# Relatório Técnico Organização e Arquitetura de Computadores -Trabalho 3

### Bruno Bragança Mendes e João Paulo Medeiros Cecilio

**Resumo.** Este relatório técnico tem por objetivo reproduzir o comportamento da memória cache utilizando duas funções de mapeamento de blocos de memória distintas, o mapeamento direto e o mapeamento associativo. Ele também visa analisar o desempenho de cada uma das funções de mapeamento de acordo com a quantidade de HITs e MISSes.

# 1. Introdução

Inicialmente colocamos todas instruções do programa em um arquivo excel, inserindo em colunas cada um dos acesos à memória já convertidos para binário.

Após isso, fizemos uma lista de todos esses acessos e salvamos no arquivo acessos.txt, carregando esse arquivo em um script Python (Requisitos: Python 2, biblioteca Numpy) para realização dos testes e estatísticas. Abaixo arquivos utilizados no trabalho.

- 1. codigoacessos.xlsx Arquivo usado para transcrever os endereços de memória
- 2. acessos.txt Analítico de todos os endereços de memória usados
- 3. principal.py Script python para execução do menu principal e chamada dos demais scripts.
- 4. direta.py Script python para os testes de mapeamento direto
- 5. associativa.py Script python para os testes de mapeamento associativo

A execução do programa é realizada no *shell* do Linux através do comando **python2 principal.py acessos.txt**, sendo possível escolher entre os testes com mapeamento direto ou mapeamento associativo.

OBS: O comando acima pressupõe que o python2 está instalado no diretório default do Linux ou que o caminho do python2 esteja devidamente setado.

### 2. Testes com Mapeamento Direto

Para realização dos testes de mapeamento direto foram criadas as seguintes estruturas de dados:

- Uma lista de listas (endereço a ser acessado e resultado de acerto/erro), chamada de lista acessos.
- Um dicionário para controlar qual a linha da cache que estava sendo utilizada (chave) e o bit de validade (valor), chamado de dicionarioCache.
- Um dicionário para controlar a linha da cache que estava sendo utilizada (chave), chamado de dicionario Tag, e um dicionário (valor) controlando qual a TAG (chave) que estava em uso na linha da cache e um array de endereços (valor) associados aquela TAG, chamado de dicionario Dados.

Ao identificar a linha e a TAG para um determinado endereço, são carregados 2 endereços sequenciais (XXXXXXX0 e XXXXXXX1), 4 endereços sequenciais (XXXXXXX00 até XXXXXX11) ou 8 endereços sequenciais (XXXXXX000 até XXXXXX111) da mesma linha e mesma TAG para o dicionarioDados visando obter o maior número de acertos.

No início do script é possível selecionar cada uma das 3 opções de acordo com o tamanho da linha e da palavra, e logo após verificar os resultados.

Abaixo trecho do código principal que faz a simulação do mapeamento direto e a função utilizada para gerar os endereços sequenciais.

#### Listing 1. Função gerarEnderecos

```
# Funcao que recebe como parametro um endereco, o dicionarioTag, a linha,
# a tag e o tamanho da palavra, e gera todos os enderecos sequenciais que
# serao inseridos no dicionarioDados para aumentar a chance de ocorrer
# HIT nos proximos enderecos.

def gerarEnderecos(enderecoOriginal, dicionarioTag, linha, tag, tamanho_palavra):
    for i in range(pow(2,tamanho_palavra)):
        final = binary_repr(i, tamanho_palavra)
        dados = enderecoOriginal[:-tamanho_palavra]
        dados = dados + final
        dicionarioTag[linha][tag].append(dados)
```

```
Listing 2. Loop principal da gestão de acesso
# Para cada endereco na lista de enderecos,
# Extrai os primeiros x caracteres do endereco e grava na variavel tag
# (onde x e o numero de caracteres da tag).
# Extrai os proximos y caracteres (onde y e o numero de caracteres
\# da linha), iniciando do caractere x+1, e grava na variavel linha.
\# Se a linha for encontrada no dicionario Cache, que controla as linhas
# e o bit de validade
# Se o bit de validade for 0
# grava MISS para o endereco
# muda o bit de validade para 1
# cria um dicionarioDados para o dicionarioTag daquela linha
# executa a funcao gerarEnderecos para criar todos os enderecos que
# serao carregados no dicionario Dados associado aquela Tag e aquela linha.
for j in lista_acessos:
    tag = j[0][:tam\_tag]
    linha = j[0][tam\_tag:-tam\_palavra]
    if linha in dicionarioCache:
        if dicionarioCache.get(linha) == '0':
            j[1] = MISS
            dicionario Cache [linha] = 1
            dicionarioTag[linha] = {tag: []}
            gerarEnderecos(j[0], dicionarioTag, linha, tag, tam_palavra)
    # Se o bit de validade for 1
    \# Se a tag for encontrada no dicionario Tag para a linha indicada
    \# Se o endereco estiver no dicionario Dados
    # grava HIT para o endere o
```

```
# Sen o grava MISS para o endere o
# muda o bit de validade para 1
# cria um dicionarioDados para o dicionarioTag daquela linha
# executa a funcao gerarEnderecos para criar todos os enderecos
# que serao carregados no dicionarioDados
# associado aquela Tag e aquela linha.

else:
    if tag in dicionarioTag[linha].keys():
        if dicionarioTag[linha][tag].count(j[0]) == 1:
             j[1] = 'HIT'
    else:
        j[1] = 'MISS'
        dicionarioCache[linha] = 1
        dicionarioTag[linha] = {tag: []}
        gerarEnderecos(j[0], dicionarioTag, linha, tag, tam_palavra)
```

