelis, L. H. S.; Stern, R. T.; Arfaee, S. J.; Zilles, S.; Felner, A. & Holte, R. C. (2016). Predicting optimal solution costs with bidirectional stratified sampling in regular search spaces. *Artificial Intelligence*, 230:51--73.

- Lelis, L. H. S.; Zilles, S. & Holte, R. C. (2013). Predicting the Size of IDA*'s Search Tree. *Artificial Intelligence*, pp. 53--76.
- Lipovetzky, N. & Geffner, H. (2012). Width and Serialization of Classical Planning Problems. Em *European Conference on Artificial Intelligence*, pp. 540--545. IOS Press.
- Lipovetzky, N. & Geffner, H. (2017). Best-First Width Search: Exploration and Exploitation in Classical Planning. Em *AAAI Conference on Artificial Intelligence*, pp. 3590--3596.
- Mariño, J. R. H. & Lelis, L. H. S. (2016). A Computational Model based on Symmetry for Generating Visually Pleasing Maps of Platform Games. Em *AAAI Conference on Artificial Intelligence and Interactive Digital Entertainment*, pp. 65--71.
- Murase, Y.; Matsubara, H. & Hiraga, Y. (1996). Automatic Making of Sokoban Problems. *PRICAI: Topics in Artificial Intelligence*, pp. 592--600.
- Myers, A. (2018). Standard set. www.cs.cornell.edu/andru/xsokoban.html.
- Pereira, A. G.; Ritt, M. & Buriol, L. S. (2015). Optimal Sokoban Solving Using Pattern Databases with Specific Domain Knowledge. *Artificial Intelligence*, 227:52--70.
- Polozov, O.; O'Rourke, E.; Smith, A. M.; Zettlemoyer, L.; Gulwani, S. & Popovic, Z. (2015). Personalized Mathematical Word Problem Generation. Em *International Joint Conference on Artificial Intelligence*, pp. 381--388. AAAI.
- Pommerening, F.; Röger, G. & Helmert, M. (2013). Getting the Most Out of Pattern Databases for Classical Planning. Em *International Joint Conference on Artificial Intelligence*.
- Racanière, S.; Weber, T.; Reichert, D.; Buesing, L.; Guez, A.; Rezende, D. J.; Badia, A. P.; Vinyals, O.; Heess, N.; Li, Y. et al. (2017). Imagination-Augmented Agents for Deep Reinforcement Learning. Em *Advances in Neural Information Processing Systems*, pp. 5690--5701.
- Seipp, J.; Pommerening, F.; Röger, G. & Helmert, M. (2016). Correlation Complexity of Classical Planning Domains. Em *International Joint Conference on Artificial Intelligence*, pp. 3242--3250.

- Smith, A. M. & Mateas, M. (2011). Answer Set Programming for Procedural Content Generation: A Design Space Approach. *IEEE Transactions on Computational Intelligence and AI in Games*, 3(3):187–200.
- Snodgrass, S. & Ontañón, S. (2017). Player Movement Models for Video Game Level Generation. Em *International Joint Conference on Artificial Intelligence*, pp. 757–763.
- Taylor, J. & Parberry, I. (2011). Procedural Generation of Sokoban Levels. Em *International North American Conference on Intelligent Games and Simulation*, pp. 5–12.
- Torralba, Á.; Alcázar, V.; Kissmann, P. & Edelkamp, S. (2017). Efficient Symbolic Search for Cost-Optimal Planning. *Artificial Intelligence*, 242:52–79.
- Trüg, S.; Hoffmann, J. & Nebel, B. (2004). Applying Automatic Planning Systems to Airport Ground-Traffic Control—A Feasibility Study. Em *Annual Conference on Artificial Intelligence*, pp. 183–197. Springer.

Apêndice A

Instâncias xSokoban

#	h^{EMM}	UB	BOXES	#	h^{EMM}	UB	BOXES	#	h^{EMM}	UB	BOXES
1	95	97	6	31	232	250	20	61	245	263	20
2	129	131	10	32	113	139	15	62	237	245	16
3	132	134	11	33	152	174	15	63	427	431	17
4	355	355	20	34	154	168	14	64	367	385	16
5	139	143	12	35	364	378	17	65	203	211	15
6	106	110	10	36	507	521	21	66	187	325	18
7	80	88	11	37	242	284	20	67	377	401	20
8	220	230	18	38	73	81	8	68	321	341	15
9	229	237	14	39	652	672	25	69	219	433	18
10	510	512	32	40	310	324	16	70	329	333	18
11	207	241	14	41	221	237	15	71	294	308	18
12	206	212	15	42	208	218	24	72	288	296	16
13	220	238	16	43	132	146	9	73	437	441	14
14	231	239	18	44	167	179	9	74	176	212	16
15	96	122	15	45	284	300	17	75	263	295	17
16	162	186	15	46	223	247	14	76	194	204	17
17	201	213	6	47	199	209	16	77	360	368	14
18	106	124	11	48	200	200	34	78	136	136	8
19	286	302	15	49	104	124	12	79	166	174	12
20	446	462	18	50	100	370	16	80	231	231	12
21	129	147	13	51	118	118	14	81	167	173	12
22	308	324	27	52	367	421	18	82	135	143	12
23	426	448	18	53	186	186	15	83	194	194	10
24	518	544	22	54	177	187	16	84	149	155	12
25	368	386	19	55	120	120	12	85	305	329	15
26	165	195	13	56	193	203	16	86	122	134	10
27	353	363	20	57	217	225	16	87	221	233	12
28	286	308	20	58	197	199	15	88	336	390	23
29	122	164	16	59	218	230	16	89	353	379	21
30	359	465	18	60	148	152	13	90	442	460	25

Table 1: Características das instâncias do *benchmark* de xSokoban – projetadas por humanos especialistas – em que # é o índice da instância, h^{EMM} e UB são os valores heurísticos referentes à heurística de *matching* e ao limite superior, respectivamente. BOXES representa a quantidade de caixas que cada instância possui.

Apêndice B

Instâncias geradas pelas variações de β

#	Estados Expandidos	Memória	h^{PDB1}	h^{PDB2}	h^{PDB3}	h^{PDB4}	2C	3C	4C	Tempo	PRB ₂					PRB ₄				
											1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	4,021,944	897,329,152	98.0	101.0	102.0	103.6	3.0	1.0	2.0	60.6	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
2	51,149,136	8,589,959,168	127.0	132.0	133.0	134.0	5.0	1.0	1.0	955.1	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
3	58,628,508	8,589,959,168	115.0	120.0	122.0	123.0	5.0	2.0	1.0	934.8	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
4	30,401,946	8,589,959,168	126.0	132.0	132.2	133.6	6.0	0.3	1.4	628.4										
5	49,819,353	8,589,959,168	133.0	143.0	144.6	146.0	10.0	1.6	1.4	915.8	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
6	61,347,972	8,589,959,168	102.0	107.0	108.0	109.0	5.0	1.0	1.0	1,076.5	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
7	51,179,782	8,590,367,744	81.0	86.0	86.2	88.0	5.0	0.3	1.8	819.6	•	•	•	•	•					
8	34,529,964	8,589,959,168	225.0	234.0	234.2	235.2	9.0	0.3	1.0	566.1										
9	49,358,095	8,589,959,168	233.0	242.0	244.0	248.0	9.0	2.0	4.0	779.4										
10	8,834,124	8,589,959,168	351.0	369.0	379.8	387.4	18.0	10.8	7.6	191.7			•							
11	33,291,590	8,589,959,168	215.0	222.0	228.0	231.0	7.0	6.0	3.0	574.6	•	•		•	•					
12	28,768,799	8,589,959,168	201.0	210.0	210.2	212.6	9.0	0.3	2.4	623.5										
13	24,854,209	8,589,959,168	89.0	94.0	94.2	97.0	5.0	0.3	2.8	467.1										
14	42,137,425	8,589,959,168	88.0	94.0	92.6	93.6	6.0	-	1.3	693.6										
15	23,533,054	8,589,959,168	123.0	130.0	132.0	136.0	7.0	2.0	4.0	496.6										
16	47,248,341	8,589,959,168	140.0	147.0	149.0	153.0	7.0	2.0	4.0	752.8										
17	12,171,646	2,076,049,408	224.0	227.0	228.0	228.0	3.0	1.0	-	190.8	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
18	44,521,281	8,589,959,168	126.0	131.0	129.8	134.2	5.0	-	4.4	839.5										
19	32,301,726	8,589,959,168	283.0	294.0	295.8	297.6	11.0	1.8	1.8	612.5										
20	31,083,188	8,589,959,168	407.0	407.0	412.0	415.0	-	5.0	3.0	503.5										
21	54,217,626	8,589,959,168	115.0	119.0	119.6	121.6	4.0	0.6	2.0	971.3	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
22	17,772,663	8,589,959,168	195.0	200.0	199.0	199.8	5.0	-	0.8	363.2										
23	39,348,743	8,589,959,168	186.0	193.0	194.6	197.0	7.0	1.6	2.4	649.7										
24	32,755,293	8,590,109,696	316.0	323.0	322.2	323.8	7.0	-	1.6	467.6										
25	36,362,165	8,589,959,168	108.0	116.0	114.6	115.8	8.0	-	1.2	769.8	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
26	46,540,133	8,589,959,168	149.0	155.0	159.4	162.4	6.0	4.4	3.0	790.5										
27	44,506,010	8,589,959,168	118.0	121.0	120.2	121.4	3.0	-	1.2	981.8	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
28	44,824,566	8,589,959,168	91.0	93.0	93.8	94.4	2.0	0.8	0.8	950.9	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
29	48,624,770	8,589,959,168	133.0	145.0	141.6	145.0	12.0	-	3.4	915.9										
30	37,236,063	8,589,959,168	227.0	239.0	239.6	242.0	12.0	0.6	3.0	659.3										
31	32,010,783	8,589,959,168	196.0	207.0	210.0	216.0	11.0	3.0	6.0	521.4										
32	44,425,366	8,589,959,168	107.0	114.0	116.0	120.0	7.0	2.0	4.0	786.1										
33	47,799,390	8,589,959,168	130.0	140.0	139.6	141.8	10.0	-	2.2	753.5										
34	31,999,755	8,589,959,168	146.0	150.0	152.2	154.2	4.0	2.2	2.0	619.7										
35	36,041,584	8,589,959,168	119.0	123.0	122.2	123.2	4.0	-	1.0	876.6	•	•	•	•	•					
36	40,221,480	8,589,959,168	152.0	155.0	155.4	156.4	3.0	0.5	1.0	815.2	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
37	25,047,918	8,590,177,280	224.0	235.0	238.0	245.0	11.0	3.0	7.0	423.7										
38	28,491,779	3,244,782,592	87.0	90.0	91.6	93.8	3.0	1.6	2.2	468.0	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
39	23,802,622	8,590,273,536	246.0	250.0	251.2	252.2	4.0	1.2	1.0	564.9										
40	37,402,563	8,589,959,168	310.0	310.0	315.0	318.0	-	5.0	3.0	671.7										
41	44,418,939	8,590,449,664	168.0	172.0	176.0	179.2	4.0	4.0	3.2	726.1										
42	17,091,861	8,590,004,224	163.0	171.0	171.6	175.4	8.0	0.8	3.8	339.2										
43	65,590,838	8,589,959,168	132.0	136.0	141.0	142.0	4.0	5.0	1.0	1,155.4	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
44	65,255,116	8,910,199,808	187.0	191.0	193.0	195.0	4.0	2.0	2.0	1,285.1										
45	33,679,150	8,589,959,168	243.0	251.0	254.0	259.0	8.0	3.0	5.0	545.2	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
46	35,227,084	8,590,381,056	205.0	212.0	214.4	216.2	7.0	2.4	1.8	567.1										
47	40,583,733	8,590,036,992	202.0	202.0	207.0	210.0	-	5.0	3.0	756.1										
48	20,701,050	8,589,959,168	95.0	100.0	98.2	99.0	5.0	-	0.8	548.2	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
49	60,797,859	8,589,959,168	85.0	90.0	89.8	91.6	5.0	-	1.8	841.8										
50	39,109,503	8,589,959,168	168.0	174.0	174.2	177.8	6.0	0.3	3.6	616.8										
51	37,512,697	8,589,959,168	99.0	107.0	109.6	112.4	8.0	2.6	2.8	616.5										
52	38,744,378	8,589,959,168	134.0	137.0	136.8	137.2	3.0	-	0.5	868.2	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
53	32,268,310	8,589,959,168	238.0	247.0	248.6	250.0	9.0	1.6	1.4	812.4										
54	27,417,488	8,589,959,168	193.0	199.0	200.4	205.8	6.0	1.4	5.4	506.0										
55	48,833,880	8,589,959,168	141.0	146.0	151.8	155.2	5.0	5.8	3.4	737.1										
56	45,175,970	8,589,959,168	164.0	168.0	171.0	174.8	4.0	3.0	3.8	763.9										
57	25,803,194	8,589,959,168	202.0	212.0	211.0	217.2	10.0	-	6.2	481.9										
58	40,463,805	8,589,959,168	209.0	216.0	217.4	218.4	7.0	1.4	1.0	707.5	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
59	35,492,862	8,589,959,168	239.0	247.0	246.4	248.8	8.0	-	2.4	551.9										
60	43,559,362	8,589,959,168	150.0	154.0	156.0	158.0	4.0	2.0	2.0	694.0	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
61	22,371,864	8,589,959,168	243.0	256.0	254.0	260.0	13.0	-	6.0	478.9										
62	37,940,920	8,589,959,168	232.0	240.0	242.0	248.0	8.0	2.0	6.0	775.0	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
63	37,401,171	8,589,959,168	101.0	105.0	104.4	105.8	4.0	-	1.4	736.4	•	•	•	•	•					
64	32,308,926	8,589,959,168	360.0	368.0	370.0	372.0	8.0	2.0	2.0	713.7										
65	32,055,083	8,590,193,664	200.0	207.0	210.0	214.0	7.0	3.0	4.0	586.3	•	•	•	•	•	•	•			•
66	18,527,561	8,589,959,168	197.0	205.0	208.2	211.2	8.0	3.2	3.0	463.6				•						
67	36,748,999	8,589,959,168	368.0	378.0	381.0	383.0	10.0	3.0	2.0	602.0	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
68	33,042,162	8,589,959,168	258.0	265.0	268.0	272.0	7.0	3.0	4.0	570.8										
69	21,628,896	8,591,865,856	245.0	256.0	262.0	265.2	11.0	6.0	3.2	490.7										
70	27,957,766	8,589,959,168	287.0	295.0	298.0	299.0	8.0	3.0	1.0	483.0										
71	42,917,842	8,589,959,168	174.0	181.0	184.0	186.4	7.0	3.0	2.4	657.1										
72	38,368,445	8,589,959,168	67.0	72.0	72.0	72.6	5.0	-	0.8	601.0	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
73	35,805,886	8,589,95																		

#	Estados Expandidos	Memória	h^{PDB1}	h^{PDB2}	h^{PDB3}	h^{PDB4}	2C	3C	4C	Tempo	PRB ₂					PRB ₄				
											1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	4,021,944	905,335,603	93.0	102.0	101.8	100.6	9.0	-	-	77.0	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
2	58,529,841	8,589,959,168	126.0	135.0	134.0	135.0	9.0	-	1.0	1,501.9	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
3	58,149,199	8,590,249,984	113.0	122.0	122.0	124.6	9.0	-	2.6	1,961.3	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
4	38,307,761	8,589,966,541	115.0	123.0	122.4	124.0	8.0	-	1.6	1,963.7	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
5	48,662,781	8,589,964,083	131.0	145.0	144.6	145.6	14.0	-	1.0	1,233.5	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
6	59,163,757	8,589,964,902	98.0	109.0	109.6	110.2	11.0	0.6	0.6	1,523.5	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
7	50,670,546	8,589,971,456	80.0	89.0	87.8	89.6	9.0	-	1.8	1,491.2	•	•	•	•	•					
8	32,416,633	8,589,967,360	222.0	235.0	233.8	235.0	13.0	-	1.2	1,398.5										
9	40,864,071	8,589,959,168	232.0	243.0	243.8	248.2	11.0	0.8	4.4	1,073.6						•	•	•	•	•
10	7,877,231	8,589,965,722	355.0	377.0	383.8	393.4	22.0	6.8	9.6	1,055.5										
11	32,549,335	8,589,960,806	208.0	223.0	224.2	227.2	15.0	1.2	3.0	1,176.6										
12	28,452,083	8,589,961,626	201.0	210.0	209.6	212.4	9.0	-	2.8	1,176.1										
13	23,582,188	8,589,963,264	76.0	95.0	90.4	93.4	19.0	-	3.0	1,268.5										
14	40,673,183	8,589,963,264	112.0	120.0	118.0	119.0	8.0	-	1.0	2,005.4										
15	32,907,950	8,589,966,541	66.0	78.0	77.2	78.2	12.0	-	1.0	1,830.9										
16	46,111,054	8,589,964,083	136.0	149.0	149.4	153.8	13.0	0.4	4.4	1,715.5										
17	12,171,646	2,100,996,506	219.0	228.0	229.0	229.0	9.0	1.0	-	273.7	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
18	44,138,443	8,589,981,286	126.0	131.0	130.0	134.0	5.0	-	4.0	1,555.5						•	•	•	•	•
19	36,871,526	8,589,971,456	248.0	259.0	260.8	263.0	11.0	1.8	2.2	1,321.0										
20	25,861,302	8,590,185,267	402.0	412.0	412.2	415.2	10.0	0.2	3.0	954.6										
21	52,759,862	8,589,966,541	115.0	119.0	119.4	121.2	4.0	0.4	1.8	1,578.6	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
22	13,547,770	8,589,964,902	176.0	201.0	194.8	198.2	25.0	-	3.4	1,679.8										
23	25,394,064	8,589,959,168	495.0	506.0	509.0	514.0	11.0	3.0	5.0	983.7										
24	29,773,083	8,589,964,902	390.0	401.0	400.2	404.6	11.0	-	4.4	1,552.2										
25	39,069,259	8,589,964,083	126.0	134.0	132.6	133.0	8.0	-	0.4	2,120.6	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
26	47,623,845	8,590,303,232	142.0	156.0	159.0	162.0	14.0	3.0	3.0	1,757.0										
27	43,324,553	8,589,964,083	116.0	121.0	119.0	120.2	5.0	-	1.2	2,381.0	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
28	44,241,325	8,589,964,902	91.0	93.0	93.8	95.0	2.0	0.8	1.2	2,531.1	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
29	45,693,311	8,590,012,416	131.0	146.0	142.6	147.8	15.0	-	5.2	1,911.4										
30	37,055,260	8,589,964,902	222.0	242.0	239.2	242.2	20.0	-	3.0	1,291.4										
31	26,047,382	8,590,313,882	172.0	194.0	189.8	195.6	22.0	-	5.8	1,140.2										
32	43,376,484	8,590,470,349	105.0	114.0	115.6	118.6	9.0	1.6	3.0	1,732.0										
33	46,292,637	8,589,962,445	129.0	142.0	140.4	142.4	13.0	-	2.0	1,600.8										
34	28,638,773	8,589,960,806	142.0	156.0	152.6	156.2	14.0	-	3.6	1,261.6										
35	30,761,208	8,589,964,083	135.0	145.0	141.8	143.6	10.0	-	1.8	2,239.7										
36	40,878,334	8,589,965,722	147.0	158.0	157.4	158.2	11.0	-	0.8	2,211.1	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
37	24,447,397	8,589,971,456	216.0	243.0	238.0	247.4	27.0	-	9.4	1,011.6										
38	28,491,779	3,417,407,488	87.0	90.0	91.8	95.0	3.0	1.8	3.2	739.1	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
39	23,173,035	8,589,964,083	246.0	250.0	250.8	252.8	4.0	0.8	2.0	1,446.7										
40	38,348,540	8,589,963,264	308.0	312.0	315.4	319.6	4.0	3.4	4.2	1,371.9										
41	29,896,454	8,590,232,781	158.0	175.0	173.8	175.0	17.0	-	1.2	1,266.2										
42	18,710,061	8,590,322,893	108.0	117.0	112.4	114.2	9.0	-	1.8	1,774.3										
43	64,224,410	8,900,096,819	129.0	139.0	144.0	139.0	10.0	5.0	-	1,710.0	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
44	61,366,199	8,589,967,360	199.0	203.0	205.0	207.0	4.0	2.0	2.0	1,603.0										
45	30,988,656	8,589,964,083	235.0	253.0	254.8	260.2	18.0	1.8	5.4	1,110.2	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
46	32,036,504	8,589,959,168	204.0	213.0	214.6	215.6	9.0	1.6	1.0	939.5										
47	38,564,587	8,589,962,445	204.0	204.0	209.0	212.0	-	5.0	3.0	1,069.2										
48	17,321,164	8,589,966,541	85.0	90.0	88.0	88.4	5.0	-	0.4	2,567.0	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
49	58,795,934	8,589,963,264	91.0	102.0	100.8	104.2	11.0	-	3.4	1,712.6										
50	38,627,506	8,589,963,264	99.0	113.0	112.6	114.0	14.0	-	1.4	1,462.6										
51	35,413,901	8,589,968,998	94.0	108.0	107.0	109.4	14.0	-	2.4	1,103.0										
52	38,869,334	8,589,966,541	124.0	126.0	126.0	126.0	2.0	-	-	1,791.2	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
53	30,707,283	8,589,963,264	235.0	248.0	246.8	250.2	13.0	-	3.4	1,196.5										
54	18,641,294	8,589,970,637	187.0	206.0	199.6	209.6	19.0	-	10.0	847.2										
55	47,316,068	8,589,964,083	136.0	148.0	150.0	153.0	12.0	2.0	3.0	1,221.5										
56	38,173,934	8,589,962,445	175.0	193.0	189.2	195.8	18.0	-	6.6	1,648.2										
57	24,642,900	8,589,962,445	200.0	214.0	209.6	216.4	14.0	-	6.8	1,009.4										
58	43,942,200	8,589,964,083	208.0	217.0	217.8	219.4	9.0	0.8	1.6	1,802.3	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
59	35,143,660	8,589,965,722	231.0	241.0	240.8	242.6	10.0	-	1.8	1,180.5										
60	41,950,014	8,590,561,280	146.0	154.0	153.2	156.0	8.0	-	2.8	1,662.6										
61	29,594,295	8,589,966,541	232.0	253.0	246.8	253.4	21.0	-	6.6	1,556.3										
62	37,882,233	8,589,961,626	229.0	239.0	241.0	247.0	10.0	2.0	6.0	1,162.3	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
63	36,598,288	8,590,027,162	100.0	106.0	104.2	104.4	6.0	-	0.2	1,871.4	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
64	29,607,359	8,589,976,371	355.0	369.0	371.0	373.0	14.0	2.0	2.0	1,180.8	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
65	36,312,550	8,589,964,902	225.0	242.0	242.2	247.0	17.0	0.2	4.8	1,113.6	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
66	11,267,754	8,589,984,563	191.0	202.0	202.2	205.6	11.0	0.2	3.4	888.5										
67	28,414,649	8,589,964,902	358.0	378.0	377.4	380.2	20.0	-	2.8	1,170.6	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
68	35,707,583	8,589,965,722	312.0	329.0	328.0	333.6	17.0	-	5.6	1,142.9	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
69	16,924,028	8,589,964,902	243.0	260.0	262.4	267.8	17.0	2.4	5.4	886.5										
70	30,567,680	8,589,969,818	323.0	333.0	335.6	337.0	10.0	2.6	1.4	1,118.2						•	•	•	•	•
71	44,035,480	8,589,960,806	128.0	141.0	138.2	140.8	13.0	-	2.6	1,827.7										
72	40,192,844	8,589,966,541	62.0	73.0	71.4	73														

#	Estados Expandidos	Memória	h^{PDB1}	h^{PDB2}	h^{PDB3}	h^{PDB4}	2C	3C	4C	Tempo	PRB ₂					PRB ₄				
											1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	4,021,944.0	897,285,324.8	93.8	101.2	103.8	101.4	7.4	2.6	-	113.3	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
2	55,868,950.6	8,506,050,969.6	125.4	134.4	134.6	136.0	9.0	0.2	1.4	3,625.9	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
3	47,727,182.2	7,287,830,118.4	113.6	120.2	123.4	124.0	6.6	3.2	0.6	3,632.5	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
4	9,824,830.0	3,113,652,224.0	120.4	125.8	126.2	126.8	5.4	0.4	0.6	3,605.4	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
5	35,727,342.4	6,412,016,844.8	127.2	140.8	149.2	145.0	13.6	8.4	-	3,620.3	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
6	60,906,341.0	8,589,959,168.0	99.2	107.8	110.0	111.0	8.6	2.2	1.0	3,380.1	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
7	36,724,318.0	5,956,987,289.6	77.2	82.6	90.2	90.4	5.4	7.6	0.2	3,623.4	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
8	9,607,104.8	3,477,109,145.6	221.2	232.4	233.6	234.4	11.2	1.2	0.8	3,607.5	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
9	23,917,828.0	5,092,229,120.0	231.6	242.6	244.6	248.2	11.0	2.0	3.6	3,615.9	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
10	1,348,069.2	4,195,010,150.4	353.0	371.8	383.0	389.4	18.8	11.2	6.4	3,601.2	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
11	19,284,254.0	5,412,587,929.6	209.2	221.8	228.6	231.6	12.6	6.8	3.0	3,611.6	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
12	11,985,493.0	4,390,103,449.6	199.8	208.8	210.4	211.8	9.0	1.6	1.4	3,610.7	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
13	11,487,168.4	5,026,507,161.6	81.8	93.4	98.4	98.8	11.6	5.0	0.4	3,611.7	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
14	10,641,763.6	3,656,864,563.2	110.2	117.4	119.0	116.6	7.2	1.6	-	3,606.8	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
15	15,827,676.0	4,384,938,393.6	57.4	68.6	69.2	69.8	11.2	0.6	0.6	3,610.5	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
16	20,391,139.2	4,208,540,876.8	136.4	147.2	150.4	152.6	10.8	3.2	2.2	3,612.6	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
17	12,171,646.0	2,076,542,566.4	221.8	226.8	229.8	227.4	5.0	3.0	-	495.8	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
18	26,732,295.8	5,663,144,345.6	124.2	129.0	131.0	132.2	4.8	2.0	1.2	3,618.5	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
19	13,948,933.8	4,884,346,470.4	283.0	294.0	297.0	298.0	11.0	3.0	1.0	3,609.8	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
20	6,965,096.8	4,624,877,158.4	355.2	370.2	372.6	373.4	15.0	2.4	0.8	3,606.2	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
21	29,131,597.8	5,103,310,438.4	116.6	121.0	121.4	123.8	4.4	0.4	2.4	3,615.5	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
22	2,261,207.0	4,053,450,752.0	175.0	198.2	198.2	198.0	23.2	-	-	3,602.3	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
23	10,361,346.4	4,670,508,236.8	282.4	290.4	293.6	297.4	8.0	3.2	3.8	3,607.2	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
24	5,778,837.0	4,057,002,803.2	287.0	293.6	293.6	295.0	6.6	-	1.4	3,603.4	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
25	10,991,322.2	4,201,878,323.2	112.8	119.2	118.8	118.8	6.4	-	-	3,606.3	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
26	31,775,843.4	6,038,554,214.4	142.6	152.2	163.4	166.4	9.6	11.2	3.0	3,622.5	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
27	8,943,770.4	3,232,335,462.4	120.6	125.8	124.8	124.8	5.2	-	-	3,605.7	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
28	10,222,933.2	3,146,298,163.2	90.6	92.6	94.0	94.4	2.0	1.4	0.4	3,605.4	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
29	18,359,603.6	4,211,362,201.6	130.8	143.2	142.0	145.2	12.4	-	3.2	3,610.1	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
30	13,205,383.0	4,095,467,520.0	221.4	237.0	245.0	242.4	15.6	8.0	-	3,607.4	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
31	7,919,170.0	3,303,284,736.0	94.2	99.6	100.2	101.6	5.4	0.6	1.4	3,605.0	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
32	22,170,944.6	4,533,040,742.4	104.2	112.0	116.4	119.4	7.8	4.4	3.0	3,614.0	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
33	18,662,232.4	4,276,248,576.0	129.2	140.0	140.8	142.6	10.8	0.8	1.8	3,611.5	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
34	14,346,946.0	4,798,523,801.6	141.4	153.6	158.0	157.0	12.2	4.4	-	3,613.1	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
35	9,433,023.8	4,119,973,068.8	138.0	142.2	142.6	143.2	4.2	0.4	0.6	3,604.8	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
36	8,849,000.0	3,383,645,798.4	136.2	139.8	140.8	141.4	3.6	1.0	0.6	3,604.9	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
37	6,207,535.8	3,390,767,923.2	169.6	184.0	191.4	190.4	14.4	7.4	-	3,605.1	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
38	28,491,779.0	3,246,898,380.8	86.0	89.8	93.6	94.6	3.8	3.8	1.0	1,267.2	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
39	4,235,467.0	3,681,066,188.8	245.2	249.4	251.0	251.2	4.2	1.6	0.2	3,603.3	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
40	16,033,690.0	4,231,613,644.8	214.2	215.2	218.8	220.6	1.0	3.6	1.8	3,610.3	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
41	20,101,193.6	5,377,014,169.6	155.0	163.8	168.0	169.8	8.8	4.2	1.8	3,613.1	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
42	3,016,786.0	3,068,353,740.8	132.4	141.6	143.6	144.4	9.2	2.0	0.8	3,603.4	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
43	50,577,576.6	7,079,811,481.6	132.0	142.0	148.2	143.2	10.0	6.2	-	3,626.4	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
44	54,537,136.8	7,357,735,731.2	196.2	200.2	202.2	204.2	4.0	2.0	2.0	3,623.1	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
45	12,069,813.8	4,171,159,961.6	237.6	252.4	255.8	260.4	14.8	3.4	4.6	3,610.9	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
46	17,042,274.4	4,740,646,028.8	202.0	211.8	215.0	216.0	9.8	3.2	1.0	3,614.1	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
47	18,073,049.6	4,176,697,753.6	202.0	202.0	207.0	210.0	-	5.0	3.0	3,610.9	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
48	3,226,971.2	1,973,134,950.4	64.0	67.4	66.6	66.4	3.4	-	-	3,602.1	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
49	40,605,038.0	6,317,721,190.4	88.2	99.8	102.8	104.4	11.6	3.0	1.6	3,620.3	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
50	18,913,922.4	5,135,862,988.8	153.6	173.4	174.2	175.4	19.8	0.8	1.2	3,609.6	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
51	21,587,174.0	5,220,934,451.2	96.2	105.6	109.4	111.4	9.4	3.8	2.0	3,615.9	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
52	9,404,883.4	3,892,610,662.4	128.0	131.2	130.8	131.0	3.2	-	0.2	3,605.1	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
53	10,649,454.0	4,062,277,632.0	235.8	246.8	249.8	249.6	11.0	3.0	-	3,607.9	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
54	7,281,250.2	4,331,724,800.0	186.0	198.8	205.6	204.6	12.8	6.8	-	3,608.7	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
55	22,857,130.8	5,127,288,422.4	128.6	138.4	146.2	146.8	9.8	7.8	0.6	3,613.4	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
56	14,051,370.0	4,104,845,721.6	173.8	186.8	188.6	191.6	13.0	1.8	3.0	3,610.0	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
57	9,468,488.0	4,262,314,803.2	198.6	210.0	209.4	214.8	11.4	-	5.4	3,608.6	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
58	10,901,264.4	4,690,642,534.4	165.2	175.2	179.6	180.0	10.0	4.4	0.4	3,609.4	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
59	10,244,575.4	3,519,521,587.2	231.0	239.4	239.4	242.4	8.4	-	3.0	3,607.5	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
60	20,716,376.8	4,813,510,246.4	144.0	149.0	154.2	156.0	5.0	5.2	1.8	3,614.0	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
61	4,858,865.8	3,593,595,289.6	240.2	253.8	257.0	261.4	13.6	3.2	4.4	3,604.5	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
62	13,841,395.8	3,961,624,166.4	227.6	237.6	239.6	245.0	10.0	2.0	6.0	3,609.5	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
63	8,744,281.2	3,416,578,457.6	92.2	97.8	97.4	98.2	5.6	-	0.8	3,605.2	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
64	11,597,634.2	4,170,071,244.8	356.6	370.2	372.2	374.2	13.6	2.0	2.0	3,610.7	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
65	13,499,270.4	4,432,848,486.4	213.4	225.2	229.0	233.0	11.8	3.8	4.0	3,609.6	•	•	•	•						

#	Estados Expandidos	Memória	h^{PDB1}	h^{PDB2}	h^{PDB3}	h^{PDB4}	2C	3C	4C	Tempo	PRB ₂					PRB ₄				
											1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	4,021,944.0	897,341,030.4	94.8	100.2	102.0	104.4	7.4	2.6	-	110.8	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
2	55,523,118.2	8,405,711,257.6	126.4	134.6	133.6	136.2	9.0	0.2	1.4	3,633.1	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
3	52,939,741.2	7,903,182,848.0	113.0	121.2	122.4	125.0	6.6	3.2	0.6	3,632.5	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
4	12,260,454.4	3,448,884,428.8	144.6	150.8	149.8	151.2	5.4	0.4	0.6	3,606.7	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
5	45,793,676.2	7,543,459,840.0	127.8	141.4	145.4	149.6	13.6	8.4	-	3,629.0	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
6	60,801,094.2	8,589,959,168.0	99.0	106.8	109.0	111.2	8.6	2.2	1.0	3,392.2	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
7	49,466,917.2	8,589,959,168.0	74.4	81.8	82.2	93.2	5.4	7.6	0.2	3,451.3	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
8	11,024,273.2	3,851,762,892.8	219.2	230.8	231.6	235.4	11.2	1.2	0.8	3,607.9	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
9	29,268,694.6	5,835,712,921.6	227.4	237.6	237.6	249.2	11.0	2.0	3.6	3,618.5	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
10	1,901,615.6	4,491,157,504.0	351.4	369.4	379.6	389.8	18.8	11.2	6.4	3,602.1	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
11	21,773,660.6	5,669,592,268.8	179.8	190.0	194.8	201.4	12.6	6.8	3.0	3,616.1	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
12	14,592,995.0	4,947,386,368.0	200.0	209.2	209.0	212.4	9.0	1.6	1.4	3,612.2	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
13	14,253,151.2	5,516,097,945.6	124.2	133.8	138.6	145.0	11.6	5.0	0.4	3,613.0	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
14	11,272,992.0	3,809,157,939.2	122.8	129.8	129.0	131.0	7.2	1.6	-	3,606.8	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
15	18,143,921.4	4,893,015,244.8	71.6	81.8	82.0	86.0	11.2	0.6	0.6	3,611.7	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
16	24,541,683.6	4,847,270,297.6	135.0	145.0	148.0	154.6	10.8	3.2	2.2	3,613.1	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
17	12,171,646.0	2,076,138,105.6	217.8	222.8	222.0	229.0	5.0	3.0	-	381.4	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
18	33,649,900.4	6,737,652,121.6	115.8	121.4	121.8	129.8	4.8	2.0	1.2	3,619.5	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
19	16,520,097.6	5,470,856,806.4	282.0	292.2	294.4	297.0	11.0	3.0	1.0	3,611.6	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
20	9,718,484.4	4,739,322,675.2	348.4	354.6	358.8	362.4	15.0	2.4	0.8	3,606.7	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
21	35,808,465.2	6,382,062,796.8	114.2	118.2	119.2	121.2	4.4	0.4	2.4	3,619.8	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
22	2,970,790.0	4,136,974,745.6	178.0	201.8	200.8	204.4	23.2	-	-	3,602.7	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
23	14,773,857.6	4,548,471,193.6	198.2	202.8	203.4	205.6	8.0	3.2	3.8	3,608.2	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
24	7,007,716.6	4,311,467,622.4	310.0	316.6	316.6	319.4	6.6	-	1.4	3,604.4	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
25	12,916,650.4	4,500,821,606.4	128.6	136.8	135.8	138.2	6.4	-	-	3,607.1	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
26	39,137,893.2	7,734,232,678.4	130.4	144.0	148.4	169.8	9.6	11.2	3.0	3,625.7	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
27	11,772,638.8	3,664,982,016.0	120.6	125.4	124.2	126.0	5.2	-	-	3,606.7	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
28	14,016,536.8	3,652,719,411.2	90.4	92.8	93.6	94.8	2.0	1.4	0.4	3,607.6	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
29	23,600,778.6	4,735,281,561.6	117.0	128.2	126.0	134.8	12.4	-	3.2	3,611.6	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
30	15,488,601.2	4,699,031,142.4	220.2	237.4	235.0	252.0	15.6	8.0	-	3,610.4	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
31	10,534,473.4	4,036,858,675.2	119.0	128.2	128.8	132.6	5.4	0.6	1.4	3,607.5	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
32	20,528,946.0	4,255,858,688.0	105.2	112.6	114.6	120.2	7.8	4.4	3.0	3,612.1	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
33	22,454,178.0	4,793,538,150.4	126.2	138.4	138.4	143.4	10.8	0.8	1.8	3,613.3	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
34	18,444,421.0	5,932,625,920.0	138.6	149.2	152.4	163.0	12.2	4.4	-	3,616.5	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
35	12,215,624.6	4,790,371,123.2	158.6	163.2	162.2	163.8	4.2	0.4	0.6	3,607.7	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
36	11,889,023.0	3,820,265,472.0	134.4	139.8	138.6	141.8	3.6	1.0	0.6	3,605.9	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
37	7,703,323.2	4,029,684,940.8	199.4	213.4	214.8	227.2	14.4	7.4	-	3,605.7	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
38	28,491,779.0	3,245,817,856.0	86.2	90.0	92.0	95.0	3.8	3.8	1.0	1,019.7	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
39	5,388,741.6	3,999,269,683.2	245.4	249.6	250.2	253.8	4.2	1.6	0.2	3,604.3	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
40	19,867,486.6	4,569,178,112.0	201.6	203.4	205.6	210.2	1.0	3.6	1.8	3,610.9	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
41	22,928,470.8	6,286,698,086.4	161.4	170.6	172.2	179.0	8.8	4.2	1.8	3,618.2	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
42	3,977,390.0	3,274,859,315.2	139.4	149.2	148.2	156.2	9.2	2.0	0.8	3,604.4	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
43	59,570,743.4	8,207,612,313.6	132.2	138.6	142.8	145.8	10.0	6.2	-	3,336.0	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
44	60,738,749.6	8,347,643,904.0	166.8	170.8	172.8	174.8	4.0	2.0	2.0	3,216.3	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
45	17,549,381.6	5,441,546,649.6	237.0	248.6	251.2	261.0	14.8	3.4	4.6	3,614.9	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
46	21,046,665.8	5,330,985,779.2	196.6	206.0	207.2	213.8	9.8	3.2	1.0	3,613.3	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
47	23,186,675.8	4,638,666,752.0	193.8	193.8	198.8	201.8	-	5.0	3.0	3,613.8	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
48	3,883,178.8	2,303,146,393.6	77.6	81.6	80.2	81.2	3.4	-	-	3,602.7	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
49	50,849,775.8	7,548,701,081.6	89.6	101.0	101.6	106.2	11.6	3.0	1.6	3,627.0	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
50	21,209,470.0	5,506,725,478.4	102.4	114.8	116.2	118.8	19.8	0.8	1.2	3,611.4	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
51	25,696,152.0	6,098,519,654.4	95.4	107.2	108.4	112.8	9.4	3.8	2.0	3,618.8	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
52	13,738,422.2	4,662,743,040.0	135.0	138.8	138.2	138.8	3.2	-	0.2	3,606.5	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
53	12,922,430.8	4,704,253,542.4	236.2	246.8	248.4	253.0	11.0	3.0	-	3,609.6	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
54	8,593,681.6	4,993,016,627.2	186.0	201.6	200.0	212.2	12.8	6.8	-	3,610.9	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
55	27,587,778.0	6,123,322,572.8	136.4	143.4	149.2	154.0	9.8	7.8	0.6	3,616.7	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
56	17,503,954.8	4,582,467,174.4	171.2	184.2	186.0	193.0	13.0	1.8	3.0	3,610.9	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
57	11,086,593.2	4,950,151,987.2	199.8	210.4	208.8	216.4	11.4	-	5.4	3,610.7	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
58	13,208,557.2	5,257,507,635.2	172.6	179.8	181.0	187.2	10.0	4.4	0.4	3,612.4	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
59	14,233,317.8	4,615,574,323.2	228.2	237.8	238.4	246.6	8.4	-	3.0	3,610.0	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
60	26,367,617.4	5,836,488,704.0	144.8	149.8	152.2	159.6	5.0	5.2	1.8	3,616.7	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
61	5,876,818.8	4,051,256,934.4	238.0	252.8	251.2	264.0	13.6	3.2	4.4	3,607.1	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
62	16,446,527.0	4,542,930,944.0	229.0	239.0	241.0	247.0	10.0	2.0	6.0	3,610.6	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
63	10,915,962.8	4,155,722,956.8	136.2	143.8	143.8	147.2	5.6	-	0.8	3,607.4	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
64	13,591,791.2	4,818,940,723.2	351.6	366.4	366.4	373.6	13.6	2.0	2.0	3,612.4	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
65	16,599,418.2	4,941,601,177.6	206.4	216.2	219.2	226.8	11.8	3.8	4.0	3,610.4										