### 2.1. Resultados do Mapeamento Direto

# 2.1.1. Configuração 1 - 3 bits para tag, 2 bits para linha e 3 bits para palavra

#### Listing 3. Resultados config. 1

```
# Estatisticas:
# Total de HIT: 170.
# Total de MISS: 46.
# Perc. de HIT: 78.7. Perc. de MISS: 21.3.
# Configuração final da cache:
Linha: 00
Tag / Dados: { '010': ['01000000', '01000001', '01000010', '01000011',
                            '01000100', '01000101', '01000110', '01000111']
Linha: 01
{\rm Tag} \ / \ {\rm Dados} \colon \ \{ \ '001 \ ' \colon \ [ \ '001010000 \ ' \ , \ \ '00101001 \ ' \ , \ \ '001010101 \ ' \ , \ \ '001010101 \ ' \ , \ \ '001010101 \ ' \ , \ \ ' \ )
                            '00101100', '00101101', '00101110', '00101111']}
Linha: 10
{\rm Tag} \ / \ {\rm Dados} \colon \ \{ \ '100 \ ' \colon \ [ \ '100100000 \ ' \ , \ \ '100100001 \ ' \ , \ \ '10010010 \ ' \ , \ \ '10010011 \ ' \ , \ \ ' \ )
                            '10010100', '10010101', '10010110', '10010111']}
Linha: 11
Tag / Dados: { '100 ': [ '10011000 ', '10011001 ', '10011010 ', '10011011 '
                            '10011100', '10011101', '10011110', '10011111']}
                                 '00000010',
    Listing 4. HITs e
                                                'HIT'
                                                               '00001100', 'HIT']
                                 ,00000100 , ,
                                                                '00001110',
    MISSes por ende-
                                                                              'HIT'
                                                'HIT'
                                 00000110,
                                               'HIT'
                                                               '00010000', 'MISS']
    reço
                                 ,00001000°,
                                                               ['00010010', 'HIT']
                                               'MISS']
                                '00001010', 'HIT']
                                                              ['00010100', 'HIT']
['00000000', 'MISS']
```

```
'00010110',\\
                                                                                                                      '01000100',
                             'HIT']
                                                           '00101111'
                                                                                        'HIT'
                                                                                                                                                    'HIT']
                              'MISS']
                                                                                         'MISS']
                                                                                                                                                    'MISS'
'00011000'
                                                           '00110001'
                                                                                                                       '00000111'
'00011010
                              'HIT'
                                                           '00110011
                                                                                         'HIT']
                                                                                                                       '00001001
                                                                                                                                                    'MISS']
                              'HIT'
                                                                                         'HIT'
'00011100'
                                                            '00110101'
                                                                                                                       '00001011
                                                                                                                                                    'HIT'
                             'HIT'
                                                                                         'HIT'
                                                                                                                                                    ^{\prime}\mathrm{HIT}^{\prime}
                                                           '00110111'
'00011101
                                                                                                                       '00001101
                              'HIT'
                                                                                         'MISS']
                                                                                                                                                    ^{\prime}\mathrm{HIT}^{\;\prime}
00011111
                                                           '00111011'
                                                                                                                       '00001111
'00100001
                             'MISS']
                                                            '00111101'
                                                                                         'HIT']
                                                                                                                       '00010001
                                                                                                                                                    'MISS']
                              ^{\prime}HIT^{\prime}
                                                                                         ^{\prime}\mathrm{HIT}^{\,\prime}
                                                                                                                                                    T_{\rm HIT} \,,\, 
'00100011
                                                           '00111111
                                                                                                                       '00010011
                             'MISS']
                                                                                         'MISS']
                                                           '01000001
                                                                                                                       '00010101
                                                                                                                                                    'HIT'
'00110001
'00110011
                              'HIT'
                                                           '01000101
                                                                                         'HIT']
                                                                                                                       '00010111
                                                                                                                                                    'HIT'
                                                                                                                                                    'MISS']
                              'HIT'
                                                                                         'MISS']
'00110101
                                                            00000001
                                                                                                                       '00011001
                              ^{\prime}\mathrm{HIT}~^{\prime}
'00110111
                                                            '00000011
                                                                                         'HIT'
                                                                                                                       '00011011
                                                                                                                                                    'HIT'
                              'MISS'
                                                                                         'HIT '
                                                                                                                                                    ^{\prime}\mathrm{HIT}~^{\prime}
'00111001
                                                           '00000101
                                                                                                                       '00011101
                              'MISS']
'00010100
                                                            '00000111
                                                                                         'HIT
                                                                                                                       '00011110
                                                                                                                                                    'HIT'
'00010110
                              'HIT'
                                                            '00001001
                                                                                         'MISS']
                                                                                                                       '00100000
                                                                                                                                                    'MISS']
                                                                                         'HIT'
                                                                                                                                                    'HIT '
'00011000
                              'MISS']
                                                           '00001011
                                                                                                                       '00100010
'00011010
                              'HIT'
                                                           '00001101
                                                                                         ^{\prime}HIT^{\prime}
                                                                                                                       '00100110
                                                                                                                                                    'HIT'
00011100
                              'HIT'
                                                                                         'HIT']
                                                                                                                                                    'MISS']
                                                           '00001111
                                                                                                                       '00101000
                              'HIT'
00011101
                                                            00010001
                                                                                         'MISS']
                                                                                                                       '00101010
                                                                                                                                                    'HIT'
                              'HIT'
                                                                                         'HIT'
                                                                                                                                                    'HIT '
                                                           '00010011
'00011111
                                                                                                                       '00101100
                             'HIT'
                                                                                         'HIT '
                                                                                                                                                    ^{\prime}\mathrm{HIT}~^{\prime}
                                                           '00010101
'00100001
                                                                                                                       '00101110
                                                                                                                                                    'MISS']
'00100101
                              'HIT'
                                                           '00010111
                                                                                         'HIT'
                                                                                                                       '00110000
                                                                                         'MISS']
'00100111
                              'HIT'
                                                            '00011001
                                                                                                                       '00110010
                                                                                                                                                    'HIT'
                              'MISS']
                                                                                         'HIT']
                                                                                                                                                    'HIT'
'00101001
                                                           '00011011
                                                                                                                       '00110100
                                                                                         'HIT '
'00101011
                              'HIT'
                                                           '00011101
                                                                                                                       '00110110
                                                                                                                                                    'HIT'
                              'HIT'
                                                                                         'HIT'
                                                                                                                                                    'MISS']
'00101101
                                                           '00011110
                                                                                                                       '00111000
                                                                                         'MISS']
00101111
                              'HIT'
                                                            '00100000'
                                                                                                                       '00111100'
                                                                                                                                                    'HIT'
00110001
                              'MISS']
                                                           '00100010'
                                                                                         'HIT']
                                                                                                                       00111110;
                                                                                                                                                    ^{\prime}\mathrm{HIT}^{\,\prime}
                                                                                                                                                    'MISS']
00110011
                              'HIT'
                                                           '00100100'
                                                                                         'HIT
                                                                                                                       '01000000