#	Estados Expandidos	Memória	h^{PDB1}	h^{PDB2}	h^{PDB3}	h^{PDB4}	2C	3C	4C	Tempo	PRB ₂					PRB ₄				
											1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	4,021,944.0	905,678,848.0	93.0	102.0	103.0	101.8	9.0	1.0	-	77.3	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
2	48,952,650.8	8,590,220,492.8	126.0	135.0	134.0	135.8	9.0	-	1.8	1,288.0	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
3	57,949,971.2	8,589,970,636.8	113.0	122.0	122.8	125.0	9.0	0.8	2.2	1,750.2	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
4	39,709,116.4	8,589,963,264.0	157.0	164.0	160.8	162.2	7.0	-	1.4	2,294.2										
5	47,876,130.8	8,589,959,987.2	131.0	145.0	144.6	146.4	14.0	-	1.8	1,222.2	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
6	61,101,626.8	8,589,959,168.0	98.0	109.0	110.0	111.0	11.0	1.0	1.0	1,736.9	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
7	49,508,787.2	8,590,069,760.0	80.0	89.0	87.4	89.6	9.0	-	2.2	1,474.7	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
8	30,966,652.4	8,589,961,625.6	222.0	235.0	235.0	234.4	13.0	-	-	1,348.6										
9	41,799,727.6	8,589,964,902.4	155.0	165.0	161.8	163.8	10.0	-	2.0	1,778.2	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
10	7,114,388.0	8,683,273,420.8	358.0	380.0	386.4	394.2	22.0	6.4	7.8	875.0										
11	36,470,487.4	8,590,322,892.8	204.0	223.0	221.8	225.2	19.0	-	3.4	1,210.2	•	•	•	•	•					
12	26,480,922.4	8,589,963,264.0	201.0	210.0	209.6	212.8	9.0	-	3.2	1,246.1										
13	20,348,475.6	8,589,962,444.8	198.0	210.0	215.4	220.8	12.0	5.4	5.4	1,053.8										
14	32,653,950.0	8,590,059,929.6	258.0	269.0	268.6	272.0	11.0	-	3.4	1,459.6										
15	32,549,006.0	8,589,967,360.0	61.0	78.0	72.4	77.2	17.0	-	4.8	1,830.1										
16	45,566,277.8	8,589,963,264.0	136.0	149.0	149.0	153.4	13.0	-	4.4	1,694.0										
17	12,171,646.0	2,099,956,121.6	219.0	228.0	229.0	228.2	9.0	1.0	-	242.3	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
18	49,060,590.4	8,589,961,625.6	118.0	127.0	125.2	126.8	9.0	-	1.6	1,675.9										
19	31,564,420.4	8,590,315,520.0	286.0	299.0	299.6	301.8	13.0	0.6	2.2	1,058.1						•	•	•	•	•
20	29,462,800.2	8,590,193,459.2	399.0	407.0	406.8	410.4	8.0	-	3.6	953.3										
21	52,415,689.0	8,589,964,083.2	115.0	119.0	119.4	121.4	4.0	0.4	2.0	1,550.4	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
22	13,147,621.8	8,589,972,275.2	175.0	201.0	191.0	198.4	26.0	-	7.4	1,506.3										
23	21,588,946.8	8,589,963,264.0	495.0	506.0	509.0	514.0	11.0	3.0	5.0	899.1										
24	31,890,694.4	8,589,959,168.0	258.0	263.0	262.4	263.8	5.0	-	1.4	1,723.9	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
25	35,105,302.8	8,589,968,998.4	126.0	134.0	132.4	133.4	8.0	-	1.0	1,733.6	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
26	40,027,670.8	8,589,963,264.0	144.0	158.0	159.2	163.0	14.0	1.2	3.8	1,547.4										
27	43,314,374.8	8,585,461,760.0	116.0	121.0	119.2	121.0	5.0	-	1.8	2,656.0	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
28	44,213,623.0	8,589,961,625.6	89.0	93.0	93.4	93.6	4.0	0.4	0.2	2,542.6	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
29	49,320,976.6	8,589,968,179.2	115.0	127.0	123.0	127.8	12.0	-	4.8	2,100.6										
30	36,997,882.4	8,589,968,998.4	222.0	242.0	238.4	241.4	20.0	-	3.0	1,284.6										
31	25,579,351.0	8,589,964,902.4	172.0	194.0	187.8	196.4	22.0	-	8.6	1,141.6										
32	43,102,004.8	8,589,963,264.0	103.0	114.0	114.4	118.0	11.0	0.4	3.6	1,715.0										
33	46,654,082.2	8,589,964,902.4	129.0	142.0	140.8	142.2	13.0	-	1.4	1,596.7										
34	27,159,297.2	8,589,960,806.4	140.0	156.0	150.8	154.6	16.0	-	3.8	1,121.1										
35	38,232,794.2	8,589,962,444.8	141.0	147.0	145.8	147.2	6.0	-	1.4	2,677.5	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
36	40,851,523.6	8,589,966,540.8	147.0	158.0	157.2	158.6	11.0	-	1.4	2,209.5	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
37	22,589,446.0	8,839,657,881.6	203.0	231.0	225.8	237.8	28.0	-	12.0	1,115.3										
38	28,491,779.0	3,413,466,316.8	85.0	90.0	92.0	95.0	5.0	2.0	3.0	738.1	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
39	20,897,126.6	8,590,367,948.8	322.0	328.0	329.4	333.4	6.0	1.4	4.0	2,395.5										
40	39,534,976.8	8,589,968,179.2	308.0	312.0	315.8	319.2	4.0	3.8	3.4	1,259.2										
41	29,962,669.8	8,589,964,083.2	158.0	175.0	172.6	177.8	17.0	-	5.2	1,223.1										
42	12,694,252.4	8,589,968,179.2	120.0	129.0	125.8	128.6	9.0	-	2.8	1,384.0										
43	64,008,911.0	8,906,689,740.8	129.0	139.0	144.0	139.0	10.0	5.0	-	1,711.3	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
44	64,488,943.4	8,589,964,902.4	187.0	191.0	193.0	195.0	4.0	2.0	2.0	1,716.2										
45	30,231,620.0	8,589,960,806.4	231.0	253.0	251.6	256.6	22.0	-	5.0	1,114.7						•	•	•	•	•
46	30,942,700.6	8,590,076,313.6	198.0	213.0	211.4	214.0	15.0	-	2.6	928.3										
47	40,047,028.8	8,590,585,036.8	202.0	202.0	207.0	210.0	-	5.0	3.0	1,183.5										
48	30,847,612.4	8,589,982,924.8	75.0	80.0	77.6	78.2	5.0	-	0.6	3,000.9	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
49	58,309,444.0	8,589,964,902.4	91.0	104.0	101.6	103.6	13.0	-	2.0	1,672.5										
50	37,674,336.2	8,589,966,540.8	99.0	113.0	112.2	113.2	14.0	-	1.0	1,445.8										
51	33,568,781.6	8,590,304,051.2	94.0	108.0	107.4	109.6	14.0	-	2.2	1,073.3										
52	37,080,152.8	8,589,962,444.8	147.0	153.0	152.0	153.0	6.0	-	1.0	2,447.5	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
53	26,780,738.6	8,590,113,996.8	236.0	249.0	249.4	251.2	13.0	0.4	1.8	1,090.3									•	
54	17,740,901.4	8,590,100,070.4	187.0	206.0	199.6	209.6	19.0	-	10.0	904.1										
55	47,207,720.4	8,589,964,902.4	136.0	148.0	150.8	154.0	12.0	2.8	3.2	1,231.4										
56	40,311,026.8	8,589,966,540.8	178.0	191.0	191.2	195.2	13.0	0.2	4.0	1,512.8										
57	23,498,415.8	8,590,029,619.2	200.0	214.0	209.8	217.2	14.0	-	7.4	987.6										
58	43,784,691.4	8,589,961,625.6	206.0	217.0	217.2	218.0	11.0	0.2	0.8	1,800.6	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
59	32,359,016.0	8,589,962,444.8	234.0	245.0	241.8	247.0	11.0	-	5.2	1,259.5										
60	41,007,317.0	8,589,966,540.8	146.0	154.0	153.4	156.0	8.0	-	2.6	1,476.7										
61	19,599,668.0	8,816,027,238.4	233.0	258.0	248.2	256.8	25.0	-	8.6	1,244.9										
62	36,716,877.4	8,589,965,721.6	229.0	239.0	240.6	247.0	10.0	1.6	6.4	1,158.9	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
63	34,954,980.0	8,589,968,998.4	100.0	106.0	104.6	104.4	6.0	-	-	1,884.4	•	•	•	•	•					
64	28,753,816.4	8,589,971,456.0	355.0	369.0	371.0	373.0	14.0	2.0	2.0	1,049.7	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
65	34,154,084.8	8,589,966,540.8	225.0	242.0	243.8	248.2	17.0	1.8	4.4	1,128.2	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
66	13,304,339.8	8,589,964,902.4	193.0	208.0	207.6	211.6	15.0	-	4.0	836.2										
67	27,818,816.0	8,589,964,083.2	358.0	378.0	377.8	379.8	20.0	-	2.0	1,307.1	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
68	35,986,490.4	8,589,962,444.8	310.0	329.0	329.6	333.2	19.0	0.6	3.6	1,171.1	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
69	16,166,617.2	8,589,964,083.2	243.0	260.0	262.8	268.6	17.0	2.8	5.8	867.4										
70	30,049,491.8	8,589,964,083.2	320.0	333.0	334.4	336.2	13.0	1.4</												

#	Estados Expandidos	Memória	h^{PDB1}	h^{PDB2}	h^{PDB3}	h^{PDB4}	2C	3C	4C	Tempo	PRB ₂					PRB ₄				
											1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	4,021,944.0	905,153,740.8	93.0	100.8	103.8	103.4	7.8	3.0	-	132.4	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
2	48,761,569.2	7,807,930,368.0	125.6	133.4	134.4	135.0	7.8	1.0	0.6	3,635.7	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
3	39,524,894.0	6,293,929,164.8	113.2	120.2	123.4	123.6	7.0	3.2	0.2	3,627.5		•	•	•	•	•	•	•	•	•
4	8,756,349.0	3,040,506,675.2	143.2	149.8	150.6	151.0	6.6	0.8	0.4	3,604.9	•	•		•	•	•	•	•	•	•
5	32,733,071.0	5,734,989,004.8	125.4	139.8	149.0	148.4	14.4	9.2	-	3,624.0						•	•	•	•	•
6	49,485,596.6	7,829,277,900.8	98.6	106.0	110.2	110.8	7.4	4.2	0.6	3,638.3	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
7	35,155,541.4	6,459,386,265.6	74.0	80.6	89.8	91.2	6.6	9.2	1.4	3,630.1	•	•		•				•	•	•
8	7,722,354.2	3,246,970,470.4	222.4	232.4	234.2	234.0	10.0	1.8	-	3,605.9				•	•				•	•
9	22,366,553.4	4,818,331,238.4	231.8	242.4	244.4	248.0	10.6	2.0	3.6	3,614.9	•	•	•			•	•	•		•
10	1,464,751.2	4,219,562,393.6	345.8	363.8	376.0	381.6	18.0	12.2	5.6	3,601.3										
11	17,071,464.8	5,172,749,926.4	212.8	221.8	229.0	231.6	9.0	7.2	2.6	3,613.3		•								
12	10,718,900.6	4,241,180,262.4	199.6	208.8	210.0	211.4	9.2	1.2	1.4	3,611.0										
13	9,823,901.8	4,694,183,936.0	116.2	124.4	128.8	129.8	8.2	4.4	1.0	3,611.7										
14	9,004,517.4	3,363,009,331.2	156.0	163.0	163.2	164.4	7.0	0.2	1.2	3,605.6										
15	13,693,267.6	4,019,596,492.8	70.0	80.2	83.4	83.0	10.2	3.2	-	3,610.0										
16	18,841,004.4	4,107,916,083.2	130.0	141.4	146.2	148.4	11.4	4.8	2.2	3,612.9										
17	12,171,646.0	2,101,805,056.0	218.6	225.2	229.8	225.8	6.6	4.6	-	493.4	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
18	23,970,357.2	5,112,116,019.2	122.4	127.4	128.8	130.2	5.0	1.4	1.4	3,620.4										
19	11,882,896.2	4,392,223,539.2	272.8	283.4	286.4	287.4	10.6	3.0	1.0	3,609.4										
20	6,587,689.2	4,537,823,232.0	346.8	362.2	374.0	370.2	15.4	11.8	-	3,605.9			•							
21	25,881,667.4	4,836,406,886.4	113.8	118.2	119.4	120.6	4.4	1.2	1.2	3,618.0	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
22	2,048,726.2	4,006,776,832.0	179.2	198.4	202.4	201.8	19.2	4.0	-	3,602.3										
23	11,038,875.0	4,124,163,276.8	221.0	226.6	230.2	231.2	5.6	3.6	1.0	3,606.8	•			•	•					
24	5,519,817.0	3,982,954,496.0	322.6	331.4	331.2	333.2	8.8	-	2.0	3,603.0			•							
25	10,347,301.8	4,076,774,195.2	127.8	137.2	137.0	135.6	9.4	-	-	3,606.4	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
26	26,002,362.6	5,104,971,776.0	136.8	146.8	163.6	163.8	10.0	16.8	0.2	3,620.8				•						
27	7,491,438.0	2,992,030,515.2	119.6	124.2	123.6	124.6	4.6	-	1.0	3,604.3	•	•	•	•	•			•	•	•
28	9,152,884.8	3,026,796,544.0	90.2	92.2	93.4	93.6	2.0	1.2	0.2	3,605.3	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
29	16,005,037.8	3,741,930,291.2	106.2	115.8	116.2	119.4	9.6	0.4	3.2	3,609.7										
30	12,041,667.6	3,906,029,158.4	205.2	222.8	232.0	232.6	17.6	9.2	0.6	3,607.9										
31	7,689,144.0	3,365,188,403.2	116.0	124.2	125.6	128.0	8.2	1.4	2.4	3,605.5	•		•			•		•	•	
32	18,953,887.6	4,061,611,622.4	105.0	113.6	116.0	119.6	8.6	2.4	3.6	3,612.6										
33	16,083,458.0	4,011,547,852.8	128.8	140.8	141.8	143.4	12.0	1.0	1.6	3,612.0										
34	13,247,645.2	4,852,487,782.4	138.2	147.0	158.0	155.0	8.8	11.0	-	3,612.9										
35	8,749,965.0	3,991,248,896.0	131.0	135.2	135.2	135.0	4.2	-	-	3,605.5	•	•	•	•	•	•				
36	7,518,471.6	3,147,170,611.2	135.0	139.8	141.4	141.6	4.8	1.6	0.2	3,603.8	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
37	5,788,147.0	3,360,134,758.4	179.2	191.8	195.4	198.8	12.6	3.6	3.4	3,604.4	•					•		•	•	•
38	28,491,779.0	3,416,048,435.2	83.0	87.0	93.2	93.4	4.0	6.2	0.2	1,571.6	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
39	3,718,215.8	3,514,703,872.0	244.6	249.0	250.8	252.8	4.4	1.8	2.0	3,603.2										
40	14,539,183.2	3,984,929,587.2	219.8	221.4	225.2	226.8	1.6	3.8	1.6	3,609.8										
41	15,319,739.6	4,779,945,984.0	163.2	169.8	174.0	175.2	6.6	4.2	1.2	3,612.2				•						•
42	3,082,410.0	2,937,547,980.8	147.4	157.0	160.2	161.0	9.6	3.2	0.8	3,603.6										
43	39,988,838.4	6,387,283,558.4	134.4	144.0	150.2	146.4	9.6	6.2	-	3,623.0				•	•				•	•
44	46,491,616.0	6,710,043,443.2	182.4	186.4	188.4	190.4	4.0	2.0	2.0	3,620.6										
45	11,878,525.0	3,849,395,404.8	232.2	250.2	253.2	258.2	18.0	3.0	5.0	3,610.4				•	•	•	•	•	•	•
46	15,672,800.0	4,516,723,097.6	201.8	210.4	214.4	214.6	8.6	4.0	0.2	3,611.8										
47	17,203,802.6	4,008,180,121.6	202.4	202.4	207.4	210.4	-	5.0	3.0	3,611.2										
48	3,380,617.8	1,938,006,128.0	64.0	67.0	66.2	66.6	3.0	-	0.4	3,602.0	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
49	33,740,620.4	5,498,629,324.8	87.6	98.8	102.8	103.0	11.2	4.0	0.2	3,619.5										
50	16,581,329.2	4,918,761,881.6	124.8	132.4	133.4	134.8	7.6	1.0	1.4	3,610.5	•	•	•	•	•					
51	18,908,503.4	4,917,388,083.2	95.0	105.0	110.0	111.0	10.0	5.0	1.0	3,615.9	•					•				
52	11,098,348.6	4,195,265,740.8	128.8	130.8	133.2	130.4	2.0	2.4	-	3,605.7	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
53	8,405,035.0	3,582,633,574.4	235.0	245.6	249.2	249.0	10.6	3.6	-	3,607.6										
54	5,980,462.4	4,012,333,465.6	183.0	197.8	205.8	207.0	14.8	8.0	1.2	3,607.8										
55	19,110,016.4	5,023,137,792.0	129.6	138.4	146.0	148.0	8.8	7.6	2.0	3,614.9										
56	13,133,966.0	3,791,289,548.8	175.0	188.4	191.2	193.8	13.4	2.8	2.6	3,609.0										
57	8,132,654.2	4,159,928,729.6	198.4	208.6	209.8	213.8	10.2	1.2	4.0	3,608.6										
58	11,590,203.6	4,318,871,552.0	154.6	162.0	164.8	163.2	7.4	2.8	-	3,608.3				•					•	
59	10,237,132.0	3,629,453,312.0	231.4	239.8	240.2	241.4	8.4	0.4	1.2	3,608.3										
60	17,652,411.6	4,520,755,200.0	145.4	149.4	156.0	159.0	4.0	6.6	3.0	3,614.4										
61	4,086,744.8	3,494,515,507.2	236.6	254.4	257.6	260.0	17.8	3.2	2.4	3,605.5										
62	11,671,683.6	3,704,057,856.0	228.6	238.2	240.2	246.2	9.6	2.0	6.0	3,607.9	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
63	8,087,761.0	3,311,187,558.4	97.6	103.6	104.0	105.2	6.0	0.4	1.2	3,604.9			•							
64	10,484,361.2	4,122,322,534.4	357.4	368.2	373.4	373.8	10.8	5.2	0.4	3,609.6				•						•
65	12,380,322.4	4,275,293,388.8	221.8	231.2	236.6	239.0	9.4	5.4	2.4	3,610.0	•			•	•	•	•		•	•
66	2,883,990.0	4,215,570,432.0	185.2	195.2	202.0	201.2	10.0	6.8	-	3,606.4										
67	7,778,687.0	3,145,529,753.6	254.6	263.6	266.2	267.2	9.0	2.6	1.0	3,605.5	•	•		•		•	•	•	•	
68	13,468,775.0	4,134,503,219.2	256.6	266.4	269.8	273.0	9.8	3.4	3.2	3,608.4								•	•	•
69	4,673,487.6	3,985,857,740.8	237.4	251.2	264.0	264.2	13.8	12.8	0.2	3,605.7										
70	9,389,555.8	3,675,244,134.4	318.8	328.2	331.2	332.2	9.4	3.0	1.0	3,606.1</										

#	Estados Expandidos	Memória	h^{PDB1}	h^{PDB2}	h^{PDB3}	h^{PDB4}	2C	3C	4C	Tempo	PRB ₂					PRB ₄				
											1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	4,021,944.0	907,258,265.6	28.8	29.8	29.8	47.8	1.0	-	18.0	160.8	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
2	21,284,478.6	6,703,080,243.2	95.2	103.2	100.6	111.8	8.0	-	11.2	3,621.9	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
3	26,296,006.4	5,319,032,832.0	63.8	69.2	69.2	84.2	5.4	-	15.0	3,618.9	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
4	4,416,478.4	2,488,927,027.2	126.0	130.2	129.2	139.6	4.2	-	10.4	3,603.0	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
5	16,129,893.0	4,663,952,998.4	93.4	103.0	100.2	114.2	9.6	-	14.0	3,613.6						•		•	•	
6	30,712,018.6	5,939,097,600.0	66.2	72.6	72.8	90.6	6.4	0.2	17.8	3,620.9	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
7	19,650,337.0	5,536,297,779.2	59.8	68.0	65.6	83.2	8.2	-	17.6	3,621.2		•	•	•	•					
8	1,770,076.8	3,097,679,462.4	99.8	113.8	108.4	118.8	14.0	-	10.4	3,604.4										
9	8,543,020.8	3,974,803,456.0	151.4	158.6	157.6	170.6	7.2	-	13.0	3,609.8	•			•		•	•	•	•	
10	299,339.6	4,059,675,033.6	90.6	101.0	96.4	106.0	10.4	-	9.6	3,600.9										
11	6,463,220.2	3,977,495,347.2	110.0	117.0	116.4	132.8	7.0	-	16.4	3,607.6		•						•		
12	2,211,460.8	3,455,781,273.6	130.2	140.2	138.0	147.4	10.0	-	9.4	3,606.3										
13	3,678,103.8	3,538,151,014.4	71.8	78.6	75.6	90.8	6.8	-	15.2	3,605.6										
14	3,158,355.8	3,117,703,987.2	158.6	168.8	165.0	172.2	10.2	-	7.2	3,603.6										
15	4,770,980.0	3,294,929,715.2	55.6	61.0	60.2	73.0	5.4	-	12.8	3,605.7										
16	9,864,664.6	3,197,292,544.0	99.4	105.6	107.0	122.6	6.2	1.4	15.6	3,607.8										
17	12,171,646.0	2,078,600,396.8	112.0	118.2	118.8	140.4	6.2	0.6	21.6	552.6	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
18	11,357,759.8	4,593,844,224.0	69.4	76.4	74.2	97.4	7.0	-	23.2	3,611.9										
19	3,281,802.2	3,822,548,582.4	178.4	189.2	187.2	200.2	10.8	-	13.0	3,605.3						•	•	•	•	
20	2,546,735.4	3,938,064,793.6	120.8	144.8	127.0	147.4	24.0	-	20.4	3,603.3										
21	13,187,860.4	4,031,009,587.2	64.2	70.2	69.8	82.4	6.0	-	12.6	3,610.8	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
22	321,179.4	3,772,181,708.8	63.2	76.6	71.0	79.2	13.4	-	8.2	3,601.4										
23	3,304,489.0	3,790,666,137.6	150.2	158.0	156.4	170.2	7.8	-	13.8	3,604.0		•		•	•				•	
24	2,049,782.2	3,711,817,318.4	134.6	143.4	138.2	147.2	8.8	-	9.0	3,602.1		•						•		
25	4,318,928.4	3,613,618,995.2	90.2	111.0	100.2	118.0	20.8	-	17.8	3,603.4	•		•	•	•	•		•	•	•
26	15,008,042.2	4,395,025,203.2	86.6	95.6	95.6	130.8	9.0	-	35.2	3,611.5										
27	4,125,941.2	2,672,527,769.6	78.0	86.4	82.8	92.4	8.4	-	9.6	3,603.0	•	•	•	•	•			•	•	•
28	3,604,969.8	2,630,572,441.6	44.4	56.2	47.2	61.8	11.8	-	14.6	3,603.3	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
29	9,579,453.2	2,931,630,080.0	68.0	76.6	74.0	90.0	8.6	-	16.0	3,605.3										
30	6,083,613.8	3,161,606,553.6	125.4	135.6	133.0	156.8	10.2	-	23.8	3,604.2								•		
31	3,263,522.4	2,917,297,356.8	48.8	54.6	53.6	65.0	5.8	-	11.4	3,603.1	•			•					•	
32	8,855,059.2	3,296,191,283.2	69.2	77.0	77.0	88.4	7.8	-	11.4	3,608.2			•							
33	5,908,224.4	3,044,972,953.6	90.4	105.8	101.2	115.2	15.4	-	14.0	3,606.8					•					
34	6,135,326.6	3,480,556,339.2	103.2	110.8	110.6	126.6	7.6	-	16.0	3,607.9										•
35	4,108,315.0	3,671,486,464.0	76.4	82.0	80.0	88.4	5.6	-	8.4	3,603.2	•		•		•					
36	4,051,732.4	2,940,175,155.2	67.6	71.2	70.2	84.8	3.6	-	14.6	3,602.7		•	•	•	•			•	•	•
37	2,317,244.2	2,979,798,220.8	111.8	123.2	117.2	128.4	11.4	-	11.2	3,602.6										
38	28,491,779.0	3,302,168,985.6	33.8	37.0	38.4	63.0	3.2	1.4	24.6	1,767.2	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
39	1,552,451.0	3,301,907,660.8	145.8	152.0	149.8	160.0	6.2	-	10.2	3,601.8										
40	8,075,173.6	3,086,838,988.8	110.4	110.8	112.0	127.6	0.4	1.2	15.6	3,605.3	•	•	•		•			•		
41	10,441,800.8	3,789,862,502.4	103.2	111.0	110.2	140.6	7.8	-	30.4	3,606.7								•		
42	584,846.2	2,512,351,232.0	83.8	92.2	88.2	97.6	8.4	-	9.4	3,602.1										
43	20,875,038.4	6,526,100,275.2	71.0	76.0	76.6	95.2	5.0	0.6	18.6	3,619.1					•					•
44	26,490,408.0	5,445,253,529.6	85.6	91.0	91.4	108.2	5.4	0.4	16.8	3,615.0										
45	4,112,160.2	2,973,870,489.6	122.4	131.4	128.2	142.2	9.0	-	14.0	3,605.7						•	•	•	•	•
46	4,578,847.6	3,681,887,027.2	148.0	159.6	157.4	171.0	11.6	-	13.6	3,607.2										
47	7,461,603.8	3,002,825,932.8	116.6	121.2	120.4	132.6	4.6	-	12.2	3,606.8										
48	1,698,651.6	1,613,373,440.0	44.0	48.0	45.6	50.8	4.0	-	5.2	3,601.3	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
49	17,549,263.0	4,790,896,230.4	63.0	70.0	67.6	88.0	7.0	-	20.4	3,613.3										
50	10,462,657.4	3,975,335,116.8	56.8	71.2	63.2	88.2	14.4	-	25.0	3,605.6	•	•	•	•	•					
51	6,706,447.2	3,606,324,019.2	59.6	67.8	67.6	85.6	8.2	-	18.0	3,608.7										
52	5,490,636.4	3,650,425,651.2	86.4	90.2	89.4	101.0	3.8	-	11.6	3,603.4	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
53	2,753,929.6	3,394,689,433.6	152.4	161.0	161.4	172.4	8.6	0.4	11.0	3,605.2										
54	2,505,610.0	3,242,573,824.0	94.4	112.6	106.6	124.8	18.2	-	18.2	3,604.8										
55	5,484,522.6	4,241,078,681.6	94.2	102.8	103.2	123.0	8.6	0.4	19.8	3,608.3										
56	4,328,745.8	3,258,777,600.0	135.4	148.6	145.6	161.6	13.2	-	16.0	3,604.7										
57	1,309,212.6	3,449,771,622.4	143.6	158.4	151.4	164.4	14.8	-	13.0	3,604.4										
58	3,940,773.6	3,484,474,572.8	78.2	83.8	82.6	95.2	5.6	-	12.6	3,605.0	•				•	•				•
59	2,555,378.2	3,327,296,307.2	135.2	147.4	142.0	158.6	12.2	-	16.6	3,604.9										
60	5,205,825.0	3,692,187,648.0	108.6	113.4	114.6	130.0	4.8	1.2	15.4	3,607.5				•					•	
61	1,265,225.8	2,829,360,332.8	147.0	165.4	158.6	175.8	18.4	-	17.2	3,602.9										
62	4,495,402.4	3,200,921,600.0	203.2	213.2	214.4	227.6	10.0	1.2	13.2	3,605.1	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
63	3,165,596.6	2,978,641,510.4	133.8	141.6	140.0	147.4	7.8	-	7.4	3,603.4			•						•	
64	4,100,749.4	3,318,021,324.8	297.4	309.0	307.2	322.2	11.6	-	15.0	3,604.9		•						•		•
65	4,544,797.6	3,512,072,601.6	135.0	147.0	145.0	165.8	12.0	-	20.8	3,605.1		•				•	•			
66	1,367,572.2	3,193,323,520.0	117.4	128.0	125.8	144.8	10.6	-	19.0	3,603.2										
67	3,227,527.6	2,733,430,374.4	152.8	166.0	160.8	171.6	13.2	-	10.8	3,603.4		•		•	•		•		•	•
68	4,457,927.8	3,662,162,329.6	142.6	150.2	150.4	167.0	7.6	0.2	16.6	3,605.2										
69	3,328,147.4	3,145,177,497.6	124.4	136.6	137.6	157.4	12.2	1.0	19.8	3,603.8										
70	1,913,009.4	3,109,872,435.2	154.6	161.4	160.2	168.6	6.8	-	8.4	3,603.7							•	•		•
71	5,842,399.0	2,725,128,601.6	69.6	80.2	75.4	90.0	10.6	-	14.6	3,603.3	•	•	•	•	•					

#	Estados Expandidos	Memória	h^{PDB1}	h^{PDB2}	h^{PDB3}	h^{PDB4}	2C	3C	4C	Tempo	PRB ₂					PRB ₄				
											1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	4,021,944.0	905,773,875.2	77.0	90.0	89.4	91.0	13.0	-	1.6	76.7	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
2	40,759,110.2	8,589,959,168.0	115.0	128.0	126.6	129.2	13.0	-	2.6	1,096.8	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
3	54,532,904.2	8,589,965,721.6	106.0	119.0	117.4	119.6	13.0	-	2.2	1,782.8	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
4	30,125,495.8	8,589,962,444.8	202.0	218.0	212.2	215.2	16.0	-	3.0	1,523.8	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
5	36,282,501.8	8,589,969,817.6	117.0	137.0	133.0	136.8	20.0	-	3.8	1,034.2						•	•	•	•	•
6	47,285,029.0	8,589,967,360.0	88.0	101.0	100.0	102.2	13.0	-	2.2	1,381.1	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
7	37,307,729.8	8,589,960,806.4	57.0	75.0	70.8	75.4	18.0	-	4.6	1,254.5										
8	7,106,707.4	8,589,962,444.8	177.0	204.0	192.4	195.8	27.0	-	3.4	685.2										
9	19,433,837.0	8,589,959,987.2	132.0	146.0	139.4	143.4	14.0	-	4.0	984.7	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
10	5,940,444.4	8,589,961,625.6	240.0	260.0	261.4	265.8	20.0	1.4	4.4	1,029.0										
11	12,927,817.0	8,590,091,878.4	168.0	195.0	190.2	194.4	27.0	-	4.2	568.2										
12	8,467,094.0	8,739,635,200.0	171.0	188.0	183.2	186.4	17.0	-	3.2	690.0										
13	8,352,451.4	8,589,966,540.8	156.0	181.0	177.8	183.4	25.0	-	5.6	624.6										
14	10,786,898.8	8,589,960,806.4	213.0	232.0	225.4	229.4	19.0	-	4.0	781.3										
15	20,202,649.8	8,589,961,625.6	61.0	78.0	70.8	71.8	17.0	-	1.0	1,353.0										
16	37,897,021.0	8,589,967,360.0	132.0	147.0	145.8	151.0	15.0	-	5.2	1,534.8										
17	12,171,646.0	2,128,588,800.0	158.0	187.0	186.0	185.6	29.0	-	-	251.9	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
18	24,755,109.4	8,590,064,025.6	68.0	89.0	83.8	86.2	21.0	-	2.4	1,057.5										
19	11,594,557.0	8,589,962,444.8	221.0	244.0	238.2	239.6	23.0	-	1.4	694.1										
20	19,316,861.6	8,590,486,732.8	196.0	229.0	220.2	223.6	33.0	-	3.4	768.2										
21	38,094,709.8	8,589,960,806.4	72.0	88.0	83.4	87.4	16.0	-	4.0	1,324.2	•			•	•	•	•	•	•	•
22	3,957,432.2	8,589,970,636.8	88.0	113.0	100.8	106.0	25.0	-	5.2	1,015.0		•								
23	15,080,565.4	8,590,250,803.2	140.0	159.0	154.8	155.6	19.0	-	0.8	1,329.6										
24	5,500,258.8	8,589,959,987.2	310.0	341.0	327.8	334.6	31.0	-	6.8	698.9										
25	8,366,593.0	8,590,402,355.2	139.0	170.0	162.8	163.0	31.0	-	0.2	1,012.4										
26	31,223,419.2	8,590,243,430.4	111.0	135.0	136.2	141.6	24.0	1.2	5.4	1,344.0										
27	42,676,009.0	8,589,961,625.6	86.0	100.0	94.2	95.6	14.0	-	1.4	2,613.8	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
28	29,038,424.0	8,589,961,625.6	53.0	75.0	68.2	71.2	22.0	-	3.0	1,606.0	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
29	47,896,809.8	8,589,964,083.2	78.0	93.0	86.6	91.8	15.0	-	5.2	2,059.1										
30	32,028,316.6	8,590,149,222.4	126.0	164.0	147.4	152.4	38.0	-	5.0	1,475.6	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
31	20,161,290.0	8,786,906,316.8	142.0	171.0	160.8	167.6	29.0	-	6.8	1,238.6										
32	28,006,333.6	8,589,970,636.8	82.0	98.0	96.2	98.8	16.0	-	2.6	1,329.8										
33	32,549,869.2	8,590,213,120.0	97.0	111.0	107.8	110.6	14.0	-	2.8	1,501.6										
34	13,895,696.6	8,590,332,723.2	117.0	139.0	129.8	134.4	22.0	-	4.6	702.4										
35	34,765,136.6	8,589,967,360.0	121.0	133.0	127.6	129.0	12.0	-	1.4	2,155.4										
36	13,689,182.2	8,590,508,851.2	107.0	127.0	119.6	124.8	20.0	-	5.2	974.1										
37	10,202,374.2	8,590,343,372.8	191.0	224.0	217.0	222.4	33.0	-	5.4	871.5										
38	28,491,779.0	3,434,133,094.4	73.0	81.0	81.6	85.8	8.0	0.6	4.2	727.7	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
39	2,794,766.4	8,590,231,961.6	291.0	312.0	306.2	313.0	21.0	-	6.8	1,185.2										
40	27,952,135.4	8,590,227,865.6	112.0	117.0	116.0	117.4	5.0	-	1.4	1,193.0	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
41	25,433,447.0	8,590,213,120.0	129.0	161.0	156.8	166.6	32.0	-	9.8	1,219.9										
42	12,049,024.0	8,589,962,444.8	59.0	76.0	67.8	69.4	17.0	-	1.6	1,228.4										
43	46,050,500.8	8,589,961,625.6	98.0	117.0	117.6	116.2	19.0	0.6	-	1,377.3	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
44	38,936,339.0	8,589,960,806.4	127.0	137.0	137.8	141.8	10.0	0.8	4.0	1,126.7										
45	14,992,932.4	8,590,239,334.4	147.0	173.0	166.0	168.4	26.0	-	2.4	1,151.5										
46	10,396,578.4	8,590,041,088.0	161.0	185.0	178.2	181.2	24.0	-	3.0	535.3										
47	19,980,757.6	8,589,961,625.6	140.0	155.0	153.0	156.6	15.0	-	3.6	903.0										
48	31,473,792.0	8,589,975,552.0	50.0	59.0	54.0	54.8	9.0	-	0.8	3,103.9	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
49	55,815,744.8	8,589,964,083.2	77.0	95.0	90.8	93.0	18.0	-	2.2	1,487.7										
50	38,837,020.8	8,589,961,625.6	124.0	159.0	143.0	150.4	35.0	-	7.4	1,460.7										
51	19,794,550.2	8,589,968,998.4	79.0	97.0	93.0	96.0	18.0	-	3.0	753.7										
52	23,611,629.0	8,589,963,264.0	134.0	146.0	142.4	141.6	12.0	-	-	1,933.0	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
53	7,339,958.8	8,589,962,444.8	186.0	205.0	200.6	203.2	19.0	-	2.6	648.4										
54	11,630,917.0	8,589,964,083.2	138.0	173.0	160.0	167.0	35.0	-	7.0	806.5										
55	18,497,150.6	8,589,964,902.4	117.0	136.0	134.6	137.4	19.0	-	2.8	677.7										
56	22,059,834.0	8,590,373,683.2	153.0	178.0	168.6	175.0	25.0	-	6.4	1,011.8										
57	2,628,872.2	8,589,965,721.6	144.0	172.0	160.2	166.0	28.0	-	5.8	396.9										
58	35,696,409.8	8,589,967,360.0	164.0	187.0	180.6	182.0	23.0	-	1.4	1,664.4										
59	30,860,496.2	8,589,966,540.8	123.0	142.0	135.0	139.8	19.0	-	4.8	1,452.7										
60	10,215,887.0	8,589,961,625.6	104.0	121.0	115.0	120.0	17.0	-	5.0	655.2										
61	12,107,292.2	8,589,967,360.0	190.0	225.0	208.8	216.2	35.0	-	7.4	815.0										
62	17,910,567.2	8,590,093,516.8	199.0	217.0	213.8	220.2	18.0	-	6.4	756.1	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
63	32,356,878.8	8,589,961,625.6	97.0	105.0	102.0	102.8	8.0	-	0.8	1,685.7	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
64	19,036,788.8	8,589,961,625.6	316.0	340.0	334.0	338.0	24.0	-	4.0	773.8	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
65	20,930,940.0	8,589,966,540.8	129.0	160.0	152.6	158.2	31.0	-	5.6	998.1										
66	7,822,399.6	8,590,071,398.4	126.0	156.0	143.6	149.4	30.0	-	5.8	653.5										
67	15,838,865.0	8,590,006,681.6	332.0	366.0	355.4	360.2	34.0	-	4.8	878.3										
68	19,962,434.0	8,589,964,902.4	315.0	356.0	347.4	357.0	41.0	-	9.6	924.5										
69	9,313,822.8	8,589,964,083.2	187.0	216.0	212.4	216.2	29.0	-	3.8	651.1										
70	25,262,262.8	8,589,962,444.8	129.0	150.0	145.0	147.4	21.0	-	2.4	1,214.1										
71	39,442,932.2	8,589,961,625.6	146.0	167.0	161.0	164.4	21.0	-	3.4	1,599.2										
72	34,122,720.8	8,589,966,540.8	51.0</																	

#	Estados Expandidos	Memória	h^{PDB1}	h^{PDB2}	h^{PDB3}	h^{PDB4}	2C	3C	4C	Tempo	PRB ₂					PRB ₄				
											1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	4,021,944.0	908,152,012.8	39.0	43.0	65.0	50.0	4.0	22.0	-	133.1	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
2	38,206,867.2	8,589,959,168.0	96.8	103.6	112.6	108.8	6.8	9.0	-	3,368.0	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
3	31,555,008.4	6,952,962,457.6	98.6	104.0	111.6	109.6	5.4	7.6	-	3,630.3	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
4	5,406,251.8	3,543,201,382.4	178.8	185.4	189.6	190.4	6.6	4.2	0.8	3,605.4	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
5	23,488,330.4	6,919,317,094.4	75.6	79.4	95.2	94.4	3.8	15.8	-	3,624.6	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
6	47,453,322.0	8,569,850,265.6	73.6	78.0	92.4	87.8	4.4	14.4	-	3,507.1	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
7	24,610,967.8	7,657,100,083.2	55.0	59.6	74.2	69.6	4.6	14.6	-	3,629.8	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
8	2,771,829.6	4,327,215,104.0	131.6	138.6	144.2	142.2	7.0	5.6	-	3,608.6	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
9	12,397,623.4	5,603,130,572.8	144.8	149.2	151.4	151.8	4.4	2.2	0.4	3,615.6	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
10	371,934.8	4,445,732,864.0	94.6	99.2	103.6	101.8	4.6	4.4	-	3,601.7	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
11	11,529,860.2	5,302,421,094.4	105.8	109.6	121.6	123.6	3.8	12.0	2.0	3,615.0	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
12	3,222,104.6	4,534,861,004.8	115.2	119.8	125.4	126.2	4.6	5.6	0.8	3,610.4	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
13	5,103,574.2	4,559,785,984.0	91.8	96.4	108.2	108.0	4.6	11.8	-	3,610.7	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
14	5,431,701.6	4,116,440,678.4	90.6	94.2	103.8	93.8	3.6	9.6	-	3,607.1	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
15	9,292,938.0	4,518,848,102.4	59.4	63.4	75.0	72.0	4.0	11.6	-	3,611.9	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
16	13,570,400.4	4,839,362,560.0	88.2	94.0	106.4	104.0	5.8	12.4	-	3,614.9	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
17	12,171,646.0	2,105,988,710.4	133.6	138.6	163.2	159.2	5.0	24.6	-	501.5	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
18	16,912,711.2	5,425,071,718.4	66.6	72.0	84.2	82.2	5.4	12.2	-	3,619.1	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
19	5,757,225.4	5,275,921,612.8	204.6	212.8	222.6	219.6	8.2	9.8	-	3,611.5	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
20	4,166,303.4	4,937,773,056.0	204.0	206.2	218.0	215.8	2.2	11.8	-	3,607.0	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
21	20,543,351.2	5,296,427,827.2	70.2	74.6	85.2	82.8	4.4	10.6	-	3,618.7	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
22	803,798.8	4,220,723,200.0	79.0	82.4	84.6	83.6	3.4	2.2	-	3,602.6	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
23	8,555,894.8	4,360,200,192.0	120.4	123.2	131.4	128.6	2.8	8.2	-	3,607.4	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
24	3,589,955.8	4,477,087,744.0	105.0	107.8	110.2	109.8	2.8	2.4	-	3,603.9	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
25	8,161,455.2	4,317,381,427.2	118.6	126.8	134.6	131.4	8.2	7.8	-	3,606.6	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
26	20,463,606.4	5,756,586,393.6	81.2	88.2	120.4	115.2	7.0	32.2	-	3,621.1	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
27	5,326,145.8	3,274,370,252.8	87.0	90.2	92.8	92.0	3.2	2.6	-	3,605.7	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
28	5,101,110.2	3,348,998,553.6	45.2	48.2	58.2	54.0	3.0	10.0	-	3,605.5	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
29	12,893,890.0	4,145,578,803.2	81.4	87.8	95.0	95.2	6.4	7.2	0.2	3,609.8	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
30	7,418,558.2	4,148,752,384.0	164.2	176.8	197.8	187.0	12.6	21.0	-	3,607.2	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
31	4,722,298.8	3,778,573,107.2	62.4	66.0	72.0	70.4	3.6	6.0	-	3,606.2	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
32	12,593,136.8	4,852,521,369.6	79.4	86.8	95.8	96.6	7.4	9.0	0.8	3,614.2	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
33	11,781,330.0	4,502,236,364.8	101.0	111.0	121.8	121.6	10.0	10.8	-	3,612.2	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
34	12,120,914.2	4,693,524,480.0	100.2	104.0	115.4	111.6	3.8	11.4	-	3,613.4	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
35	6,157,874.6	4,110,674,329.6	72.8	76.2	82.6	78.8	3.4	6.4	-	3,605.4	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
36	6,047,999.2	3,585,197,670.4	85.2	88.4	93.6	90.0	3.2	5.2	-	3,604.3	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
37	3,433,773.6	3,688,978,022.4	102.6	109.0	112.8	110.8	6.4	3.8	-	3,605.1	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
38	28,491,779.0	3,468,189,696.0	55.6	60.4	79.0	77.2	4.8	18.6	-	1,742.2	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
39	1,752,001.2	3,924,674,969.6	182.8	188.0	192.0	193.2	5.2	4.0	1.2	3,603.7	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
40	14,128,490.6	4,059,434,188.8	93.6	94.2	107.2	105.4	0.6	13.0	-	3,608.8	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
41	12,222,708.6	5,374,900,633.6	104.0	109.0	135.8	136.6	5.0	26.8	0.8	3,613.1	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
42	959,829.0	3,209,428,172.8	96.0	100.8	105.0	103.6	4.8	4.2	-	3,603.7	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
43	37,100,602.6	7,717,088,460.8	108.2	112.6	129.2	123.0	4.4	16.6	-	3,628.8	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
44	43,252,752.0	6,863,830,220.8	109.2	114.8	126.6	123.8	5.6	11.8	-	3,624.0	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
45	5,700,246.2	3,896,112,742.4	123.4	128.0	136.4	135.0	4.6	8.4	-	3,610.1	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
46	10,152,452.6	5,184,622,592.0	130.6	136.8	145.6	143.8	6.2	8.8	-	3,612.4	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
47	12,858,409.0	4,024,922,112.0	142.2	142.8	154.4	149.2	0.6	11.6	-	3,610.3	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
48	1,649,977.2	2,265,504,153.6	57.0	59.4	60.6	61.2	2.4	1.2	0.6	3,602.2	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
49	29,783,584.4	5,861,567,692.8	55.6	60.0	71.8	70.2	4.4	11.8	-	3,622.7	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
50	13,830,169.0	5,172,499,251.2	43.4	49.0	59.2	57.6	5.6	10.2	-	3,611.0	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
51	11,718,603.4	5,648,151,347.2	62.8	70.8	83.8	79.8	8.0	13.0	-	3,616.7	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
52	9,999,518.6	4,392,414,412.8	72.8	76.6	89.0	81.4	3.8	12.4	-	3,606.6	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
53	4,876,055.0	4,239,892,480.0	210.2	219.4	231.8	229.4	9.2	12.4	-	3,609.0	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
54	4,218,026.6	4,292,731,699.2	117.4	128.8	139.8	137.4	11.4	11.0	-	3,607.9	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
55	9,051,957.4	5,847,853,465.6	92.6	99.4	115.6	107.6	6.8	16.2	-	3,617.0	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
56	6,072,537.8	4,160,143,360.0	149.8	157.2	167.8	166.6	7.4	10.6	-	3,607.8	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
57	2,717,543.2	4,925,146,726.4	118.0	124.2	130.4	131.4	6.2	6.2	1.0	3,608.4	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
58	4,209,999.2	4,867,153,920.0	144.6	153.0	163.8	162.8	8.4	10.8	-	3,610.0	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
59	3,764,781.2	4,545,936,588.8	136.6	142.2	147.8	146.0	5.6	5.6	-	3,610.3	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
60	9,482,010.4	5,234,794,496.0	109.8	114.2	126.6	125.6	4.4	12.4	-	3,615.3	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
61	2,370,522.2	3,543,716,659.2	123.0	131.0	135.2	134.2	8.0	4.2	-	3,605.8	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
62	5,920,978.6	4,408,046,387.2	169.0	176.6	185.0	188.0	7.6	8.4	3.0	3,609.3	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
63	4,710,743.0	3,481,106,022.4	136.2	141.4	148.2	148.2	5.2	6.8	-	3,605.0	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
64	5,137,832.8	4,514,399,846.4	268.4	276.0	283.2	284.0	7.6	7.2	0.8	3,608.8	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
65	6,895,314.6	4,724,276,428.8	121.2	127.4	143.8	141.4	6.2	16.4	-	3,609.9	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
66	2,356,056.0	4,312,711,987.2	130.6	139.4	154.4	147.4	8.8	15.0	-	3,606.6	•									