                              'HIT'
'00110101
                                                            00110010
                                                                                         'MISS']
                                                                                                                       '01000010
                                                                                                                                                    'HIT'
                              'HIT'
                                                                                         'HIT'
                                                                                                                                                    'HIT
'00110111
                                                           '00110100
                                                                                                                       '01000110
                              'MISS'
                                                                                                                                                    'MISS']
'00111011
                                                           '00110110
                                                                                         'HIT'
                                                                                                                       '10010101
'00111101
                              'HIT'
                                                           '00111000
                                                                                         'MISS']
                                                                                                                       '10010000
                                                                                                                                                    'HIT'
                              'HIT'
                                                                                         'HIT']
                                                                                                                                                    'HIT'
'00111111
                                                            '00111010
                                                                                                                       '10010000
                              'MISS']
                                                                                         'MISS'
                                                                                                                                                    'HIT'
'01000001
                                                            '00010101
                                                                                                                       '10010011
                              'HIT'
                                                                                         '_{\rm HIT},_{\rm l}
                                                                                                                                                    ^{\prime}\mathrm{HIT}~^{\prime}
                                                           '00010111
                                                                                                                       10010011
'01000011
'00000110
                              'MISS'
                                                           '00011001
                                                                                         'MISS']
                                                                                                                       10010000
                                                                                                                                                    'HIT'
'00001000'
                              'MISS']
                                                            '00011011
                                                                                         'HIT'
                                                                                                                       '10010001
                                                                                                                                                    'HIT'
'00001010'
                             ^{\prime}\mathrm{HIT}^{\prime},
                                                           '00011101
                                                                                         'HIT'
                                                                                                                                                    'HIT'
                                                                                                                       '10010001
                              'HIT'
                                                           '00011110
                                                                                         'HIT'
                                                                                                                                                    'HIT'
'00001100'
                                                                                                                       '10010100
'00001110
                              'HIT'
                                                           '00100000
                                                                                         'HIT'
                                                                                                                       '10010100
                                                                                                                                                    'HIT'
'00010000'
                              'MISS']
                                                            '00100010'
                                                                                         'HIT'
                                                                                                                       '10010011
                                                                                                                                                    'HIT'
                              'HIT']
                                                                                         ^{\prime}\mathrm{HIT}^{\,\prime}
                                                                                                                                                    ^{\prime}\mathrm{HIT}^{\,\prime}
'00010010'
                                                           '00100110'
                                                                                                                       '10010001
                             ^{\prime}\mathrm{HIT}^{\,\prime}
'00010100'
                                                           '00101000'
                                                                                         'MISS']
                                                                                                                       '10010001
                                                                                                                                                    ^{\prime}\mathrm{HIT}^{\,\prime}
'00010110'
                              'HIT'
                                                            '00101010'
                                                                                         'HIT'
                                                                                                                       '10010001
                                                                                                                                                    'HIT'
'00011000'
                              'MISS']
                                                           '00101100'
                                                                                         'HIT
                                                                                                                       '10010100
                                                                                                                                                    'HIT'
                              'HIT'
'00011010'
                                                           '00101110'
                                                                                         'HIT'
                                                                                                                       '10010100'
                                                                                                                                                    'HIT'
'00011100
                              'HIT'
                                                           '00110000
                                                                                         'MISS']
                                                                                                                       '10010011
                                                                                                                                                    'HIT'
'00011101
                              'HIT'
                                                           '00110010
                                                                                         'HIT']
                                                                                                                       '10010011
                                                                                                                                                    'HIT'
'00011111
                              'HIT'
                                                            '00110100'
                                                                                         'HIT']
                                                                                                                       '10010010
                                                                                                                                                    'HIT '
                                                                                         'HIT '
                                                                                                                                                    ^{\prime}\mathrm{HIT}~^{\prime}
                              'MISS']
                                                           '\,00110110
                                                                                                                       10010100
'00100001
                              'HIT'
                                                           '00111000
                                                                                         'MISS'
                                                                                                                                                    'HIT'
00100101
                                                                                                                       '10010011
                              'HIT'
                                                            00111100
                                                                                         ^{\prime}HIT^{\prime}
                                                                                                                                                    'HIT'
'00100111
                                                                                                                       '10010010
'00101001
                              'MISS']
                                                           '00111110'
                                                                                         'HIT
                                                                                                                       '10010100
                                                                                                                                                    'HIT'
                                                                                                                                                    ^{\prime}\mathrm{HIT}~^{\prime}
'00101011
                              'HIT'
                                                           '01000000'
                                                                                         'MISS']
                                                                                                                       '10010001
                                                           '01000010',
'00101101',
                              'HIT']
                                                                                         'HIT'
                                                                                                                     ['10010001',
                                                                                                                                                    'HIT'
```

```
'10010000', 'HIT']
                           ['10010100',
                                        'HIT'
                                                      '', 10011000', 'HIT'
                            10010011,
                                                       '10010110',
'10010000',
              'HIT'
                                         'HIT'
                                                                    'HIT'
'10010000',
                            10010010,
                                                       '10011000',
             'HIT'
                                         'HIT'
                                                                    'HIT'
'10010011',
                                                       '10010110',
             'HIT'
                            '10010100'
                                         'HIT'
                                                                    'HIT'
             'HIT'
                                         'HIT'
                                                                  , 'HIT'
                            '10010001'
'10010011'
                                                       '10010111'
,10010000,
                            '10010001'
                                                                    'HIT'
              'HIT']
                                         'HIT'
                                                       '10010110 ',
10010001,
                                                       100101111,
              'HIT'
                            10010000;
                                         'HIT']
                                                                    'HIT'
'10010001',
                            ,10010000<sup>,</sup>
                                                       <sup>'</sup>10010111 <sup>'</sup>,
             'HIT'
                                         'HIT'
                                                                    'HIT'
'10010100',
                                                       '10010110',
                            '10011000',
             'HIT'
                                         'MISS']
                                                                    'HIT'
10010100,
                                                       '10010111',
             'HIT'
                            '10010111',
                                         'HIT'
                                                                    'HIT'
,10010011,
                                                       '10010110',
              'HIT'
                            ,10011000;
                                         'HIT']
                                                                    'HIT'
'10010011',
             'HIT'
                            10010110;
                                         'HIT'
',10010010', 'HIT'
                          ['10011000',
                                         'HIT'
```

# 2.1.2. Configuração 2 - 3 bits para tag, 3 bits para linha e 2 bits para palavra

#### Listing 5. Resultados config. 2

```
# Estatisticas:
# Total de HIT: 136.
# Total de MISS: 80.
# Perc. de HIT: 62.96. Perc. de MISS: 37.04.
# Configuração final da cache:
Linha: 000
Tag / Dados: {'010': ['01000000', '01000001', '01000010', '01000011']}
Linha: 001
Tag / Dados: {'010': ['01000100', '01000101', '01000110', '01000111']}
Linha: 010
Tag / Dados: {'001': ['00101000', '00101001', '00101010', '00101011']}
Linha: 011
Tag / Dados: {'001': ['00101100', '00101101', '00101110', '00101111']}
Tag / Dados: { '100 ': [ '10010000 ', '10010001 ', '10010010 ', '10010011 '] }
Tag / Dados: { '100 ': [ '10010100 ', '10010101 ', '10010110 ', '10010111 ']}
Linha: 110
Tag / Dados: { '100 ': [ '10011000 ', '10011001 ', '10011010 ', '10011011 ']}
Linha: 111
Tag / Dados: {'001': ['00111100', '00111101', '00111110', '00111111']}
```

```
Listing 6.
              HITs e
                             '00001110'
                                            'HIT']
                                                           '00100000'
                                                                          ^{\prime}HIT^{\prime}
  MISSes por ende-
                              '00010000
                                            'MISS']
                                                           '00100010'
                                                                          'HIT'
                                            'HIT']
                                                                          'HIT'
  reço
                              '00010010
                                                           '00100110
                              '00010100'
                                            'MISS']
                                                                          'MISS']
                                                           '00101000
                                            '_{\rm HIT},_{\rm l}
                                                                          ^{\prime}\mathrm{HIT}
                              '00010110 '
                                                           '00101010
                                            'MISS']
                              00011000
                                                           '00101100
                                                                          'MISS']
'00000000',
              'MISS']
                              00011010
                                            'HIT'
                                                           '00101110
                                                                          ^{\prime}HIT^{\prime}
'00000010
              'HIT'
                                            'MISS']
                                                                          'HIT '
                              00011100
                                                           '00110000
              'MISS']
'00000100
                                            'HIT']
                             '00011101
                                                           '00110010
                                                                          'HIT'
'00000110'
              'HIT'
                              '00011111
                                            'HIT'
                                                           '00110100
                                                                          'MISS']
              'MISS']
'00001000'
                              00100001
                                            'MISS'
                                                           '00110110
                                                                          'HIT'
00001010
              'HIT'
                              '00100101
                                            'MISS']
                                                           '00111000
                                                                          'MISS'
'00001100
              'MISS']
                                            'HIT'
                                                                          'MISS']
                              '00100111
                                                           '00111100
'00001110
              'HIT'
                              '00101001
                                            'MISS']
                                                            '00111110
                                                                          'HIT'
'00010000
              'MISS'
                                                                          'MISS'
                              '00101011
                                            'HIT'
                                                           '01000000
              'HIT']
'00010010
                             '00101101
                                            'MISS'
                                                           '01000010
                                                                          'HIT'
00010100
              'MISS']
                              '00101111
                                            'HIT']
                                                           '01000100
                                                                          'MISS'
              'HIT'
'00010110
                                            'MISS']
                                                                          'MISS'
                              '00110001
                                                           '00000111
              'MISS']
'00011000
                                            'HIT'
                              '00110011
                                                                          'MISS']
                                                           '00001001
00011010
              'HIT'
                                            'MISS']
                                                                          'HIT'
                              '00110101
                                                           '00001011
              'MISS']
'00011100
                                            'HIT'
                             '00110111
                                                                          'MISS']
                                                           '00001101
              'HIT'
'00011101
                              '00111011
                                            'MISS'
                                                           '00001111
                                                                          'HIT'
'00011111
              'HIT'
                              '00111101
                                            'MISS']
                                                           '00010001
                                                                          'MISS']
              'MISS']
'00100001
                                                                          ^{\prime}\mathrm{HIT}
                                            'HIT']
                             '00111111
                                                           '00010011
'00100011
              'HIT'
                             '01000001
                                            'MISS'
                                                           '00010101
                                                                          'MISS']
              'MISS']
'00110001
                                            'MISS'
                              '01000101
                                                           '00010111
                                                                          'HIT'
'00110011
              'HIT'
                              00000001
                                            'MISS']
                                                           '00011001
                                                                          'MISS']
00110101
              'MISS']
                              00000011
                                            ^{\prime}\mathrm{HIT}
                                                                          'HIT'
                                                           '00011011
'00110111
              'HIT'
                              00000101
                                            'MISS']
                                                           '00011101
                                                                          'MISS'
'00111001
              'MISS']
                              '00000111
                                            'HIT
                                                           '00011110
                                                                          'HIT'
'00010100
              'MISS']
                                            'MISS']
                                                                          'MISS']
                              00001001
                                                           '00100000
'00010110
              'HIT'
                             '00001011
                                            'HIT'
                                                           '00100010
                                                                          'HIT'
              'MISS'
'00011000'
                              '00001101
                                            'MISS']
                                                           '00100110
                                                                          'MISS'
              'HIT'
'00011010
                                            'HIT'
                                                                          'MISS']
                              '00001111
                                                           '00101000
'00011100
              'HIT'
                                            'MISS'
                                                                          ^{\prime}HIT^{\prime}
                              '00010001
                                                           '00101010
00011101
              'HIT'
                                            '_{\rm HIT},_{\rm I}
                             '00010011
                                                                          'MISS']
                                                           '00101100
'00011111
              'HIT'
                              '00010101
                                            'MISS']
                                                           '00101110
                                                                          'HIT'
'00100001
              'HIT'
                              '00010111
                                            'HIT'
                                                           '00110000
                                                                          'MISS']
              'MISS']
'00100101
                                            'MISS'
                              '00011001
                                                           '00110010
                                                                          'HIT'
'00100111
              'HIT'
                                            'HIT']
                                                                          'MISS']
                             '00011011
                                                           '00110100
'00101001
              'MISS'
                              '00011101
                                            'MISS']
                                                           '00110110
                                                                          'HIT'
'00101011
              'HIT'
                              00011110
                                            'HIT']
                                                           '00111000
                                                                          'MISS'
              'MISS']
00101101
                                            'MISS']
                              '00100000
                                                           '00111100
                                                                          'MISS']
'00101111
              'HIT'
                                            'HIT'
                             '00100010
                                                           '00111110
                                                                          'HIT'
'00110001
              'HIT'
                              '00100100
                                            'MISS'
                                                           '01000000'
                                                                          'MISS'
'00110011
              'HIT'
                             '00110010
                                            'MISS'
                                                           '01000010'
                                                                          'HIT'
              'MISS']
'00110101
                             '00110100
                                            'MISS']
                                                           '01000110
                                                                          'MISS'
00110111
              'HIT']
                              '00110110
                                            'HIT'
                                                           '10010101
                                                                          'MISS'
              'MISS']
00111011
                              '00111000
                                            'MISS']
                                                           '10010000
                                                                          'MISS'
'00111101
              'MISS']
                              00111010
                                            'HIT']
                                                           10010000
                                                                          'HIT'
00111111
              'HIT'
                                            'MISS']
                                                                          'HIT'
                              '00010101
                                                            '10010011
'01000001
              'MISS'
                                            ^{\prime}HIT ^{\prime}
                              '00010111
                                                            '10010011
                                                                          'HIT'
'01000011
              'HIT'
                                            'MISS']
                                                                          'HIT
                              '00011001
                                                            10010000
'00000110
              'MISS'
                              '00011011
                                            ^{\prime}HIT^{\prime}
                                                           '10010001
                                                                          'HIT
              'MISS'
'00001000'
                                            'HIT'
                                                           '10010001
                                                                          'HIT'
                             '00011101
              'HIT'
'00001010'
                             '00011110',
                                            'HIT']
                                                           '10010100',
                                                                          'HIT'
'00001100'
              'MISS']
```

```
'10010100',
                              '10010000',
                                                             '10010000',
               'HIT'
                                             'HIT'
                                                                           'HIT'
                                                             '10011000',\\
               'HIT'
                                             'HIT'
'10010011'
                               '10010011'
                                                                            'MISS']
'10010001
               'HIT'
                               '10010011'
                                             'HIT'
                                                             '10010111',
                                                                            'HIT'
'10010001
               'HIT'
                               '10010000'
                                             'HIT'
                                                             '10011000'
                                                                            'HIT'
               'HIT'
                                              'HIT'
                               10010001;
                                                             10010110;
                                                                            'HIT'
10010001
                                              ^{\prime}\mathrm{HIT}^{\,\prime}
10010100
               'HIT'
                               10010001
                                                             '10011000 '
                                                                            'HIT'
10010100;
               'HIT'
                               '10010100'
                                             'HIT
                                                             10011000
                                                                            'HIT
10010011;
               'HIT'
                                             'HIT'
                               '10010100'
                                                             '10010110'
                                                                            'HIT'
'10010011
               'HIT'
                               '10010011'
                                             'HIT'
                                                             '10011000'
                                                                            'HIT'
'10010010
               'HIT'
                               '10010011'
                                             'HIT'
                                                             '10010110'
                                                                            'HIT'
10010100
               'HIT'
                               '10010010
                                              'HIT'
                                                             '10010111
                                                                            'HIT'
'10010011
               'HIT'
                               '10010100
                                              'HIT'
                                                             '10010110'
                                                                            ^{\prime}\mathrm{HIT}^{\,\prime}
10010010
               ^{\prime}\mathrm{HIT}^{\,\prime}
                               10010011
                                              ^{\prime}\mathrm{HIT}
                                                                            'HIT'
                                                             '10010111 '
               'HIT'
10010100
                               10010010
                                              'HIT'
                                                             10010111
                                                                            'HIT'
'10010001
               'HIT'
                               ' 10010100 '
                                              'HIT'
                                                             '10010110
                                                                            'HIT'
'10010001
               'HIT'
                               '10010001'
                                              'HIT'
                                                             '10010111 '
                                                                            'HIT'
'10010000',
               'HIT'
                               '10010001'
                                             'HIT'
                                                             '10010110'
                                                                            'HIT'
'10010000',
               'HIT']
                             ['10010000',
                                             'HIT']
```