#	Estados Expandidos	Memória	h^{PDB1}	h^{PDB2}	h^{PDB3}	h^{PDB4}	2C	3C	4C	Tempo	PRB ₂					PRB ₄				
											1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	4,021,944.0	907,258,265.6	28.8	29.8	29.8	47.8	1.0	-	18.0	160.8		•	•	•	•	•	•	•	•	•
2	21,284,478.6	6,703,080,243.2	95.2	103.2	100.6	111.8	8.0	-	11.2	3,621.9	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
3	26,296,006.4	5,319,032,832.0	63.8	69.2	69.2	84.2	5.4	-	15.0	3,618.9		•	•	•	•		•	•	•	•
4	4,416,478.4	2,488,927,027.2	126.0	130.2	129.2	139.6	4.2	-	10.4	3,603.0			•	•	•		•	•	•	•
5	16,129,893.0	4,663,952,998.4	93.4	103.0	100.2	114.2	9.6	-	14.0	3,613.6	•					•	•	•	•	•
6	30,712,018.6	5,939,097,600.0	66.2	72.6	72.8	90.6	6.4	0.2	17.8	3,620.9	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
7	19,650,337.0	5,536,297,779.2	59.8	68.0	65.6	83.2	8.2	-	17.6	3,621.2		•		•						
8	1,770,076.8	3,097,679,462.4	99.8	113.8	108.4	118.8	14.0	-	10.4	3,604.4										
9	8,543,020.8	3,974,803,456.0	151.4	158.6	157.6	170.6	7.2	-	13.0	3,609.8	•				•	•				•
10	299,339.6	4,059,675,033.6	90.6	101.0	96.4	106.0	10.4	-	9.6	3,600.9										
11	6,463,220.2	3,977,495,347.2	110.0	117.0	116.4	132.8	7.0	-	16.4	3,607.6	•	•	•			•	•	•	•	•
12	2,211,460.8	3,455,781,273.6	130.2	140.2	138.0	147.4	10.0	-	9.4	3,606.3										
13	3,678,103.8	3,538,151,014.4	71.8	78.6	75.6	90.8	6.8	-	15.2	3,605.6				•						
14	3,158,355.8	3,117,703,987.2	158.6	168.8	165.0	172.2	10.2	-	7.2	3,603.6										
15	4,770,980.0	3,294,929,715.2	55.6	61.0	60.2	73.0	5.4	-	12.8	3,605.7	•									
16	9,864,664.6	3,197,292,544.0	99.4	105.6	107.0	122.6	6.2	1.4	15.6	3,607.8			•					•		•
17	12,171,646.0	2,078,600,396.8	112.0	118.2	118.8	140.4	6.2	0.6	21.6	552.6	•	•	•	•	•		•	•	•	•
18	11,357,759.8	4,593,844,224.0	69.4	76.4	74.2	97.4	7.0	-	23.2	3,611.9										
19	3,281,802.2	3,822,548,582.4	178.4	189.2	187.2	200.2	10.8	-	13.0	3,605.3										
20	2,546,735.4	3,938,064,793.6	120.8	144.8	127.0	147.4	24.0	-	20.4	3,603.3	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
21	13,187,860.4	4,031,009,587.2	64.2	70.2	69.8	82.4	6.0	-	12.6	3,610.8	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
22	321,179.4	3,772,181,708.8	63.2	76.6	71.0	79.2	13.4	-	8.2	3,601.4										
23	3,304,489.0	3,790,666,137.6	150.2	158.0	156.4	170.2	7.8	-	13.8	3,604.0			•	•	•				•	
24	2,049,782.2	3,711,817,318.4	134.6	143.4	138.2	147.2	8.8	-	9.0	3,602.1	•		•	•	•					
25	4,318,928.4	3,613,618,995.2	90.2	111.0	100.2	118.0	20.8	-	17.8	3,603.4		•	•	•	•		•	•	•	•
26	15,008,042.2	4,395,025,203.2	86.6	95.6	95.6	130.8	9.0	-	35.2	3,611.5										
27	4,125,941.2	2,672,527,769.6	78.0	86.4	82.8	92.4	8.4	-	9.6	3,603.0	•	•	•	•	•			•	•	•
28	3,604,969.8	2,630,572,441.6	44.4	56.2	47.2	61.8	11.8	-	14.6	3,603.3	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
29	9,579,453.2	2,931,630,080.0	68.0	76.6	74.0	90.0	8.6	-	16.0	3,605.3										
30	6,083,613.8	3,161,606,553.6	125.4	135.6	133.0	156.8	10.2	-	23.8	3,604.2	•	•		•	•	•	•	•	•	•
31	3,263,522.4	2,917,297,356.8	48.8	54.6	53.6	65.0	5.8	-	11.4	3,603.1	•					•				
32	8,855,059.2	3,296,191,283.2	69.2	77.0	77.0	88.4	7.8	-	11.4	3,608.2				•					•	
33	5,908,224.4	3,044,972,953.6	90.4	105.8	101.2	115.2	15.4	-	14.0	3,606.8										
34	6,135,326.6	3,480,556,339.2	103.2	110.8	110.6	126.6	7.6	-	16.0	3,607.9										
35	4,108,315.0	3,671,486,464.0	76.4	82.0	80.0	88.4	5.6	-	8.4	3,603.2			•		•		•			•
36	4,051,732.4	2,940,175,155.2	67.6	71.2	70.2	84.8	3.6	-	14.6	3,602.7	•	•	•	•	•		•	•	•	•
37	2,317,244.2	2,979,798,220.8	111.8	123.2	117.2	128.4	11.4	-	11.2	3,602.6										
38	28,491,779.0	3,302,168,985.6	33.8	37.0	38.4	63.0	3.2	1.4	24.6	1,767.2	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
39	1,552,451.0	3,301,907,660.8	145.8	152.0	149.8	160.0	6.2	-	10.2	3,601.8		•		•	•					
40	8,075,173.6	3,086,838,988.8	110.4	110.8	112.0	127.6	0.4	1.2	15.6	3,605.3		•				•	•	•	•	•
41	10,441,800.8	3,789,862,502.4	103.2	111.0	110.2	140.6	7.8	-	30.4	3,606.7		•		•	•	•	•			•
42	584,846.2	2,512,351,232.0	83.8	92.2	88.2	97.6	8.4	-	9.4	3,602.1										
43	20,875,038.4	6,526,100,275.2	71.0	76.0	76.6	95.2	5.0	0.6	18.6	3,619.1	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
44	26,490,408.0	5,445,253,529.6	85.6	91.0	91.4	108.2	5.4	0.4	16.8	3,615.0					•					
45	4,112,160.2	2,973,870,489.6	122.4	131.4	128.2	142.2	9.0	-	14.0	3,605.7				•						
46	4,578,847.6	3,681,887,027.2	148.0	159.6	157.4	171.0	11.6	-	13.6	3,607.2										
47	7,461,603.8	3,002,825,932.8	116.6	121.2	120.4	132.6	4.6	-	12.2	3,606.8				•	•		•	•		
48	1,698,651.6	1,613,373,440.0	44.0	48.0	45.6	50.8	4.0	-	5.2	3,601.3	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
49	17,549,263.0	4,790,896,230.4	63.0	70.0	67.6	88.0	7.0	-	20.4	3,613.3			•							
50	10,462,657.4	3,975,335,116.8	56.8	71.2	63.2	88.2	14.4	-	25.0	3,605.6	•	•	•	•			•	•		
51	6,706,447.2	3,606,324,019.2	59.6	67.8	67.6	85.6	8.2	-	18.0	3,608.7										
52	5,490,636.4	3,650,425,651.2	86.4	90.2	89.4	101.0	3.8	-	11.6	3,603.4	•	•	•	•	•		•	•	•	•
53	2,753,929.6	3,394,689,433.6	152.4	161.0	161.4	172.4	8.6	0.4	11.0	3,605.2								•		
54	2,505,610.0	3,242,573,824.0	94.4	112.6	106.6	124.8	18.2	-	18.2	3,604.8										
55	5,484,522.6	4,241,078,681.6	94.2	102.8	103.2	123.0	8.6	0.4	19.8	3,608.3										
56	4,328,745.8	3,258,777,600.0	135.4	148.6	145.6	161.6	13.2	-	16.0	3,604.7			•							
57	1,309,212.6	3,449,771,622.4	143.6	158.4	151.4	164.4	14.8	-	13.0	3,604.4										
58	3,940,773.6	3,484,474,572.8	78.2	83.8	82.6	95.2	5.6	-	12.6	3,605.0					•					•
59	2,555,378.2	3,327,296,307.2	135.2	147.4	142.0	158.6	12.2	-	16.6	3,604.9										
60	5,205,825.0	3,692,187,648.0	108.6	113.4	114.6	130.0	4.8	1.2	15.4	3,607.5										
61	1,265,225.8	2,829,360,332.8	147.0	165.4	158.6	175.8	18.4	-	17.2	3,602.9										
62	4,495,402.4	3,200,921,600.0	203.2	213.2	214.4	227.6	10.0	1.2	13.2	3,605.1						•	•	•	•	•
63	3,165,596.6	2,978,641,510.4	133.8	141.6	140.0	147.4	7.8	-	7.4	3,603.4										
64	4,100,749.4	3,318,021,324.8	297.4	309.0	307.2	322.2	11.6	-	15.0	3,604.9				•	•	•	•	•	•	•
65	4,544,797.6	3,512,072,601.6	135.0	147.0	145.0	165.8	12.0	-	20.8	3,605.1			•				•			
66	1,367,572.2	3,193,323,520.0	117.4	128.0	125.8	144.8	10.6	-	19.0	3,603.2										
67	3,227,527.6	2,733,430,374.4	152.8	166.0	160.8	171.6	13.2	-	10.8	3,603.4		•	•				•	•		
68	4,457,927.8	3,662,162,329.6	142.6	150.2	150.4	167.0	7.6	0.2	16.6	3,605.2		•				•	•	•	•	•
69	3,328,147.4	3,145,177,497.6	124.4	136.6	137.6	157.4	12.2	1.0	19.8	3,603.8							•	•	•	•
70	1,913,009.4	3,109,872,435.2	154.6	161.4	160.2	168.6	6.8	-	8.4	3,603.7									•	•
71	5,842,399.0	2,725,128,601.6	69.6	80.2	75.4	90.0														

#	Estados Expandidos	Memória	h^{PDB1}	h^{PDB2}	h^{PDB3}	h^{PDB4}	2C	3C	4C	Tempo	PRB ₂					PRB ₄				
											1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	4,021,944.0	908,065,177.6	97.0	102.0	102.6	103.0	5.0	0.6	0.4	82.3	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
2	44,788,588.8	8,589,959,987.2	126.0	135.0	134.0	136.2	9.0	-	2.2	1,283.8	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
3	54,271,101.2	8,589,968,179.2	113.0	122.0	122.0	123.8	9.0	-	1.8	1,736.3	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
4	16,454,596.2	8,589,964,902.4	362.0	376.0	378.6	379.8	14.0	2.6	1.2	1,245.0	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
5	43,432,818.8	8,589,959,987.2	131.0	145.0	143.8	146.0	14.0	-	2.2	1,197.3	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
6	48,404,855.4	8,589,959,987.2	98.0	109.0	110.0	110.6	11.0	1.0	0.6	1,372.4	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
7	48,793,727.6	8,589,964,902.4	80.0	89.0	87.6	89.6	9.0	-	2.0	1,513.5	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
8	3,752,313.2	8,589,965,721.6	218.0	233.0	230.4	233.0	15.0	-	2.6	779.0										
9	33,386,702.0	8,589,961,625.6	232.0	243.0	244.2	247.8	11.0	1.2	3.6	1,022.5	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
10	4,203,320.8	8,589,968,998.4	362.0	384.0	391.6	399.4	22.0	7.6	7.8	1,154.2										
11	27,508,892.4	8,589,963,264.0	214.0	223.0	229.0	232.0	9.0	6.0	3.0	955.6	•	•	•	•	•					
12	23,054,157.4	8,589,960,806.4	201.0	210.0	210.2	212.2	9.0	0.2	2.0	1,288.2										
13	24,628,539.2	8,589,965,721.6	203.0	213.0	219.6	225.0	10.0	6.6	5.4	1,169.9										
14	12,814,977.4	8,589,964,083.2	258.0	269.0	268.8	272.8	11.0	-	4.0	1,003.2										
15	11,972,169.0	8,739,503,308.8	117.0	135.0	130.6	136.0	18.0	-	5.4	787.6										
16	45,976,643.8	8,589,964,083.2	138.0	153.0	150.6	155.4	15.0	-	4.8	1,861.1										
17	12,171,646.0	2,119,944,601.6	221.0	228.0	229.0	228.2	7.0	1.0	-	260.2	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
18	40,054,584.0	8,589,965,721.6	128.0	133.0	133.6	136.6	5.0	0.6	3.0	1,493.7										
19	10,891,888.4	8,589,960,806.4	298.0	309.0	310.4	312.6	11.0	1.4	2.2	833.6										
20	8,569,507.0	8,590,240,153.6	394.0	444.0	436.4	439.2	50.0	-	2.8	602.8										
21	50,559,456.0	8,590,680,883.2	115.0	119.0	120.0	121.4	4.0	1.0	1.4	1,551.4	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
22	3,424,818.0	8,595,094,732.8	181.0	204.0	199.4	203.2	23.0	-	3.8	1,045.8										
23	8,324,201.2	8,590,236,057.6	497.0	508.0	510.6	516.0	11.0	2.6	5.4	826.0										
24	5,561,977.0	8,590,148,403.2	549.0	563.0	565.2	573.0	14.0	2.2	7.8	722.5										
25	16,054,956.2	8,589,963,264.0	299.0	312.0	313.4	320.2	13.0	1.4	6.8	1,030.3										
26	39,512,724.6	8,589,962,444.8	148.0	158.0	161.6	165.4	10.0	3.6	3.8	1,650.6										
27	6,009,908.8	8,589,964,083.2	270.0	279.0	282.0	288.0	9.0	3.0	6.0	964.4										
28	24,690,329.6	8,589,961,625.6	160.0	171.0	169.4	171.4	11.0	-	2.0	1,293.1	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
29	35,690,616.4	8,589,959,168.0	136.0	149.0	146.0	151.6	13.0	-	5.6	1,632.6										
30	37,257,716.8	8,589,962,444.8	222.0	242.0	237.4	242.6	20.0	-	5.2	1,452.0										
31	16,283,361.8	8,589,962,444.8	192.0	209.0	209.6	217.2	17.0	0.6	7.6	1,009.3										
32	36,092,743.8	8,590,367,129.6	106.0	115.0	117.0	120.2	9.0	2.0	3.2	1,511.4										
33	40,311,969.0	8,589,964,083.2	129.0	142.0	141.6	145.4	13.0	-	3.8	1,620.0										
34	24,917,741.8	8,590,308,966.4	142.0	156.0	154.0	156.4	14.0	-	2.4	1,158.1										
35	11,517,084.0	8,589,962,444.8	277.0	289.0	290.2	294.8	12.0	1.2	4.6	1,097.7										
36	6,908,562.2	8,590,368,768.0	469.0	489.0	487.4	494.6	20.0	-	7.2	968.5										
37	5,348,144.8	8,589,963,264.0	214.0	241.0	236.6	246.4	27.0	-	9.8	997.4										
38	28,491,779.0	3,441,215,897.6	87.0	90.0	92.8	95.0	3.0	2.8	2.2	768.1	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
39	5,294,836.0	8,589,963,264.0	549.0	565.0	575.4	587.4	16.0	10.4	12.0	1,208.2										
40	20,650,014.4	8,589,960,806.4	314.0	316.0	321.0	324.0	2.0	5.0	3.0	923.4										
41	23,985,737.6	8,589,964,902.4	167.0	175.0	176.2	180.2	8.0	1.2	4.0	1,155.4										
42	5,410,029.4	8,589,964,083.2	159.0	168.0	167.2	172.0	9.0	-	4.8	1,135.8										
43	53,680,815.4	8,589,959,168.0	138.0	148.0	153.0	148.0	10.0	5.0	-	1,473.6										
44	54,246,131.0	8,589,961,625.6	199.0	203.0	205.0	207.0	4.0	2.0	2.0	1,717.1										
45	17,620,094.2	8,589,964,083.2	235.0	253.0	255.2	261.0	18.0	2.2	5.8	1,051.0	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
46	24,788,611.2	8,590,146,764.8	202.0	213.0	213.0	214.0	11.0	-	1.0	913.8										
47	35,378,464.6	8,589,963,264.0	205.0	205.0	210.0	213.0	-	5.0	3.0	1,093.5										
48	3,269,778.0	8,589,961,625.6	170.0	184.0	181.2	183.8	14.0	-	2.6	1,492.4										
49	57,079,049.0	8,589,961,625.6	91.0	102.0	101.6	105.2	11.0	-	3.6	1,698.5										
50	12,561,315.2	8,589,961,625.6	197.0	215.0	209.2	215.2	18.0	-	6.0	921.0										
51	31,807,096.0	8,589,959,987.2	94.0	108.0	106.6	110.6	14.0	-	4.0	1,109.4										
52	7,284,442.6	8,590,700,544.0	372.0	389.0	390.8	392.2	17.0	1.8	1.4	657.2										
53	23,429,496.8	8,589,964,902.4	236.0	249.0	248.6	250.4	13.0	-	1.8	1,136.7										
54	15,955,431.0	8,589,965,721.6	187.0	206.0	201.4	208.6	19.0	-	7.2	945.5										
55	42,865,110.4	8,589,959,168.0	141.0	151.0	153.8	157.0	10.0	2.8	3.2	1,242.2										
56	30,678,371.2	8,589,964,902.4	179.0	196.0	191.6	199.0	17.0	-	7.4	1,402.4										
57	5,658,091.0	8,589,964,902.4	196.0	210.0	205.2	211.6	14.0	-	6.4	712.0										
58	7,239,896.0	8,589,961,625.6	198.0	215.0	214.4	216.2	17.0	-	1.8	843.0	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
59	12,295,412.0	8,773,744,230.4	234.0	244.0	242.2	244.8	10.0	-	2.6	1,050.7										
60	35,898,199.8	8,590,051,737.6	146.0	154.0	154.2	157.6	8.0	0.2	3.4	1,593.5										
61	14,709,289.2	8,589,961,625.6	237.0	258.0	250.4	258.0	21.0	-	7.6	1,214.6										
62	28,749,750.6	8,589,964,902.4	232.0	242.0	244.0	250.0	10.0	2.0	6.0	1,109.5	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
63	6,768,131.8	8,590,205,747.2	426.0	438.0	439.8	446.0	12.0	1.8	6.2	899.6										
64	14,444,694.0	8,589,970,636.8	362.0	376.0	378.0	378.8	14.0	2.0	0.8	867.2	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
65	22,475,530.2	8,590,335,180.8	225.0	242.0	241.4	248.6	17.0	-	7.2	991.5	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
66	14,006,963.4	8,589,967,360.0	197.0	208.0	209.6	213.0	11.0	1.6	3.4	953.8										
67	13,990,285.6	8,589,962,444.8	365.0	385.0	385.2	387.2	20.0	0.2	2.0	1,043.2	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
68	23,990,065.6	8,589,960,806.4	346.0	361.0	361.2	366.0	15.0	0.2	4.8	1,028.0	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
69	15,234,679.6	8,589,961,625.6	243.0	260.0	263.2	267.8	17.0	3.2	4.6	933.3										
70	20,289,533.0	8,736,297,779.2	329.0	339.0	341.6	343.0	10.0	2.6	1.4	1,080.1	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
71	24,515,337.4	8,589,960,806.4																		

#	Estados Expandidos	Memória	h^{PDB1}	h^{PDB2}	h^{PDB3}	h^{PDB4}	2C	3C	4C	Tempo	PRB ₂					PRB ₄				
											1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	4,021,944.0	901,259,264.0	94.4	101.0	104.0	102.4	6.6	3.0	-	116.0	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
2	46,193,005.6	8,589,959,168.0	125.2	134.2	134.8	136.2	9.0	0.6	1.4	3,381.0	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
3	45,869,838.4	7,446,147,072.0	113.8	120.8	123.2	124.2	7.0	2.4	1.0	3,625.7	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
4	2,308,121.8	3,639,985,766.4	354.2	367.8	370.0	372.0	13.6	2.2	2.0	3,605.3	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
5	32,529,319.0	6,716,740,403.2	128.4	142.4	146.4	145.8	14.0	4.0	-	3,620.4				•		•	•	•	•	•
6	49,205,735.0	8,589,959,168.0	99.4	107.2	109.8	110.8	7.8	2.6	1.0	3,082.5	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
7	36,322,472.0	6,861,754,368.0	77.0	84.0	91.4	88.8	7.0	7.4	-	3,625.4	•		•	•						
8	1,899,010.4	4,517,443,993.6	220.0	230.6	231.8	232.4	10.6	1.2	0.6	3,607.3										
9	19,603,190.8	5,541,413,683.2	231.8	242.4	244.4	248.0	10.6	2.0	3.6	3,615.9	•					•		•	•	•
10	656,345.2	4,412,817,408.0	353.8	372.0	383.6	389.0	18.2	11.6	5.4	3,601.6										
11	15,552,093.6	5,753,418,547.2	213.6	223.0	229.0	231.6	9.4	6.0	2.6	3,612.7	•	•	•	•	•					
12	8,483,070.0	4,461,611,417.6	200.6	209.6	209.8	211.8	9.0	0.2	2.0	3,609.5										
13	8,194,082.4	5,014,904,832.0	202.8	211.6	219.8	224.4	8.8	8.2	4.6	3,610.7										
14	3,197,605.8	4,636,189,491.2	246.8	258.0	262.8	261.2	11.2	4.8	-	3,607.0										
15	6,000,683.0	5,405,606,707.2	117.0	134.0	136.8	137.4	17.0	2.8	0.6	3,611.2										
16	20,973,712.2	4,612,569,497.6	137.4	150.4	154.8	158.4	13.0	4.4	3.6	3,614.3										
17	12,171,646.0	2,096,024,780.8	219.8	225.2	229.8	226.6	5.4	4.6	-	393.9	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
18	24,133,120.2	5,922,801,254.4	129.8	134.6	136.0	137.2	4.8	1.4	1.2	3,618.8										
19	4,680,123.2	5,874,799,411.2	292.4	302.2	306.0	305.8	9.8	3.8	-	3,610.3				•	•	•	•	•	•	•
20	3,348,786.0	5,037,869,465.6	406.4	440.6	454.6	456.6	34.2	14.0	2.0	3,605.8										
21	27,555,276.6	5,145,771,212.8	120.2	124.6	126.6	129.2	4.4	2.0	2.6	3,619.4	•		•	•	•	•		•	•	•
22	849,976.6	4,249,713,868.8	182.4	202.2	201.8	202.0	19.8	-	0.2	3,602.4										
23	4,099,744.6	5,473,761,689.6	498.0	507.4	512.0	515.8	9.4	4.6	3.8	3,608.3										
24	1,673,073.8	4,574,569,267.2	539.0	553.0	556.8	563.8	14.0	3.8	7.0	3,603.7										
25	3,333,643.2	4,575,136,972.8	249.4	265.2	266.8	271.2	15.8	1.6	4.4	3,606.1										
26	28,069,969.4	6,422,274,048.0	141.8	150.6	164.6	164.0	8.8	14.0	-	3,621.1										
27	2,480,320.8	4,017,219,174.4	297.0	308.6	312.8	317.4	11.6	4.2	4.6	3,605.9										
28	3,707,164.4	3,986,496,716.8	171.4	180.8	185.0	186.6	9.4	4.2	1.6	3,606.9	•		•	•	•	•		•	•	•
29	16,430,750.2	4,493,343,129.6	134.0	147.0	146.2	149.0	13.0	-	2.8	3,611.0										
30	11,596,297.2	4,216,032,460.8	218.8	235.6	245.4	245.2	16.8	9.8	-	3,607.7						•	•	•	•	•
31	2,774,505.8	4,103,851,212.8	191.2	204.2	207.2	212.4	13.0	3.0	5.2	3,606.1										
32	19,364,964.2	4,876,968,755.2	105.4	114.0	116.8	120.0	8.6	2.8	3.2	3,613.5										
33	14,599,114.2	4,220,014,592.0	126.6	140.6	143.2	143.0	14.0	2.6	-	3,611.4										
34	12,939,235.2	5,403,623,424.0	139.8	149.4	157.8	157.8	9.6	8.4	-	3,614.0				•					•	
35	3,814,665.4	4,776,364,441.6	322.8	331.6	336.0	338.0	8.8	4.4	2.0	3,606.5										
36	2,512,896.6	3,953,259,315.2	436.6	453.4	456.6	462.6	16.8	3.2	6.0	3,605.1										
37	2,074,684.6	3,949,572,915.2	216.8	231.2	241.8	243.2	14.4	10.6	1.4	3,605.7										
38	28,491,779.0	3,267,567,616.0	86.2	90.0	94.0	94.6	3.8	4.0	0.6	1,277.8	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
39	1,622,374.2	4,041,956,556.8	548.4	561.6	575.2	586.4	13.2	13.6	11.2	3,603.2										
40	5,585,018.4	5,252,732,518.4	308.4	310.4	315.4	318.4	2.0	5.0	3.0	3,610.5										
41	14,439,286.6	5,992,677,376.0	168.6	174.2	177.4	180.6	5.6	3.2	3.2	3,614.1										
42	1,442,141.2	3,131,337,113.6	159.0	167.8	169.4	172.2	8.8	1.6	2.8	3,603.5										
43	46,876,314.4	7,537,371,545.6	137.4	146.6	153.2	149.0	9.2	6.6	-	3,625.6										
44	42,486,620.6	6,941,740,236.8	199.0	203.0	205.0	207.0	4.0	2.0	2.0	3,623.3										
45	4,434,031.8	5,014,660,710.4	232.0	251.6	255.0	259.2	19.6	3.4	4.2	3,610.2	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
46	10,957,525.8	5,437,163,110.4	202.4	211.8	215.0	216.0	9.4	3.2	1.0	3,614.7										
47	15,348,086.8	4,457,311,436.8	202.2	202.2	208.0	211.0	-	5.8	3.0	3,611.9										
48	899,395.8	2,481,827,020.8	169.6	179.4	179.6	181.0	9.8	0.2	1.4	3,602.5										
49	37,272,624.6	6,465,187,840.0	90.2	102.6	105.0	105.6	12.4	2.4	0.6	3,620.5										
50	11,532,580.8	5,503,447,040.0	172.0	189.6	192.2	193.6	17.6	2.6	1.4	3,610.1										
51	19,902,569.2	5,442,774,630.4	96.2	106.0	110.0	113.6	9.8	4.0	3.6	3,616.7										
52	3,267,496.0	5,357,519,667.2	279.8	292.8	296.8	295.8	13.0	4.0	-	3,607.1										
53	7,491,394.8	4,409,594,675.2	237.2	247.8	250.2	251.2	10.6	2.4	1.0	3,608.7										
54	4,321,695.2	4,617,190,604.8	184.8	199.4	205.2	205.4	14.6	5.8	0.2	3,608.5										
55	18,954,034.6	5,124,393,369.6	144.2	150.2	155.0	157.8	6.0	4.8	2.8	3,613.7										
56	8,477,470.6	4,234,178,560.0	177.8	191.0	193.0	196.0	13.2	2.0	3.0	3,608.5										
57	2,442,638.6	4,696,503,910.4	198.2	207.8	208.4	213.0	9.6	0.6	4.6	3,608.5										
58	3,242,293.2	5,228,762,726.4	200.6	210.8	214.6	215.6	10.2	3.8	1.0	3,608.4				•					•	
59	3,578,006.8	4,920,275,763.2	232.0	241.0	240.8	242.4	9.0	-	1.6	3,608.9										
60	13,695,412.4	4,894,507,827.2	147.0	152.4	156.4	157.0	5.4	4.0	0.6	3,612.1										
61	2,082,193.4	3,758,745,190.4	238.4	254.4	255.4	258.0	16.0	1.0	2.6	3,604.8										
62	9,166,153.0	4,612,058,316.8	229.4	239.4	241.4	247.0	10.0	2.0	5.6	3,608.8	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
63	2,917,188.8	4,035,018,752.0	427.4	437.4	440.8	445.8	10.0	3.4	5.0	3,606.0										•
64	4,788,992.4	5,172,537,753.6	359.4	373.8	375.8	377.4	14.4	2.0	1.6	3,609.0	•	•	•		•	•	•	•	•	•
65	6,385,857.2	5,167,375,155.2	222.8	237.8	240.8	244.0	15.0	3.0	3.2	3,609.2	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
66	3,262,044.4	4,412,067,840.0	194.4	204.4	210.2	212.0	10.0	5.8	1.8	3,605.9										
67	2,778,654.6	3,926,780,313.6	366.4	382.0	385.0	387.0	15.6	3.0	2.0	3,606.0				•	•	•	•	•	•	•
68	8,192,958.8	5,198,399,078.4	343.6	355.4	364.0	363.2	11.8	8.6	-	3,609.9								•	•	•
69	3,445,911.4	4,077,789,184.0	240.6	256.8	265.4	265.0	16.2	8.6	-	3,606.0										
70	3,549,076.8	4,556,741,836.8	319.4	329.4	333.4	333.2	10.0	4.0	-	3,607.0	•					•				
71	5,048,749.4	3,941,806,899.2	278.4	292.																