# 2.1.3. Configuração 3 - 3 bits para tag, 4 bits para linha e 1 bits para palavra

#### Listing 7. Resultados config. 3

```
\# Estatisticas:
 Total de HIT: 75.
 Total de MISS: 141.
# Perc. de HIT: 34.72. Perc. de MISS: 65.28.
# Configuração final da cache:
Linha: 0000
Tag / Dados: {'010': ['01000000', '01000001']}
Linha: 0001
Tag / Dados: { '010 ': [ '01000010 ', '01000011 ']}
Linha: 0010
Tag / Dados: {'010': ['01000100', '01000101']}
Linha: 0011
Tag / Dados: { '010 ': [ '01000110 ', '01000111 ']}
Linha: 0100
Tag / Dados: { '001': [ '00101000', '00101001']}
Linha: 0101
Tag / Dados: { '001': ['00101010', '00101011']}
Linha: 0110
Tag / Dados: {'001': ['00101100', '00101101']}
Linha: 0111
Tag / Dados: {'001': ['00101110', '00101111']}
```

```
Linha: 1000
Tag / Dados: { '100 ': [ '10010000 ', '10010001 ']}
Linha: 1001
Tag / Dados: { '100 ': [ '10010010 ', '10010011 ']}
Linha: 1010
Tag / Dados: { '100': ['10010100', '10010101']}
Linha: 1011
Tag / Dados: { '100 ': [ '10010110 ', '10010111 ']}
Linha: 1100
Tag / Dados: { '100 ': [ '10011000 ', '10011001 ']}
Linha: 1101
Tag / Dados: {'000': ['00011010', '00011011']}
Linha: 1110
Tag / Dados: { '001': ['00111100', '00111101']}
Linha: 1111
Tag / Dados: { '001': ['00111110', '00111111']}
```

```
'00111001',
                                                           '00001110',\\
   Listing 8. HITs e
                                            'MISS']
                                                                          'MISS']
                              '00010100'
                                            'MISS'
   MISSes por ende-
                                                            '00010000'
                                                                          'MISS'
                                            'MISS'
                                                                          'MISS'
                              '00010110'
                                                           '00010010'
   reço
                              '00011000'
                                            'MISS']
                                                           '00010100'
                                                                          'MISS'
                              '00011010
                                            'HIT']
                                                           '00010110'
                                                                          'MISS']
                                            'HIT'
                              '00011100'
                                                           '00011000'
                                                                          'HIT']
'00000000',
               'MISS'
                                            'HIT']
                                                                          'MISS']
                              '00011101
                                                           '00011010'
'00000010
               'MISS'
                                            ^{\prime}\mathrm{HIT}
                              '00011111
                                                                          'MISS']
                                                           '00011100 '
'00000100'
               'MISS'
                              '00100001
                                            'HIT'
                                                           '00011101
                                                                          'HIT']
'00000110
               'MISS'
                              '00100101
                                            'MISS'
                                                           '00011111
                                                                          'MISS'
'00001000'
               'MISS'
                              '00100111
                                            'MISS'
                                                           00100001
                                                                          'MISS']
'00001010'
               'MISS'
                              '00101001
                                            'MISS'
                                                                          'HIT']
                                                           '00100101
              ^{\prime}\mathrm{MISS}~^{\prime}
'00001100'
                              '00101011'
                                            'MISS'
                                                           '00100111
                                                                          'MISS']
               'MISS'
'00001110
                              '00101101'
                                            'MISS'
                                                           00101001
                                                                          'MISS'
'00010000
               'MISS'
                                            'MISS']
                                                                          ^{\prime} MISS ^{\prime}
                              '00101111
                                                           '00101011
'00010010'
               'MISS'
                              '00110001
                                            'HIT'
                                                                          'MISS '
                                                           '00101101
'00010100'
               'MISS'
                              '00110011
                                            'HIT'
                                                           '00101111
                                                                          'MISS'
'00010110'
              'MISS']
                              '00110101
                                            'MISS']
                                                           '00110001
                                                                          'MISS'
'00011000'
               'MISS']
                                            'MISS'
                              '00110111'
                                                           '00110011'
                                                                          'MISS'
'00011010'
               'MISS']
                              '00111011'
                                            'MISS'
                                                           '00110101'
                                                                          'MISS'
              'MISS']
'00011100'
                              '00111101'
                                            'MISS'
                                                           '00110111
                                                                          'MISS'
'00011101
               'HIT'
                              '00111111'
                                            'MISS'
                                                           '00111011
                                                                          'MISS'
               'MISS'
'00011111
                                            'MISS'
                              '01000001'
                                                                          'MISS'
                                                           '00111101
00100001
               'MISS'
                                            ^{\prime}\mathrm{MISS}~^{\prime}
                              '01000011
                                                           '00111111
                                                                          'MISS'
'00100011
               'MISS'
                                            'MISS'
                                                           '01000001
                                                                          'MISS'
                              '00000110'
'00110001
               'MISS'
                              '00001000'
                                            'MISS'
                                                           '01000101
                                                                          'MISS'
              'MISS'
'00110011
                                            'MISS'
                                                                          'MISS'
                              '00001010'
                                                           '00000001'
              'MISS'
'00110101
                              '00001100',
                                                          ['00000011',
                                            'MISS']
                                                                          'MISS']
'00110111',
              'MISS']
```

```
'00000101',
              'MISS']
                             '00001001'
                                            'MISS'
                                                           '10010011'
                                                                         'HIT'
00000111
              'MISS'
                                            'MISS'
                             '00001011
                                                           '10010010
                                                                          'HIT
'00001001
              'MISS'
                             00001101
                                            'MISS'
                                                           '10010100
                                                                          'HIT
00001011
              'MISS'
                             '00001111
                                            'MISS'
                                                           '10010011
                                                                          'HIT'
              'MISS'
                                            'MISS'
'00001101
                             '00010001
                                                           10010010
                                                                          'HIT
00001111
               'MISS
                             '00010011
                                            'MISS'
                                                           10010100
                                                                          'HIT
00010001
              'MISS
                             00010101
                                            'MISS
                                                           10010001
                                                                          'HIT
              'MISS
                                            'MISS'
'00010011
                             '00010111
                                                           '10010001
                                                                          'HIT
              'MISS
                             '00011001
                                            'MISS'
                                                           '10010000
                                                                         'HIT
'00010101
'00010111
              'MISS'
                             '00011011
                                            'HIT']
                                                           '10010000
                                                                         'HIT
                                            'MISS'
00011001
              'HIT'
                             '00011101
                                                           10010000
                                                                          'HIT
00011011
              'MISS'
                             '00011110
                                            'MISS'
                                                           '10010011
                                                                          'HIT
                                            ^{\prime}\mathrm{MISS}~^{\prime}
               'MISS'
                             '00100000
                                                           10010011
                                                                          'HIT
'00011101
'00011110
               'MISS
                             '00100010
                                            'MISS'
                                                           '10010000
                                                                          'HIT
00100000
              'MISS
                              00100110
                                            'MISS
                                                           '10010001
                                                                          'HIT
                                            ^{\prime}\mathrm{MISS}~^{\prime}
'00100010
              'MISS'
                             '00101000
                                                           '10010001
                                                                         'HIT
'00100100
              'MISS'
                             '00101010
                                            'MISS'
                                                           '10010100
                                                                          'HIT
              'MISS'
                                            'MISS'
'00110010
                             '00101100
                                                           '10010100
                                                                          'HIT'
00110100
              'MISS'
                             '00101110
                                            'MISS'
                                                                          'HIT'
                                                           '10010011
                                            'MISS '
               'MISS'
                             00110000
                                                                          'HIT
'00110110
                                                           '10010011
                             '00110010
                                            'MISS'
'00111000
               'MISS
                                                           '10010010
                                                                          'HIT
00111010
               'MISS
                             00110100
                                            'MISS
                                                           10010100
                                                                          'HIT
00010101
              'MISS
                             00110110
                                            'MISS
                                                           10010011
                                                                          'HIT
00010111
              'MISS
                             '00111000
                                            'MISS'
                                                                          'HIT
                                                           '10010010
'00011001
              'MISS'
                             '00111100
                                            'MISS'
                                                           '10010100
                                                                          'HIT
              'MISS'
                                            'MISS'
'00011011
                             '00111110
                                                           '10010001
                                                                          'HIT
'00011101
              'HIT'
                             '01000000
                                            'MISS'
                                                           '10010001
                                                                          'HIT
'00011110
              'HIT '
                             01000010
                                            ^{\prime}\mathrm{MISS}~^{\prime}
                                                           10010000
                                                                          'HIT
00100000
              'HIT
                             '01000110
                                            'MISS'
                                                           10010000
                                                                          'HIT
00100010
              'HIT
                              10010101
                                            'MISS
                                                           10011000
                                                                          'MISS
              'MISS'
                              10010000
                                            'MISS'
'00100110
                                                           '10010111
                                                                          'MISS'
'00101000
              'MISS'
                             10010000
                                            'HIT'
                                                           10011000
                                                                          'HIT
'00101010
              'MISS'
                             '10010011
                                            'MISS']
                                                           '10010110
                                                                          'HIT'
              'MISS'
                                            ^{\prime}\mathrm{HIT}^{\;\prime}
'00101100
                             '10010011
                                                           '10011000
                                                                          'HIT'
              'MISS'
                                            'HIT'
                                                                          'HIT
00101110
                             '10010000
                                                           10011000
                             10010001
                                            'HIT
               'MISS'
                                                                          'HIT
'00110000
                                                           '10010110
'00110010
               'HIT'
                              10010001
                                            'HIT
                                                           10011000
                                                                          'HIT
              'MISS'
'00110100
                              10010100
                                            'HIT
                                                           '10010110
                                                                          'HIT
              'MISS'
                                                                         'HIT
'00110110
                             10010100
                                            'HIT
                                                           10010111
'00111000
              'MISS'
                                            'HIT
                             '10010011
                                                           '10010110
                                                                          'HIT
'00111100
              'MISS'
                             10010001
                                            'HIT
                                                           '10010111
                                                                         'HIT
'00111110
              'MISS'
                             10010001
                                            'HIT'
                                                           '10010111
                                                                          'HIT
,01000000
                                            'HIT'
                                                           10010110
              'MISS'
                             10010001
                                                                          'HIT
'01000010
              'MISS'
                             '10010100
                                            'HIT
                                                           '10010111
                                                                          'HIT
'01000100'
              'MISS'
                             '10010100'
                                            'HIT
                                                           '10010110'
                                                                          'HIT'
                            ['10010011',
'00000111',
              'MISS']
```