#	Estados Expandidos	Memória	h^{PDB1}	h^{PDB2}	h^{PDB3}	h^{PDB4}	2C	3C	4C	Tempo	PRB ₂					PRB ₄				
											1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	4,021,944.0	901,127,372.8	94.0	101.8	102.8	104.8	7.8	1.0	2.0	114.5	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
2	46,701,295.2	8,589,959,168.0	124.8	133.8	134.4	135.8	9.0	0.6	1.4	3,437.9	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
3	53,978,668.8	8,589,959,168.0	113.4	121.2	122.8	124.6	7.8	1.6	1.8	3,537.1	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
4	5,978,622.4	4,813,233,356.8	357.8	370.6	374.0	376.8	12.8	3.4	2.8	3,609.5	•					•	•	•	•	•
5	40,871,915.2	7,989,748,531.2	126.4	142.0	142.4	149.4	15.6	0.4	7.0	3,629.3						•	•	•	•	•
6	49,486,506.6	8,589,959,168.0	96.6	106.0	107.0	112.4	9.4	1.0	5.4	3,119.7	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
7	45,179,459.4	8,589,959,168.0	73.6	80.6	83.2	93.4	7.0	2.6	10.2	3,368.7	•	•	•							
8	2,135,200.2	5,002,199,859.2	218.4	230.0	230.0	234.0	11.6	-	4.0	3,609.5								•		
9	21,870,499.0	5,954,921,267.2	221.0	229.2	231.2	249.2	8.2	2.0	18.0	3,620.6						•	•	•	•	•
10	886,047.2	4,675,059,712.0	353.4	371.2	381.4	393.6	17.8	10.2	12.2	3,602.0										
11	19,212,323.8	6,420,552,908.8	209.4	221.6	228.0	232.6	12.2	6.4	4.6	3,617.0										
12	11,651,841.8	5,215,751,372.8	200.2	209.2	209.8	213.0	9.0	0.6	3.2	3,614.3										
13	10,160,914.0	5,584,847,667.2	203.0	211.4	218.8	225.0	8.4	7.4	6.2	3,611.4										
14	3,559,689.4	5,049,330,892.8	247.8	257.2	260.0	265.8	9.4	2.8	5.8	3,608.1										
15	6,446,527.4	5,782,007,808.0	116.2	133.2	132.8	140.8	17.0	-	8.0	3,613.0										
16	25,905,179.6	5,316,647,321.6	137.0	149.2	152.0	159.8	12.2	2.8	7.8	3,614.8										
17	12,171,646.0	2,096,025,600.0	218.2	223.2	225.8	229.0	5.0	2.6	3.2	393.3	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
18	27,862,718.4	6,858,533,273.6	122.2	127.0	130.8	137.0	4.8	3.8	6.2	3,623.0						•	•	•	•	•
19	5,283,171.8	6,580,622,131.2	296.4	308.2	310.0	312.2	11.8	1.8	2.2	3,613.2	•	•	•			•	•	•	•	•
20	3,782,403.8	5,439,062,016.0	400.0	435.0	437.2	461.0	35.0	2.2	23.8	3,607.5										
21	31,921,195.8	5,918,968,217.6	115.0	119.0	119.2	122.0	4.0	0.2	2.8	3,619.7	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
22	1,063,243.8	4,540,405,350.4	178.8	202.2	200.2	203.0	23.4	-	2.8	3,602.9										
23	5,169,213.2	5,867,310,284.8	490.6	500.0	503.4	509.6	9.4	3.4	6.2	3,609.9										
24	1,802,109.0	4,808,046,182.4	540.4	554.4	557.4	566.8	14.0	3.0	9.4	3,604.6										
25	3,866,339.8	5,196,408,422.4	289.6	301.8	303.6	310.8	12.2	1.8	7.2	3,606.9										
26	33,842,982.8	8,048,026,419.2	137.6	148.4	154.8	169.8	10.8	6.4	15.0	3,629.3										
27	2,987,834.4	4,737,863,680.0	229.8	239.4	241.6	247.0	9.6	2.2	5.4	3,607.7				•	•					
28	6,650,488.6	4,539,082,342.4	154.0	160.0	161.0	165.6	6.0	1.0	4.6	3,608.6	•	•	•	•	•	•		•	•	•
29	18,820,482.0	4,940,998,246.4	129.6	142.2	140.4	151.4	12.6	-	11.0	3,611.8										
30	13,581,758.4	4,810,126,131.2	218.6	235.4	235.4	252.4	16.8	-	17.0	3,609.2										
31	3,739,878.2	4,829,242,982.4	193.2	205.8	208.4	215.2	12.6	2.6	6.8	3,608.2										
32	23,368,034.6	5,558,944,563.2	107.6	114.6	116.6	120.6	7.0	2.0	4.0	3,615.8										
33	19,146,178.8	5,200,779,673.6	129.0	142.0	143.0	146.4	13.0	1.0	3.4	3,614.4										
34	14,262,149.0	5,782,886,809.6	138.4	148.8	151.8	162.8	10.4	3.0	11.0	3,615.3										
35	5,040,812.6	5,137,117,184.0	312.6	321.2	325.2	329.6	8.6	4.0	4.4	3,607.8										
36	4,602,783.2	4,530,649,497.6	399.8	411.0	413.2	421.0	11.2	2.2	7.8	3,606.8				•				•		
37	2,649,120.8	4,640,582,041.6	215.2	232.2	236.4	249.4	17.0	4.2	13.0	3,606.5										
38	28,491,779.0	3,266,704,179.2	85.2	89.6	91.4	94.8	4.4	1.8	3.4	1,042.6	•	•	•	•	•	•		•	•	•
39	1,963,337.6	4,447,332,761.6	547.2	562.4	574.0	587.2	15.2	11.6	13.2	3,604.5							•			
40	7,989,340.0	5,710,601,420.8	306.8	308.4	313.4	316.4	1.6	5.0	3.0	3,611.1										
41	16,992,479.6	6,946,848,768.0	164.0	174.0	176.8	182.6	10.0	2.8	5.8	3,618.9										
42	1,818,032.4	3,508,607,385.6	156.4	167.8	166.6	175.2	11.4	-	8.6	3,604.5										
43	56,919,371.2	9,095,702,937.6	139.2	146.8	151.0	153.2	7.6	4.2	2.2	3,209.5										
44	56,170,841.0	8,590,301,593.6	199.0	203.0	205.0	207.0	4.0	2.0	2.0	2,815.8										
45	9,355,144.6	6,280,489,369.6	233.4	252.6	253.6	261.0	19.2	1.0	7.4	3,614.8		•	•		•	•	•		•	•
46	13,775,786.0	6,130,656,870.4	200.8	210.2	211.8	218.8	9.4	1.6	7.0	3,616.3										
47	17,430,318.6	5,024,958,873.6	204.4	204.4	209.4	212.4	-	5.0	3.0	3,614.2										
48	970,540.6	2,767,812,198.4	169.2	179.2	178.8	181.4	10.0	-	2.6	3,602.7										
49	46,888,840.6	7,692,366,643.2	89.6	102.6	102.0	107.8	13.0	-	5.8	3,629.2										
50	11,155,179.4	6,288,092,364.8	177.6	194.2	193.2	205.2	16.6	-	12.0	3,612.4										
51	21,881,901.6	5,913,334,579.2	95.8	106.4	108.6	112.8	10.6	2.2	4.2	3,618.6										
52	3,690,673.8	5,810,604,441.6	257.0	269.2	270.2	274.6	12.2	1.0	4.4	3,609.5	•		•			•				
53	9,371,208.4	5,058,971,238.4	234.6	246.4	247.8	252.4	11.8	1.4	4.6	3,611.4										
54	5,748,239.8	5,065,199,616.0	184.6	201.8	198.4	211.2	17.2	-	12.8	3,609.9										
55	22,475,281.4	5,943,955,456.0	143.0	148.8	155.0	160.4	5.8	6.2	5.4	3,615.9										
56	11,754,734.4	4,984,802,508.8	175.0	190.4	188.0	198.2	15.4	-	10.2	3,610.1										
57	3,075,757.8	5,702,798,540.8	198.2	207.8	206.6	215.0	9.6	-	8.4	3,611.2										
58	3,447,590.4	5,636,399,104.0	203.8	212.4	214.0	216.0	8.6	1.6	2.0	3,609.8			•					•		
59	4,128,420.8	5,622,036,070.4	233.6	242.0	241.0	244.6	8.4	-	3.6	3,610.7										
60	21,391,293.0	6,146,836,889.6	145.4	150.0	152.0	159.8	4.6	2.0	7.8	3,616.4										
61	2,487,059.2	4,200,525,824.0	235.2	252.2	249.2	261.0	17.0	-	11.8	3,606.7										
62	11,225,292.2	5,189,122,457.6	228.6	239.0	240.6	247.0	10.4	1.6	6.4	3,611.9	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
63	4,053,880.6	4,894,964,121.6	428.2	438.2	441.6	447.8	10.0	3.4	6.2	3,608.6						•	•	•	•	•
64	5,596,292.4	5,783,678,976.0	359.0	373.0	373.4	377.8	14.0	0.4	4.4	3,611.8			•	•	•	•	•	•	•	•
65	10,172,541.2	5,706,659,430.4	230.6	240.8	244.6	250.2	10.2	3.8	5.6	3,611.3			•	•		•	•	•	•	•
66	3,851,202.6	4,833,632,256.0	193.8	204.4	208.4	215.2	10.6	4.0	6.8	3,607.8										
67	3,450,537.0	4,705,609,318.4	365.4	382.2	384.8	386.8	16.8	2.6	2.0	3,607.3	•	•			•	•	•	•	•	•
68	9,210,549.8	5,981,224,140.8	339.2	352.2	356.0	370.8	13.0	3.8	14.8	3,611.9						•				•
69	4,012,536.0	4,483,432,448.0	238.4	253.8	261.0	271.6	15.4	7.2	10.6	3,607.7										
70	4,081,257.0	5,021,216,768.0	319.4	329.4	331.8	333.2	10.0	2.4	1.4	3,608.6	•	•				•	•			
71	6,506,449.2	4																		

#	Estados Expandidos	Memória	h^{PDB1}	h^{PDB2}	h^{PDB3}	h^{PDB4}	2C	3C	4C	Tempo	PRB ₂					PRB ₄				
											1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	4,021,944.0	908,195,430.4	93.0	102.0	103.0	103.0	9.0	1.0	-	81.1	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
2	44,964,202.0	8,589,961,625.6	126.0	135.0	134.0	135.4	9.0	-	1.4	1,437.9	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
3	52,562,072.6	8,589,959,987.2	113.0	122.0	123.2	124.2	9.0	1.2	1.0	1,691.3	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
4	26,333,794.2	8,590,286,848.0	355.0	369.0	370.4	372.8	14.0	1.4	2.4	1,475.7	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
5	42,341,950.4	8,589,959,168.0	131.0	145.0	143.0	146.8	14.0	-	3.8	1,188.3	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
6	49,140,732.8	8,589,961,625.6	98.0	109.0	109.6	111.0	11.0	0.6	1.4	1,513.5	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
7	48,448,254.4	8,589,964,902.4	80.0	89.0	87.8	89.8	9.0	-	2.0	1,506.9	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
8	4,869,739.2	8,589,969,817.6	222.0	235.0	232.4	233.4	13.0	-	1.0	798.1										
9	32,396,799.4	8,589,961,625.6	230.0	243.0	241.8	246.2	13.0	-	4.4	995.3										
10	4,013,024.8	8,590,195,097.6	351.0	377.0	380.4	390.4	26.0	3.4	10.0	964.0										
11	30,893,115.0	8,589,960,806.4	204.0	223.0	224.2	227.6	19.0	1.2	3.4	1,004.0	•	•	•	•	•					
12	24,364,881.2	8,590,189,363.2	201.0	210.0	209.6	212.6	9.0	-	3.0	1,162.8										
13	25,426,140.2	8,589,959,987.2	204.0	214.0	221.0	225.6	10.0	7.0	4.6	1,171.6										
14	27,682,111.6	8,589,963,264.0	258.0	269.0	269.2	273.0	11.0	0.2	3.8	1,291.0										
15	13,113,320.0	8,621,261,619.2	115.0	135.0	130.8	134.4	20.0	-	3.6	800.2										
16	45,592,464.6	8,589,963,264.0	138.0	153.0	152.2	156.6	15.0	-	4.4	1,639.6										
17	12,171,646.0	2,115,393,126.4	219.0	228.0	229.0	229.0	9.0	1.0	-	260.2	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
18	38,320,286.4	8,589,962,444.8	125.0	133.0	133.0	135.8	8.0	-	2.8	1,425.6										
19	25,650,619.8	8,589,959,987.2	286.0	299.0	299.6	301.4	13.0	0.6	1.8	1,136.8						•	•	•	•	•
20	17,198,469.8	8,589,964,902.4	416.0	443.0	437.2	445.2	27.0	-	8.0	876.8										
21	50,155,652.4	8,589,968,998.4	115.0	119.0	119.6	121.0	4.0	0.6	1.4	1,547.4	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
22	3,757,544.8	8,590,031,257.6	181.0	204.0	201.8	202.0	23.0	-	0.2	1,047.9										
23	5,794,586.4	8,589,961,625.6	497.0	508.0	511.0	516.0	11.0	3.0	5.0	666.5										
24	6,688,413.0	8,589,966,540.8	550.0	566.0	568.2	574.4	16.0	2.2	6.2	860.8										
25	24,524,096.6	8,589,960,806.4	287.0	304.0	304.2	311.0	17.0	0.2	6.8	1,154.0										
26	38,218,665.0	8,589,961,625.6	144.0	158.0	160.8	163.6	14.0	2.8	2.8	1,696.7										
27	14,919,663.8	8,589,964,902.4	267.0	278.0	280.6	287.0	11.0	2.6	6.4	1,078.7										
28	26,507,064.6	8,590,280,294.4	169.0	180.0	179.0	182.4	11.0	-	3.4	1,902.9	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
29	43,122,461.4	8,589,963,264.0	129.0	144.0	139.2	146.8	15.0	-	7.6	1,847.6										
30	38,196,395.0	8,589,969,817.6	222.0	242.0	237.0	239.2	20.0	-	2.2	1,326.4										
31	19,616,137.0	8,846,407,270.4	194.0	209.0	210.4	217.2	15.0	1.4	6.8	1,185.4										
32	33,587,509.8	8,589,964,902.4	104.0	115.0	115.4	119.4	11.0	0.4	4.0	1,410.2										
33	44,041,184.4	8,589,966,540.8	126.0	139.0	137.0	139.0	13.0	-	2.0	2,069.4										
34	25,867,565.8	8,589,959,168.0	143.0	159.0	154.6	157.4	16.0	-	2.8	1,164.9										
35	26,123,067.6	8,589,966,540.8	178.0	183.0	183.2	184.0	5.0	0.2	0.8	1,536.2										
36	23,138,614.0	8,771,067,904.0	468.0	490.0	488.4	495.6	22.0	-	7.2	1,153.9										
37	10,710,484.2	8,589,964,902.4	216.0	243.0	237.6	246.4	27.0	-	8.8	947.3										
38	28,491,779.0	3,436,042,649.6	85.0	90.0	89.8	93.4	5.0	-	3.6	771.4	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
39	16,470,943.2	8,589,965,721.6	553.0	569.0	579.4	591.8	16.0	10.4	12.4	1,461.0										
40	28,614,461.4	8,590,318,796.8	310.0	314.0	317.8	321.2	4.0	3.8	3.4	1,109.2										
41	23,938,017.6	8,589,964,902.4	158.0	175.0	172.6	179.0	17.0	-	6.4	1,159.9										
42	8,917,219.0	8,590,350,745.6	159.0	172.0	169.2	172.6	13.0	-	3.4	1,235.4										
43	53,368,833.6	8,589,960,806.4	138.0	148.0	151.8	148.0	10.0	3.8	-	1,457.0										
44	55,371,492.2	8,590,059,929.6	199.0	203.0	205.0	207.0	4.0	2.0	2.0	1,548.1										
45	25,466,607.8	8,590,050,918.4	231.0	253.0	251.2	256.2	22.0	-	5.0	1,129.5						•	•	•	•	•
46	26,796,594.8	8,589,961,625.6	198.0	213.0	211.8	214.0	15.0	-	2.2	947.9										
47	35,197,225.0	8,590,075,494.4	205.0	205.0	210.0	213.0	-	5.0	3.0	1,095.7										
48	5,930,706.6	8,590,258,995.2	173.0	186.0	183.8	185.8	13.0	-	2.0	1,558.9										
49	56,414,864.0	8,589,964,083.2	93.0	107.0	103.4	106.0	14.0	-	2.6	1,692.4										
50	14,727,695.4	8,590,150,860.8	198.0	216.0	211.6	216.4	18.0	-	4.8	942.1										
51	30,251,601.2	8,590,257,356.8	94.0	108.0	107.6	110.4	14.0	-	2.8	1,188.4										
52	6,378,425.8	8,590,538,342.4	307.0	328.0	322.4	325.6	21.0	-	3.2	801.7	•	•	•	•	•					
53	26,235,418.0	8,589,962,444.8	236.0	249.0	248.6	249.6	13.0	-	1.0	1,312.1										
54	16,105,864.8	8,589,972,275.2	187.0	206.0	201.0	207.6	19.0	-	6.6	888.4										
55	42,509,974.2	8,589,964,083.2	141.0	151.0	153.8	157.0	10.0	2.8	3.2	1,212.2										
56	33,720,191.4	8,589,966,540.8	175.0	193.0	188.6	194.2	18.0	-	5.6	1,505.1										
57	9,751,192.2	8,589,967,360.0	197.0	213.0	208.4	214.6	16.0	-	6.2	760.7										
58	12,957,833.0	8,590,368,768.0	205.0	216.0	216.2	216.8	11.0	0.2	0.6	856.7	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
59	23,671,991.6	8,589,959,987.2	234.0	244.0	243.0	245.2	10.0	-	2.2	1,189.1										
60	37,934,335.2	8,590,039,449.6	143.0	153.0	151.4	155.4	10.0	-	4.0	1,470.6										
61	17,941,242.8	8,589,970,636.8	233.0	258.0	248.8	256.4	25.0	-	7.6	1,316.3										
62	31,343,957.2	8,589,963,264.0	229.0	239.0	241.0	247.0	10.0	2.0	6.0	1,139.2	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
63	22,277,894.2	8,589,964,902.4	430.0	440.0	442.2	447.2	10.0	2.2	5.0	1,165.4										
64	25,538,285.2	8,589,967,360.0	362.0	376.0	376.8	380.0	14.0	0.8	3.2	993.1	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
65	30,112,753.8	8,589,967,360.0	221.0	242.0	240.6	245.8	21.0	-	5.2	1,082.5	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
66	15,140,578.2	8,589,964,902.4	195.0	208.0	207.0	211.4	13.0	-	4.4	969.8										
67	26,136,016.4	8,589,961,625.6	364.0	384.0	383.8	386.6	20.0	-	2.8	1,374.2										
68	27,758,699.4	8,589,964,083.2	332.0	363.0	362.8	367.6	31.0	-	4.8	1,050.0	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
69	15,548,386.0	8,589,961,625.6	243.0	260.0	263.8	267.6	17.0	3.8	3.8	920.4										
70	27,505,426.6	8,589,964,902.4	320.0	333.0	334.8	336.6	13.0	1.8	1.8	1,150.4										
71	36,896,697.0	8,589,962,444.8	277.0	297.0	291.8	297.6	20.0	-												