### 3. Testes com Mapeamento Associativo

Para realização dos testes de mapeamento associativo foram criadas as seguintes estruturas de dados:

- Uma lista de listas (endereço a ser acessado e resultado de acerto/erro)
- Uma lista para representar a memória associativa
- Um dicionário para controlar o número de vezes que cada TAG foi usada

• Um dicionário representando o conteúdo da cache.

Utilizamos a política de substituição LFU (*Least Frequent Used*), que é controlada pelo dicionário já mencionado.

Abaixo trecho de código principal, que faz a simulação do mapeamento associativo.

#### Listing 9. Loop principal da gestão de acesso

```
for i in lista acessos:
   # Inicia percorrendo cada endere o,
   # extrai os primeiros x carcteres do endere o e grava na vari vel tag.
   \# Se a tag for encontrada na lista que corresponde a mem. associativa,
   # grava na lista HIT, adiciona o controle de uso e grava todo end. na cache
    tag = i [0][:tam\_tag]
    if tag in lista_mem_associativa:
        i[1] = 'HIT'
        dic_cache_controle_uso[tag] = dic_cache_controle_uso[tag] + 1
        cache [tag].add(i[0])
    \# Se a tag nao for encontrada na memoria associativa, grava MISS na lista
    \# de acessos, adiciona ela, se tiver espaco livre, na memoria associativa
   # depois atualiza controle de uso e cache
    else:
        i[1] = 'MISS'
        if (len(lista_mem_associativa)<tam_cache):</pre>
            lista_mem_associativa.append(tag)
            dic_cache_controle_uso[tag] = 1
            cache[tag] = set()
            cache [tag].add(i[0])
        # Nao tendo espaco na mem. associativa, ordena o dicionario de uso
        # do menor uso para o maior, pegando a menos usada para ser substituida
       # retira a tag menos, usada, coloca a nova, e atualiza todas estruturas
       \# usada.
        else:
            for key in sorted(dic_cache_controle_uso):
                tag\_menos\_usada = key
                lista_mem_associativa[lista_mem_associativa.index(
                tag_menos_usada)] = tag
                dic cache controle uso.pop(tag menos usada)
                dic cache controle uso[tag] = 1
                cache.pop(tag_menos_usada)
                cache[tag] = set()
                cache [tag].add(i[0])
                break
```