#	Estados Expandidos	Memória	h^{PDB1}	h^{PDB2}	h^{PDB3}	h^{PDB4}	2C	3C	4C	Tempo	PRB ₂					PRB ₄				
											1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	4,021,944	908,265,882	94	101	104	100	7	3	-	138	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
2	42,931,463	8,470,754,918	126	133	134	135	7	1	1	3,636	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
3	35,119,616	5,998,278,246	113	121	124	124	8	2	1	3,627	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
4	6,405,776	3,548,938,240	353	366	370	371	14	3	2	3,606	•		•			•		•		•
5	29,098,212	6,288,461,005	125	140	149	146	16	8	-	3,625		•				•	•	•		•
6	47,237,705	8,589,959,168	99	106	110	111	7	4	1	3,503	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
7	32,470,359	6,665,065,267	77	84	90	89	7	6	-	3,629		•	•	•	•					
8	1,787,907	4,319,689,933	221	231	233	233	9	2	-	3,607	•	•				•	•			
9	18,554,838	5,250,906,522	232	243	245	248	11	2	4	3,614				•		•		•		•
10	679,565	4,267,834,573	356	374	385	391	18	11	6	3,601	•									
11	15,230,808	5,291,592,090	211	223	229	232	11	6	3	3,614	•									
12	8,661,235	4,464,480,256	200	209	210	211	9	1	2	3,612										
13	8,235,406	4,560,615,014	203	213	221	226	10	8	5	3,611										
14	6,119,727	3,951,192,474	254	264	267	267	9	3	1	3,607										
15	4,824,040	5,189,622,170	115	130	137	136	15	8	-	3,612										
16	16,365,184	4,099,540,582	137	150	155	157	13	5	3	3,613										
17	12,171,646	2,118,469,222	221	226	230	227	5	4	-	455	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
18	20,622,396	5,430,838,886	126	132	135	135	6	3	-	3,618										
19	7,351,684	5,133,531,546	296	307	310	311	11	3	1	3,610	•				•	•				•
20	3,776,707	4,828,056,781	415	440	459	454	25	19	-	3,606										
21	24,944,535	4,895,621,120	120	125	127	128	4	2	2	3,618	•		•	•	•	•		•	•	•
22	789,278	4,199,333,888	179	202	203	202	23	0	-	3,602										
23	3,473,015	5,038,782,874	497	507	512	517	9	5	5	3,608										
24	2,126,274	4,531,113,165	545	560	562	569	15	3	7	3,604				•					•	
25	3,638,407	4,792,613,274	273	288	292	298	15	5	5	3,607										
26	21,475,971	5,530,121,830	144	151	164	166	8	13	1	3,623										
27	2,218,000	3,864,609,587	254	264	266	271	10	2	5	3,606	•									
28	3,586,668	3,764,760,576	165	172	175	176	6	4	0	3,606	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
29	13,915,628	4,205,849,805	133	146	147	150	13	1	3	3,610										
30	11,205,233	3,937,907,507	219	235	246	240	16	11	-	3,607						•	•	•		
31	2,370,417	3,733,150,106	193	207	210	215	14	3	6	3,606										
32	16,201,051	4,466,803,507	105	113	117	118	8	4	2	3,612										
33	13,794,281	4,250,707,558	124	138	143	144	14	5	1	3,613										
34	11,066,649	5,036,683,264	139	150	159	156	12	9	-	3,615										
35	6,342,430	4,321,259,520	176	181	181	182	5	-	1	3,606										
36	2,271,105	3,834,835,763	456	471	476	481	15	5	6	3,605										
37	1,922,715	3,863,408,640	224	236	243	248	12	6	5	3,605										
38	28,491,779	3,440,439,296	86	90	93	94	3	4	1	1,772	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
39	1,517,431	3,959,583,539	487	501	511	520	13	10	10	3,603										
40	7,327,435	4,555,306,598	305	308	314	317	3	7	3	3,610										
41	13,176,689	5,492,550,042	168	174	178	180	6	4	2	3,613										
42	1,490,447	3,139,013,837	157	167	170	171	10	3	1	3,604										
43	41,009,059	7,099,209,318	138	148	153	148	10	5	-	3,626										
44	40,351,425	6,784,611,942	197	201	203	205	4	2	2	3,624										
45	7,307,207	4,190,025,318	235	253	256	260	18	3	4	3,610	•	•	•		•	•	•	•	•	•
46	9,313,971	4,345,733,939	202	210	215	215	8	4	0	3,610										
47	14,872,241	4,237,463,552	204	204	210	213	-	6	3	3,612										
48	820,125	2,379,952,947	172	183	183	185	11	1	1	3,602										
49	30,952,047	5,732,480,614	90	103	106	106	13	3	-	3,625										
50	8,197,378	5,225,864,397	182	197	201	203	15	4	2	3,610										
51	17,467,828	5,074,816,205	95	105	109	112	10	4	3	3,616					•					
52	3,158,367	5,124,092,723	301	313	318	317	12	5	-	3,607	•									
53	8,286,652	4,116,056,474	235	245	250	249	10	5	-	3,608										
54	4,984,424	4,316,259,123	184	200	206	206	16	6	-	3,608										
55	18,782,536	5,256,312,422	143	148	156	157	5	7	2	3,616										
56	8,756,232	3,878,218,138	177	190	193	196	14	3	3	3,608										
57	2,467,993	4,776,948,531	198	208	208	213	10	0	5	3,609										
58	3,002,292	4,686,875,034	200	211	216	215	10	5	-	3,608			•	•			•	•		
59	4,911,926	4,475,115,930	234	243	244	244	8	1	0	3,609										
60	13,882,737	4,852,932,608	146	151	156	156	4	5	1	3,614										
61	2,303,964	3,358,072,832	240	255	258	259	16	3	1	3,605										
62	9,762,983	4,256,269,926	230	240	242	248	10	2	6	3,609	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
63	4,300,899	3,588,751,360	428	438	442	447	10	4	5	3,605						•		•		
64	8,237,304	4,375,063,757	362	374	378	380	12	4	2	3,610	•	•	•			•	•	•		
65	9,913,389	4,537,553,715	229	240	245	248	11	5	3	3,610					•			•	•	•
66	3,104,765	4,222,446,797	193	203	211	210	10	7	-	3,606										
67	4,943,936	3,316,897,382	369	386	389	391	17	3	2	3,605			•	•			•	•		•
68	11,376,129	4,378,934,477	343	355	360	362	12	5	2	3,609						•	•	•		•
69	3,677,098	3,892,624,589	239	254	266	267	15	12	1	3,606										
70	7,615,421	3,892,945,715	325	334	337	338	9	3	1	3,607	•	•	•		•	•	•	•		•
71	6,659,822	3,825,493,606	278	292	302	300	14	10	-	3,606										
72	14,605,337	4,284,148,122	63	69	74	72	6	5	-	3,610			•	•	•	•	•	•	•	•
73	12,059,850	4,586,775,347	436	446	449	453	10	3	4	3,610	•		•		•	•	•	•	•	•
74	7,163,000	4,684,639,437	176	189	199	197	14	10	-	3,611										
75	8,522,889	3,547,721,728	235	246	248	252	12	2	4	3,607										
76	2,923,353	3,839,013,683	186	196	199	202	10	3	3	3,607										
77	12,233,996	4,987,220,787	161	216	235	231	55	19	-	3,610										
78	45,379,715	7,731,387,597	147	154	155	158	7	1	3	3,628	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
79	10,760,639	5,437,860,250	154	161	164	168	7	3	4	3,618	•					•	•	•	•	•
80	16,773,739	6,315,459,379	246	255	257															

#	Estados Expandidos	Memória	h^{PDB1}	h^{PDB2}	h^{PDB3}	h^{PDB4}	2C	3C	4C	Tempo	PRB ₂					PRB ₄				
											1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	4,021,944.0	902,123,520.0	94.0	101.8	102.8	104.8	7.8	1.0	2.0	162.5										
2	28,313,618.2	5,826,432,204.8	125.4	134.0	133.8	136.8	8.6	-	3.0	3,618.7	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
3	28,415,628.4	4,757,339,340.8	112.2	119.6	121.6	124.6	7.4	2.0	3.0	3,618.3	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
4	3,572,746.4	2,832,274,227.2	357.0	370.6	373.6	376.4	13.6	3.0	2.8	3,603.6		•	•	•		•	•	•	•	
5	19,266,873.8	4,358,855,884.8	126.2	141.0	143.8	150.0	14.8	2.8	6.2	3,612.6										•
6	34,043,317.0	6,352,024,371.2	97.0	104.4	106.2	111.6	7.4	1.8	5.4	3,624.2	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
7	23,717,780.4	4,899,051,929.6	71.2	78.0	79.4	92.8	6.8	1.4	13.4	3,617.8	•		•	•						
8	1,058,972.8	2,932,132,249.6	218.6	230.2	230.6	233.0	11.6	0.4	2.4	3,604.1										
9	10,193,721.2	3,369,540,812.8	225.4	234.4	235.6	248.8	9.0	1.2	13.2	3,608.8	•					•	•	•	•	
10	432,052.0	3,990,934,323.2	351.8	370.8	380.0	392.6	19.0	9.2	12.6	3,600.8										
11	8,724,190.8	3,793,384,243.2	212.2	222.0	227.6	232.2	9.8	5.6	4.6	3,607.7			•	•						
12	5,203,792.0	3,083,711,283.2	198.4	208.4	208.8	212.4	10.0	0.4	3.6	3,606.3										
13	3,447,573.4	3,489,917,337.6	201.8	211.4	218.0	225.8	9.6	6.6	7.8	3,605.3										
14	2,380,076.4	3,075,244,032.0	255.6	266.2	266.2	270.6	10.6	-	4.4	3,603.2										
15	2,988,453.4	3,645,315,481.6	113.4	128.8	127.0	141.8	15.4	-	14.8	3,606.0										
16	11,910,541.2	3,013,018,419.2	135.0	149.2	153.4	159.8	14.2	4.2	6.4	3,607.5										
17	12,171,646.0	2,093,222,297.6	217.8	222.8	225.0	229.0	5.0	2.2	4.0	642.0	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
18	13,344,960.6	4,272,740,761.6	124.8	130.2	133.4	137.8	5.4	3.2	4.4	3,610.9										
19	2,979,207.4	3,825,576,345.6	300.8	311.8	314.4	316.6	11.0	2.6	2.2	3,605.0	•	•	•	•		•	•	•	•	•
20	1,952,648.0	3,845,450,956.8	390.6	428.6	434.6	456.2	38.0	6.0	21.6	3,603.1										
21	16,792,482.8	3,665,687,347.2	121.4	125.8	126.6	129.8	4.4	0.8	3.2	3,610.3		•	•	•	•		•	•	•	•
22	477,766.6	3,672,246,681.6	181.2	197.4	192.2	203.0	16.2	-	10.8	3,601.1				•						
23	2,235,610.8	3,936,123,289.6	497.2	506.2	510.0	517.0	9.0	3.8	7.0	3,605.1										
24	1,299,192.2	3,792,563,404.8	542.6	557.4	559.2	568.6	14.8	1.8	9.4	3,602.1										
25	1,738,677.2	3,687,465,779.2	235.0	247.8	253.2	258.2	12.8	5.4	5.0	3,603.5										
26	15,772,144.2	4,275,136,102.4	138.6	148.6	155.8	170.0	10.0	7.2	14.2	3,612.4										
27	1,287,501.4	2,995,100,876.8	242.0	250.4	252.2	257.2	8.4	1.8	5.0	3,603.3										
28	1,832,405.0	2,963,455,180.8	156.0	162.2	163.0	167.0	6.2	0.8	4.0	3,603.5	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
29	8,899,648.4	3,155,671,449.6	129.0	143.0	140.2	153.2	14.0	-	13.0	3,605.9										
30	6,309,599.2	3,073,569,587.2	219.6	235.6	237.6	253.0	16.0	2.0	15.4	3,604.2										
31	1,597,048.4	3,008,403,046.4	192.0	205.4	207.6	214.4	13.4	2.2	6.8	3,603.1										
32	10,194,586.8	3,136,437,452.8	104.8	112.6	114.2	120.2	7.8	1.6	6.0	3,608.0										
33	8,242,640.8	2,987,660,083.2	127.0	140.4	141.0	146.2	13.4	0.6	5.2	3,607.0										
34	5,627,848.2	3,347,420,774.4	137.6	147.2	147.6	161.2	9.6	0.4	13.6	3,607.4							•			
35	3,701,200.0	3,709,593,190.4	174.8	179.8	179.0	180.4	5.0	-	1.4	3,603.2										
36	1,506,919.8	3,032,145,920.0	439.8	457.0	459.2	470.2	17.2	2.2	11.0	3,602.8										
37	1,358,875.6	3,088,914,022.4	215.2	230.8	233.0	249.8	15.6	2.2	16.8	3,602.7										
38	28,491,779.0	3,666,666,496.0	86.2	90.0	90.8	95.0	3.8	0.8	4.2	1,795.7	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
39	980,706.8	3,279,291,187.2	396.8	405.6	411.4	419.4	8.8	5.8	8.0	3,601.6										
40	4,080,603.2	3,352,047,616.0	279.8	281.6	287.4	291.6	1.8	5.8	4.2	3,605.0			•				•			
41	6,631,246.4	3,858,133,811.2	162.8	171.2	172.2	182.6	8.4	1.0	10.4	3,607.6										
42	1,011,859.2	2,461,677,158.4	155.8	165.4	165.8	174.0	9.6	0.4	8.2	3,602.1										
43	31,437,883.0	5,493,622,374.4	139.6	146.4	151.0	152.8	6.8	4.6	1.8	3,615.3										
44	34,127,023.2	6,147,032,678.4	198.8	202.8	204.8	206.8	4.0	2.0	2.0	3,618.2										
45	3,657,441.4	3,252,401,766.4	232.0	250.0	249.4	260.4	18.0	-	11.0	3,606.3	•	•		•		•	•	•	•	•
46	5,739,113.2	3,504,747,315.2	195.2	207.0	207.8	217.2	11.8	0.8	9.4	3,606.8										
47	7,830,138.2	2,912,949,862.4	204.2	204.2	209.2	212.2	-	5.0	3.0	3,606.4										
48	475,313.2	1,816,373,657.6	165.0	176.6	175.0	178.8	11.6	-	3.8	3,601.2				•					•	
49	22,494,253.4	4,246,633,676.8	88.8	102.6	99.0	108.0	13.8	-	9.0	3,612.4										
50	2,816,934.2	4,252,313,190.4	189.2	207.0	206.8	220.2	17.8	-	13.4	3,605.3										
51	10,883,447.2	3,383,817,011.2	96.4	106.6	109.6	112.8	10.2	3.0	3.2	3,608.7	•									
52	1,844,876.4	4,010,840,064.0	269.0	278.8	279.6	287.4	9.8	0.8	7.8	3,604.3										
53	3,949,407.6	3,147,630,182.4	234.2	244.8	246.2	253.2	10.6	1.4	7.0	3,604.1										
54	2,545,333.4	3,222,358,425.6	185.0	204.0	199.2	212.4	19.0	-	13.2	3,604.5										
55	10,659,790.4	3,726,111,539.2	141.8	147.2	151.8	158.4	5.4	4.6	6.6	3,608.1										
56	4,889,738.0	3,178,927,718.4	173.4	189.0	189.0	196.4	15.6	-	7.4	3,604.9										
57	1,587,112.2	3,474,375,475.2	198.0	208.8	207.4	215.2	10.8	-	7.8	3,604.9										
58	1,880,604.0	3,739,163,852.8	202.8	211.8	211.4	217.2	9.0	-	5.8	3,604.8				•					•	
59	1,991,603.8	3,381,451,980.8	231.4	241.2	239.6	243.2	9.8	-	3.6	3,604.9										
60	7,656,119.8	3,720,563,097.6	144.6	149.8	152.0	158.6	5.2	2.2	6.6	3,607.5										
61	1,316,299.4	2,675,449,036.8	236.2	253.0	248.8	261.4	16.8	-	12.6	3,602.5										
62	4,423,326.0	3,163,898,675.2	229.0	238.6	240.2	247.0	9.6	1.6	6.8	3,604.3	•	•		•	•	•	•	•	•	•
63	2,546,709.6	2,923,235,737.6	428.4	438.4	441.0	447.6	10.0	2.6	6.6	3,603.0							•			
64	4,206,823.4	3,280,469,196.8	360.4	374.0	372.4	380.8	13.6	-	8.4	3,605.2						•	•	•	•	•
65	5,226,605.8	3,473,907,712.0	228.2	238.4	242.2	251.0	10.2	3.8	8.8	3,605.3							•	•	•	•
66	1,816,861.8	3,217,514,496.0	191.4	202.8	205.2	213.2	11.4	2.4	8.0	3,603.4										
67	2,478,518.0	2,764,871,270.4	366.4	383.2	384.2	389.4	16.8	1.0	5.2	3,603.3				•	•		•	•	•	•
68	5,473,078.8	3,514,612,940.8	341.4	352.8	355.0	366.2	11.4	2.2	11.2	3,605.3						•	•			•
69	1,991,023.4	3,101,202,022.4	238.8	253.8	258.4	270.0	15.0	4.6	11.6	3,603.4										
70	3,829,159.2	2,995,988,070.4	321.2	333.2	335.4	337.6	12.0	2.2	2.2	3,603.8		•				•	•			
71	3,647,419.4	2,812,228,403.2	273.4	284.8	287.8	307.2	11.4	3.0	19.4	3,6										

#	Estados Expandidos	Memória	h^{PDB1}	h^{PDB2}	h^{PDB3}	h^{PDB4}	2C	3C	4C	Tempo	PRB ₂					PRB ₄				
											1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	4,021,944.0	916,841,267.2	77.0	90.0	91.0	91.0	13.0	1.0	-	90.4	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
2	28,582,644.6	8,589,961,625.6	115.0	128.0	127.8	129.2	13.0	-	1.4	1,019.4	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
3	29,022,897.6	8,589,968,998.4	106.0	119.0	119.4	120.8	13.0	0.4	1.4	1,173.7	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
4	13,209,144.6	8,589,963,264.0	324.0	346.0	341.0	345.4	22.0	-	4.4	1,051.7	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
5	17,229,172.2	8,589,959,987.2	114.0	140.0	134.4	139.0	26.0	-	4.6	687.1						•	•		•	•
6	42,367,332.8	8,589,961,625.6	88.0	101.0	100.0	102.2	13.0	-	2.2	1,219.1	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
7	35,920,162.4	8,589,962,444.8	57.0	75.0	71.8	75.4	18.0	-	3.6	1,289.6										
8	4,254,386.8	8,589,962,444.8	177.0	203.0	194.6	195.4	26.0	-	0.8	711.6										
9	10,179,734.6	8,589,964,083.2	216.0	233.0	230.2	235.8	17.0	-	5.6	600.9						•	•	•	•	•
10	3,205,993.8	8,589,970,636.8	257.0	290.0	287.0	295.0	33.0	-	8.0	1,008.2										
11	11,161,450.0	8,720,519,987.2	169.0	201.0	195.8	196.4	32.0	-	0.6	622.1	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
12	7,315,209.0	8,856,490,803.2	171.0	188.0	183.2	186.6	17.0	-	3.4	707.1										
13	11,268,707.0	8,848,175,923.2	162.0	192.0	183.4	191.8	30.0	-	8.4	753.7										
14	6,946,232.8	8,589,964,083.2	209.0	229.0	222.2	224.6	20.0	-	2.4	869.1										
15	8,973,585.4	8,589,964,083.2	85.0	114.0	103.2	106.4	29.0	-	3.2	690.9										
16	28,372,068.0	8,589,965,721.6	127.0	148.0	144.8	151.2	21.0	-	6.4	1,333.7										
17	12,171,646.0	2,154,802,380.8	158.0	187.0	185.6	184.4	29.0	-	-	290.5	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
18	16,787,296.8	8,590,012,416.0	68.0	89.0	82.8	85.4	21.0	-	2.6	880.4										
19	9,058,671.2	8,589,962,444.8	216.0	239.0	232.4	235.4	23.0	-	3.0	749.8										
20	8,416,267.0	8,590,225,408.0	289.0	362.0	351.8	358.6	73.0	-	6.8	796.7										
21	35,171,894.6	8,589,999,308.8	72.0	88.0	84.4	86.6	16.0	-	2.2	1,367.6	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
22	3,607,631.4	8,589,965,721.6	113.0	145.0	132.2	137.6	32.0	-	5.4	1,026.1										
23	8,108,866.8	8,589,961,625.6	411.0	440.0	431.0	440.4	29.0	-	9.4	758.5										
24	5,131,399.4	8,589,962,444.8	457.0	487.0	477.4	485.8	30.0	-	8.4	646.2										
25	8,201,874.4	8,589,963,264.0	244.0	286.0	275.8	284.2	42.0	-	8.4	870.4										
26	23,014,836.2	8,589,967,360.0	111.0	135.0	138.6	143.6	24.0	3.6	5.0	1,342.6										
27	6,599,416.0	8,590,317,977.6	273.0	298.0	293.4	302.6	25.0	-	9.2	822.2	•	•	•	•	•					
28	24,433,631.4	8,589,961,625.6	96.0	124.0	114.8	119.6	28.0	-	4.8	1,596.6	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
29	38,108,324.8	8,589,966,540.8	127.0	146.0	139.0	145.4	19.0	-	6.4	1,793.1										
30	26,029,796.2	8,589,968,998.4	173.0	217.0	200.0	204.4	44.0	-	4.4	1,240.3						•	•	•	•	•
31	15,799,381.6	8,589,964,902.4	134.0	165.0	152.4	158.8	31.0	-	6.4	955.0										
32	19,051,643.0	8,589,968,179.2	82.0	99.0	96.4	100.6	17.0	-	4.2	1,020.0										
33	21,048,885.6	8,590,346,649.6	108.0	130.0	124.4	127.6	22.0	-	3.2	1,123.1										
34	12,124,668.6	8,589,962,444.8	119.0	140.0	132.6	135.8	21.0	-	3.2	795.8										
35	9,673,737.6	8,589,961,625.6	59.0	73.0	69.4	70.6	14.0	-	1.2	891.7	•	•	•	•	•					
36	8,299,886.4	8,589,968,179.2	378.0	409.0	400.4	410.0	31.0	-	9.6	1,015.8										
37	5,918,309.8	8,589,964,902.4	175.0	208.0	198.8	209.2	33.0	-	10.4	840.3										
38	28,491,779.0	3,461,203,558.4	73.0	81.0	81.2	85.8	8.0	0.2	4.6	759.4	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
39	5,932,580.6	8,589,960,806.4	520.0	550.0	553.2	568.8	30.0	3.2	15.6	1,029.4										
40	11,460,243.0	8,780,017,664.0	274.0	285.0	283.4	287.6	11.0	-	4.2	732.0						•	•	•	•	•
41	19,020,111.6	8,589,986,201.6	119.0	152.0	151.6	156.4	33.0	-	4.8	974.8										
42	4,820,357.8	8,589,967,360.0	111.0	136.0	123.8	129.2	25.0	-	5.4	1,014.5										
43	35,455,266.4	8,589,965,721.6	104.0	121.0	121.6	123.0	17.0	0.6	1.4	1,119.7	•	•	•	•	•					
44	36,651,381.8	8,590,158,233.6	165.0	175.0	175.4	178.6	10.0	0.4	3.2	1,132.3										
45	10,815,054.4	8,589,966,540.8	209.0	239.0	229.6	238.2	30.0	-	8.6	974.6										
46	10,151,411.6	8,590,219,673.6	161.0	185.0	176.6	180.4	24.0	-	3.8	697.0										
47	19,944,280.8	8,589,962,444.8	152.0	167.0	163.4	169.0	15.0	-	5.6	889.1										
48	3,051,949.4	8,589,959,168.0	159.0	174.0	169.6	171.8	15.0	-	2.2	1,399.0	•	•	•	•	•			•		
49	43,844,274.2	8,589,963,264.0	76.0	102.0	96.6	101.2	26.0	-	4.6	1,498.2										
50	11,378,168.2	8,590,201,651.2	162.0	203.0	183.8	191.4	41.0	-	7.6	761.8										
51	13,926,797.4	8,589,962,444.8	79.0	97.0	95.0	97.8	18.0	-	2.8	718.9										
52	6,555,662.6	8,590,299,955.2	331.0	364.0	351.8	355.6	33.0	-	3.8	618.3										
53	8,589,760.0	8,590,227,046.4	195.0	216.0	212.4	214.0	21.0	-	1.6	749.0										
54	10,549,666.8	8,589,964,902.4	117.0	154.0	137.0	145.8	37.0	-	8.8	788.8										
55	14,288,021.6	8,589,966,540.8	106.0	129.0	123.6	130.8	23.0	-	7.2	721.3										
56	14,595,486.2	8,589,963,264.0	150.0	176.0	167.8	174.0	26.0	-	6.2	995.7										
57	5,851,096.8	8,590,003,404.8	149.0	175.0	162.6	170.6	26.0	-	8.0	659.9										
58	6,342,985.4	8,589,963,264.0	149.0	172.0	164.2	170.2	23.0	-	6.0	760.5										
59	10,066,410.2	8,590,032,896.0	184.0	209.0	197.0	201.8	25.0	-	4.8	791.0										
60	10,397,633.2	8,590,497,382.4	104.0	121.0	115.4	120.0	17.0	-	4.6	738.2										
61	8,702,005.4	8,589,967,360.0	190.0	225.0	208.6	219.0	35.0	-	10.4	867.5										
62	14,944,938.0	8,591,319,040.0	196.0	214.0	210.0	217.2	18.0	-	7.2	767.8										
63	7,135,386.2	8,589,972,275.2	390.0	410.0	407.0	412.8	20.0	-	5.8	787.2										
64	10,153,160.6	8,589,965,721.6	309.0	335.0	330.2	334.2	26.0	-	4.0	752.7						•	•	•	•	•
65	11,234,347.0	8,590,130,380.8	148.0	183.0	172.0	182.4	35.0	-	10.4	780.5	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
66	7,604,675.2	8,589,963,264.0	115.0	145.0	132.0	135.6	30.0	-	3.6	725.7		•								
67	7,213,924.0	8,590,278,656.0	309.0	344.0	333.4	337.8	35.0	-	4.4	925.0	•		•	•	•					
68	10,209,397.6	8,589,961,625.6	282.0	325.0	315.6	324.8	43.0	-	9.2	723.6										
69	8,932,335.6	8,589,962,444.8	184.0	213.0	209.0	212.0	29.0	-	3.0	686.9										
70	14,008,951.6	8,589,963,264.0	283.0	311.0	304.8	309.2	28.0	-	4.4	973.1										
71	15,999,915.0	8,590,040,268.8	224.0	255.0	246.2	248.4	31.0	-	2.2	837.9										
72	33,987,667.0	8,589,964,902.4	51.0	67.0	61.0	64.2	16.0	-	3.2	1,533.6										

#	Estados Expandidos	Memória	h^{PDB1}	h^{PDB2}	h^{PDB3}	h^{PDB4}	2C	3C	4C	Tempo	PRB ₂					PRB ₄				
											1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	4,021,944.0	909,261,209.6	38.6	42.2	64.2	49.2	3.6	22.0	-	136.1	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
2	34,916,709.6	8,590,204,928.0	92.2	97.4	107.4	104.4	5.2	10.0	-	3,302.1	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
3	23,825,018.4	7,205,351,424.0	92.8	98.2	106.6	103.8	5.4	8.4	-	3,629.3	•		•		•	•	•	•	•	•
4	2,319,954.4	3,955,176,243.2	328.4	338.0	349.0	346.2	9.6	11.0	-	3,606.3						•	•	•	•	•
5	17,847,655.6	7,361,495,859.2	79.0	84.0	101.2	92.8	5.0	17.2	-	3,627.3				•				•		
6	30,560,302.6	8,590,066,483.2	64.6	68.8	83.0	78.6	4.2	14.2	-	2,911.6	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
7	22,910,129.6	7,044,405,657.6	59.2	65.2	79.6	76.4	6.0	14.4	-	3,627.9		•	•	•						
8	1,803,101.8	4,313,638,502.4	172.4	181.6	190.8	185.8	9.2	9.2	-	3,608.1										
9	13,447,188.6	5,139,199,590.4	200.0	207.0	211.0	213.6	7.0	4.0	2.6	3,615.5	•			•	•	•	•		•	•
10	549,887.0	4,382,248,960.0	319.8	334.8	351.0	354.4	15.0	16.2	3.4	3,601.6		•								
11	9,109,279.4	5,554,543,820.8	173.4	180.8	200.4	199.8	7.4	19.6	-	3,613.4						•				
12	4,966,940.2	4,852,794,163.2	105.0	109.6	117.8	117.8	4.6	8.2	-	3,612.3		•					•			
13	5,000,788.8	4,838,437,683.2	163.8	170.8	191.4	191.4	7.0	20.6	-	3,611.0										
14	2,617,849.0	4,158,024,089.6	179.0	185.2	195.8	187.8	6.2	10.6	-	3,606.6				•						
15	4,896,049.4	5,082,000,588.8	93.0	100.6	116.4	112.2	7.6	15.8	-	3,611.8										
16	11,126,611.2	5,031,156,121.6	108.8	115.8	129.6	130.6	7.0	13.8	1.0	3,614.9		•								
17	12,171,646.0	2,125,737,164.8	133.4	138.4	163.4	159.0	5.0	25.0	-	454.6	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
18	13,973,523.0	6,263,583,539.2	67.2	73.0	92.8	86.8	5.8	19.8	-	3,620.3										
19	4,270,403.8	5,411,409,920.0	196.6	204.2	222.8	219.4	7.6	18.6	-	3,610.4							•			
20	2,898,058.6	4,935,998,668.8	348.8	369.4	398.4	394.8	20.6	29.0	-	3,605.5										
21	15,389,101.6	5,706,240,819.2	56.8	60.0	73.0	70.0	3.2	13.0	-	3,621.0	•	•	•			•	•	•	•	•
22	679,582.2	4,132,045,619.2	136.0	140.6	160.6	155.6	4.6	20.0	-	3,602.2										
23	3,206,260.4	5,244,574,924.8	351.6	360.0	404.6	379.2	8.4	44.6	-	3,609.0										
24	1,458,723.8	4,634,823,884.8	441.2	450.6	460.2	464.4	9.4	9.6	4.2	3,604.2					•					•
25	2,557,773.0	4,421,765,529.6	212.4	226.0	238.2	236.6	13.6	12.2	-	3,606.1										
26	19,141,624.8	5,697,481,932.8	88.8	97.4	133.8	127.2	8.6	36.4	-	3,624.2										
27	2,065,501.6	3,882,322,329.6	173.8	180.2	187.6	188.6	6.4	7.4	1.0	3,605.7	•				•					
28	2,763,680.8	3,867,711,078.4	152.4	160.2	173.6	175.6	7.8	13.4	2.0	3,606.7					•		•	•	•	•
29	10,907,682.4	4,370,528,665.6	76.2	82.6	90.8	90.8	6.4	8.2	-	3,610.0		•					•			
30	6,664,311.8	4,214,678,323.2	160.6	169.6	192.2	184.4	9.0	22.6	-	3,607.6			•	•	•	•	•	•	•	•
31	2,355,095.2	3,962,536,755.2	159.4	170.2	182.4	183.8	10.8	12.2	1.4	3,605.5										
32	11,263,797.8	4,898,149,990.4	82.2	89.2	98.4	100.4	7.0	9.2	2.0	3,614.3										
33	9,664,967.2	4,749,595,443.2	90.2	98.4	110.4	105.2	8.2	12.0	-	3,613.4										
34	8,151,351.0	5,220,963,123.2	79.6	83.6	98.4	97.2	4.0	14.8	-	3,613.8	•									
35	3,123,033.8	4,487,926,579.2	205.0	212.2	222.4	221.6	7.2	10.2	-	3,605.7								•	•	•
36	2,065,717.8	3,697,015,193.6	297.6	305.6	327.8	329.4	8.0	22.2	1.6	3,604.2										
37	2,030,500.2	3,819,130,880.0	192.6	202.8	219.4	221.4	10.2	16.6	2.0	3,604.8										
38	28,491,779.0	3,506,641,305.6	52.2	56.4	75.8	69.0	4.2	19.4	-	1,595.2	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
39	1,180,617.6	3,986,524,569.6	526.4	538.8	556.0	567.6	12.4	17.2	11.6	3,603.3										
40	4,364,491.2	4,950,436,249.6	238.6	240.6	257.2	260.4	2.0	16.6	3.2	3,610.2				•						
41	8,510,387.6	5,453,330,841.6	111.4	116.2	146.0	148.2	4.8	29.8	2.2	3,614.2		•					•	•		•
42	1,220,397.8	3,163,315,404.8	122.0	131.0	139.2	137.6	9.0	8.2	-	3,603.8										
43	27,464,861.0	8,575,525,683.2	101.4	106.4	123.8	118.0	5.0	17.4	-	3,604.0	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
44	29,925,462.8	8,589,961,625.6	154.0	158.4	173.6	169.6	4.4	15.2	-	3,572.0										
45	3,429,002.8	4,462,350,336.0	202.2	211.0	227.4	227.2	8.8	16.4	-	3,609.5								•		
46	6,054,349.6	5,088,270,745.6	134.2	141.0	152.0	151.2	6.8	11.0	-	3,612.3										
47	8,707,647.8	4,896,835,993.6	171.2	172.4	191.0	190.4	1.2	18.6	-	3,612.9										
48	527,166.6	2,407,777,894.4	129.8	137.2	142.6	141.0	7.4	5.4	-	3,602.3				•			•	•	•	•
49	18,896,137.8	6,273,412,300.8	49.2	53.0	72.2	61.6	3.8	19.2	-	3,621.4		•		•	•					•
50	7,102,162.8	5,400,958,566.4	130.8	141.2	158.6	157.2	10.4	17.4	-	3,609.5										
51	8,732,592.0	5,919,953,715.2	63.0	71.0	85.6	83.4	8.0	14.6	-	3,617.3										
52	2,851,726.6	5,107,832,422.4	252.8	259.8	275.2	272.4	7.0	15.4	-	3,607.2										
53	4,825,660.6	4,447,834,112.0	203.8	213.4	225.4	220.8	9.6	12.0	-	3,609.6										
54	3,367,394.2	4,446,914,150.4	156.2	167.0	179.2	179.0	10.8	12.2	-	3,609.0										
55	8,995,464.8	5,918,923,980.8	109.4	115.8	134.4	127.6	6.4	18.6	-	3,617.6										
56	4,828,468.2	4,542,555,750.4	142.8	147.8	160.0	159.2	5.0	12.2	-	3,609.3										
57	2,526,151.8	4,740,267,212.8	148.2	155.6	163.4	167.6	7.4	7.8	4.2	3,609.7										
58	2,580,079.4	4,727,500,800.0	134.6	140.8	156.4	153.8	6.2	15.6	-	3,608.1										
59	2,861,002.0	4,388,694,425.6	173.4	180.2	191.6	190.6	6.8	11.4	-	3,609.0										
60	7,323,669.2	5,399,109,632.0	110.8	115.2	128.8	125.0	4.4	13.6	-	3,615.5										
61	1,558,485.0	3,442,863,308.8	157.6	166.4	176.0	175.8	8.8	9.6	-	3,605.0								•		
62	4,985,059.6	4,528,245,145.6	201.4	209.0	217.8	217.4	7.6	8.8	-	3,608.5							•	•	•	•
63	2,501,707.4	3,922,049,433.6	366.2	374.2	383.2	387.4	8.0	9.0	4.2	3,605.4								•	•	•
64	4,055,615.6	4,772,592,844.8	280.6	288.0	297.0	296.2	7.4	9.0	-	3,610.1		•	•			•	•	•	•	•
65	4,630,367.6	4,921,900,236.8	133.4	141.2	160.0	153.2	7.8	18.8	-	3,609.7					•					•
66	2,516,749.2	4,346,611,302.4	158.6	166.8	183.0	178.6	8.2	16.2	-	3,606.2										
67	2,451,496.4	3,778,265,088.0	335.2	345.6	356.8	355.6	10.4	11.2	-	3,605.5									•	
68	5,421,845.8	5,033,392,537.6	231.2	238.6	258.0	256.0	7.4	19.4	-	3,611.5	•					•			•	
69	3,420,320.8	4,237,133,414.4	191.2	202.0	222.0	219.4	10.8	20.0	-	3,606.5										
70	3,287,879.6	4,355,306,291.2	224.4	231.4	250.0	245.6	7.0	18.6	-	3,607.6							•			
71	3,796,773.4	4,139,674,828.8	241.0	252.2	267.2	262.2	11.2	15.0	-	3,607.3										
72	8,224,554.6	4,765,293,772.8	107.6	114.6</																

#	Estados Expandidos	Memória	h^{PDB1}	h^{PDB2}	h^{PDB3}	h^{PDB4}	2C	3C	4C	Tempo	PRB ₂					PRB ₄				
											1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	4,021,944.0	911,967,846.4	28.2	29.2	29.2	46.8	1.0	-	17.6	166.9	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
2	18,244,999.2	6,760,758,476.8	67.8	74.8	72.4	85.0	7.0	-	12.6	3,623.3	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
3	19,289,499.4	6,026,844,569.6	67.6	73.0	72.6	89.2	5.4	-	16.6	3,620.0	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
4	1,679,029.8	2,986,328,883.2	220.2	229.2	230.2	243.8	9.0	1.0	13.6	3,603.8	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
5	11,288,972.2	5,096,484,044.8	94.8	100.6	101.8	121.4	5.8	1.2	19.6	3,615.2	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
6	24,294,138.4	7,470,758,297.6	56.0	62.2	63.0	83.0	6.2	0.8	20.0	3,625.5	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
7	18,627,851.2	5,440,208,896.0	55.6	61.8	60.6	80.4	6.2	-	19.8	3,619.2	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
8	1,105,213.4	3,037,816,422.4	157.0	170.2	166.0	179.6	13.2	-	13.6	3,604.4	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
9	4,903,731.8	4,259,836,723.2	209.0	218.6	219.0	238.4	9.6	0.4	19.4	3,609.7	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
10	291,670.6	4,019,633,356.8	285.2	303.0	305.2	321.0	17.8	2.2	15.8	3,600.9	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
11	5,322,597.4	4,215,681,843.2	170.2	179.0	183.2	205.4	8.8	4.2	22.2	3,609.3	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
12	2,398,190.0	3,398,141,542.4	109.4	117.2	115.4	126.0	7.8	-	10.6	3,606.1	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
13	2,601,547.8	3,534,844,723.2	146.8	160.6	156.4	179.0	13.8	-	22.6	3,605.9	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
14	1,635,603.4	3,177,894,707.2	127.6	134.4	133.0	142.6	6.8	-	9.6	3,603.4	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
15	2,735,829.2	3,677,328,179.2	84.0	92.6	92.4	110.6	8.6	-	18.2	3,606.1	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
16	8,949,116.0	3,284,298,956.8	98.8	108.6	107.6	125.2	9.8	-	17.6	3,608.1	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
17	12,171,646.0	2,098,551,193.6	108.0	112.6	113.2	134.4	4.6	0.6	21.2	567.5	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
18	8,615,621.0	4,780,796,313.6	76.8	82.8	81.8	106.4	6.0	-	24.6	3,612.4	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
19	2,723,173.0	4,051,238,912.0	180.2	187.6	188.4	211.8	7.4	0.8	23.4	3,605.6	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
20	1,628,101.6	3,921,754,521.6	282.6	325.0	310.6	351.0	42.4	-	40.4	3,603.4	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
21	10,788,053.8	4,278,798,745.6	73.0	79.2	80.0	96.0	6.2	0.8	16.0	3,611.3	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
22	457,006.8	3,728,216,064.0	142.6	149.8	147.0	170.6	7.2	-	23.6	3,601.3	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
23	1,999,612.8	3,954,192,384.0	363.6	373.6	374.8	425.8	10.0	1.2	51.0	3,604.5	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
24	678,971.0	3,895,907,942.4	441.2	455.8	453.4	470.0	14.6	-	16.6	3,602.0	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
25	1,916,704.4	3,788,079,923.2	216.2	231.8	228.2	250.2	15.6	-	22.0	3,603.8	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
26	14,537,402.4	4,541,370,368.0	85.6	95.8	96.2	134.8	10.2	0.4	38.6	3,613.3	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
27	1,286,983.2	2,971,602,128.8	128.4	139.4	138.2	151.0	11.0	-	12.8	3,603.7	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
28	1,761,726.4	2,952,678,604.8	121.6	136.0	131.4	148.6	14.4	-	17.2	3,604.0	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
29	7,659,014.0	3,233,337,344.0	107.0	117.0	115.0	133.8	10.0	-	18.8	3,606.7	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
30	4,364,403.2	3,394,555,904.0	170.0	192.6	184.8	219.4	22.6	-	34.6	3,604.9	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
31	1,682,286.4	2,998,951,116.8	141.2	156.2	153.0	172.0	15.0	-	19.0	3,603.3	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
32	6,744,080.2	3,485,011,148.8	65.2	73.8	72.6	88.2	8.6	-	15.6	3,608.7	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
33	5,228,580.6	3,427,815,424.0	86.0	96.6	93.2	112.4	10.6	-	19.2	3,607.8	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
34	4,220,180.0	3,705,434,931.2	88.0	95.2	93.8	116.8	7.2	-	23.0	3,607.8	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
35	2,258,140.4	3,837,377,740.8	179.2	186.2	186.2	202.0	7.0	-	15.8	3,603.6	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
36	1,503,761.0	3,135,930,368.0	323.6	334.8	334.8	362.6	11.2	-	27.8	3,602.8	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
37	1,170,397.8	3,113,519,513.6	178.4	194.6	192.4	218.2	16.2	-	25.8	3,602.6	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
38	28,491,779.0	3,344,409,395.2	34.6	37.6	38.0	63.0	3.0	0.4	25.0	1,828.5	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
39	818,895.4	3,388,628,992.0	370.4	385.6	387.8	404.2	15.2	2.2	16.4	3,601.8	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
40	2,737,955.0	3,484,314,828.8	247.2	250.4	252.6	272.8	3.2	2.2	20.2	3,605.1	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
41	5,866,753.0	4,155,052,032.0	119.8	128.2	128.2	160.4	8.4	-	32.2	3,608.2	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
42	804,409.2	2,475,094,016.0	119.2	132.8	128.2	142.8	13.6	-	14.6	3,602.1	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
43	18,316,553.8	6,718,345,216.0	61.0	65.6	66.0	85.0	4.6	0.4	19.0	3,618.1	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
44	24,227,133.0	7,244,264,243.2	104.6	110.0	110.6	135.2	5.4	0.6	24.6	3,621.3	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
45	2,440,547.4	3,352,799,641.6	196.8	209.4	208.8	230.0	12.6	-	21.2	3,606.3	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
46	3,169,507.6	3,746,736,537.6	133.4	144.4	142.0	158.8	11.0	-	16.8	3,607.7	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
47	4,308,665.2	3,280,033,382.4	156.2	159.0	161.0	178.4	2.8	2.0	17.4	3,607.2	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
48	303,830.2	1,843,972,505.6	148.2	157.4	156.0	164.8	9.2	-	8.8	3,601.4	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
49	14,511,246.4	4,772,818,124.8	58.8	67.4	63.8	86.8	8.6	-	23.0	3,613.3	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
50	4,142,848.0	4,177,462,886.4	140.2	159.2	151.2	177.2	19.0	-	26.0	3,606.1	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
51	5,279,184.4	3,959,632,691.2	64.8	74.0	72.6	91.2	9.2	-	18.6	3,611.8	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
52	1,872,934.2	4,000,423,116.8	186.6	195.6	193.6	207.8	9.0	-	14.2	3,604.1	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
53	2,794,139.8	3,262,486,937.6	167.2	176.2	176.2	190.2	9.0	-	14.0	3,605.4	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
54	2,122,330.6	3,265,728,512.0	151.6	172.6	162.6	185.4	21.0	-	22.8	3,604.4	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
55	6,227,181.2	4,238,634,188.8	104.0	110.8	112.8	135.4	6.8	2.0	22.6	3,609.3	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
56	2,797,061.4	3,344,574,054.4	129.0	145.8	138.4	156.8	16.8	-	18.4	3,605.3	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
57	1,526,931.6	3,466,959,257.6	133.2	148.8	142.6	160.0	15.6	-	17.4	3,605.3	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
58	1,713,080.4	3,715,664,281.6	147.6	154.6	155.8	176.8	7.0	1.2	21.0	3,604.7	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
59	2,078,700.0	3,385,332,531.2	144.8	158.6	153.2	171.8	13.8	-	18.6	3,605.3	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
60	4,524,833.4	3,936,590,233.6	104.0	109.4	110.8	128.2	5.4	1.4	17.4	3,607.8	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
61	1,206,909.6	2,786,175,385.6	188.4	207.6	199.8	220.2	19.2	-	20.4	3,603.0	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
62	3,177,380.8	3,538,963,660.8	182.8	193.8	194.0	207.6	11.0	0.2	13.6	3,605.1	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
63	1,619,373.4	3,119,787,212.8	263.4	274.2	274.0	290.4	10.8	-	16.4	3,603.5	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
64	2,737,190.8	3,441,061,888.0	266.4	280.6	275.0	291.2	14.2	-	16.2	3,605.5	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
65	2,887,865.4	3,635,225,395.2	145.2	154.4	155.2	182.6	9.2	0.8	27.4	3,605.6	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
66	1,575,551.6	3,270,973,849.6	140.0	152.0	149.4	168.4	12.0	-	19.0	3,603.6	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
67	1,543,233.6	2,878,521,344.0	253.6	268.4	264.4	280.8	14.8	-	16.4	3,603.5	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●

Table 20: $[w(h^{PDB4}), 4C, h^{PDB4}]$