### 3.1. Resultados do Mapeamento Associativo

# 3.1.1. Configuração 1 - 5 bits para tag 3 bits para palavra

Listing 10. Resultados config. 1

```
# Estatisticas:
# Total de HIT: 182.
```

```
# Configuração final da memoria associativa:
['01000', '10011', '00111', '10010']
# Configuração final da cache:
{'10010': {'10010010',
                           '10010111', '10010011', '10010000',
                           '10010101', '10010110', '10010100'}
             10010001
                                         ,00111100
                           ,00111111,
                                                       '00111001'
 '00111': {'00111011
             00111101
                           '00111010'
                                         ,001111110,
                                                       '00111000'},
                           ,01000000°,
                                         '01000101',
                                                       '01000010',
 '01000': {'01000100'
             '01000110'
                           '01000011', '01000001'},
 '10011': {'10011000'}}
  #
    Listing 11.
                                            'HIT']
                                                          '00101101'
                                                                        'HIT'
                 HITs
                              '00011111'
    e MISSes por ende-
                              '00100001
                                            'HIT'
                                                          '00101111
                                                                         'HIT'
                              '00100101'
                                            'HIT
                                                          '00110001
                                                                        'HIT'
    reço
                              '00100111
                                            'HIT'
                                                          '00110011
                                                                        'HIT'
                              '00101001
                                            'MISS']
                                                          '00110101
                                                                        'HIT'
                              '00101011
                                            'HIT'
                                                          '00110111
                                                                         'HIT'
 ,00000000,
                              '00101101 '
                                            'HIT']
                                                          '00111011
                                                                         'HIT'
               'MISS']
                              '00101111'
                                            'HIT '
                                                                         'HIT'
                                                          '00111101
               'HIT'
 '00000010'
                              '00110001
                                            'HIT'
                                                          '00111111
                                                                         'HIT'
 '00000100'
               'HIT'
                              '00110011
                                            'HIT
                                                          '01000001
                                                                         'HIT'
 '00000110'
               'HIT'
                              '00110101
                                            'HIT'
                                                          '01000101
                                                                         'HIT'
 '00001000'
               'MISS']
               'HIT'
                              '00110111
                                            'HIT'
                                                          '00000001
                                                                         'MISS'
 '00001010'
               'HIT '
                              '00111011
                                            'HIT'
                                                          '00000011
                                                                        'HIT'
 '00001100 '
                                            ^{\prime}HIT^{\prime}
                              '00111101
                                                          '00000101
                                                                         'HIT'
               'HIT'
 '00001110 '
                                            'HIT'
                                                                        'HIT'
                              '00111111
                                                          '00000111
 '00010000'
               'MISS']
                                            'MISS']
                                                                         'MISS']
                              '01000001
                                                          '00001001
 '00010010'
               'HIT'
                              '01000011
                                            'HIT'
                                                          '00001011
                                                                         'HIT'
 '00010100'
               'HIT'
                              '00000110
                                            'MISS'
                                                          '00001101
                                                                        'HIT'
               'HIT'
 '00010110
                              '00001000
                                            'MISS']
                                                          '00001111
                                                                        'HIT'
               'MISS']
 '00011000'
                                            'HIT']
                              '00001010
                                                          '00010001
                                                                        'MISS']
 '00011010'
               'HIT'
                              '00001100'
                                            'HIT'
                                                          '00010011
                                                                        'HIT'
               'HIT'
 '00011100
                              '00001110'
                                            'HIT'
                                                          '00010101
                                                                         'HIT'
 00011101
               'HIT'
                                            'MISS']
                              '00010000'
                                                          '00010111
                                                                         'HIT'
 '00011111
               'HIT'
                                            'HIT'
                              '00010010'
                                                          '00011001
                                                                         'MISS']
 '00100001
               'MISS']
                              '00010100'
                                            'HIT'
                                                                         'HIT'
                                                          '00011011
 '00100011
               'HIT'
                                                                        'HIT '
                              '00010110'
                                                          '00011101'
                                            'HIT'
               'MISS']
 '00110001
                              '00011000'
                                            'MISS'
                                                          '00011110 '
                                                                        'HIT'
 '00110011
               'HIT'
               'HIT'
                              '00011010
                                            'HIT'
                                                          '00100000'
                                                                         'MISS']
 '00110101
                              '00011100
                                            'HIT'
                                                          '00100010
                                                                         'HIT'
               ^{\prime}\mathrm{HIT}
 '00110111
                                            'HIT'
                                                                        'HIT'
                              '00011101
                                                          '00100100'
 '00111001
               'MISS'
                                            'HIT '
                                                                        ^{\prime}\mathrm{HIT}^{\,\prime}
                              '00011111
                                                          '00110010
 '00010100'
               'MISS'
                                            'MISS'
                              '00100001
                                                          '00110100
                                                                         'HIT'
               'HIT'
 '00010110'
                                            'HIT'
                                                                         'HIT
                              '00100101
                                                          '00110110'
 '00011000'
               'MISS']
                              '00100111'
                                            'HIT'
                                                          '00111000'
                                                                        'HIT'
               'HIT'
 '00011010'
                                                                        'HIT '
                              '00101001'
                                            'MISS']
                                                          '00111010'
 '00011100'
               'HIT'
                              '00101011',
                                            'HIT'
                                                          '00010101',
                                                                        'MISS']
 '00011101',
               'HIT']
```

# Total de MISS: 34.

# Perc. de HIT: 84.26. Perc. de MISS: 15.74.

```
'00010111',
                'HIT']
                                 '00101010',
                                                 'HIT'
                                                                  '10010000',
                                                                                  ^{\prime}HIT^{\prime}
'00011001'
                 'MISS']
                                 '00101100'
                                                  'HIT'
                                                                  '10010000'
                                                                                   'HIT'
'00011011
                 'HIT'
                                 '00101110
                                                  'HIT'
                                                                  '10010011
                                                                                   'HIT'
'00011101
                 'HIT'
                                 '00110000'
                                                  'HIT'
                                                                  '10010011
                                                                                   'HIT'
                ^{\prime}\mathrm{HIT}^{\prime}
                                                  'HIT '
                                                                                   'HIT'
'00011110
                                 '00110010'
                                                                   10010000
'00100000'
                 'MISS']
                                 '00110100
                                                  'HIT'
                                                                   10010001
                                                                                   'HIT'
'00100010'
                 'HIT'
                                 '00110110
                                                  'HIT
                                                                  '10010001
                                                                                   'HIT
                 ^{\prime}\mathrm{HIT}^{\prime}
'00100110'
                                 '00111000
                                                  'HIT
                                                                  '10010100
                                                                                   'HIT
                 'MISS']
                                                  'HIT '
                                                                                   'HIT'
'00101000'
                                 '00111100
                                                                  '10010100
'00101010
                 'HIT'
                                 '00111110
                                                  'HIT '
                                                                  '10010011
                                                                                   'HIT'
'00101100
                 'HIT'
                                 '01000000
                                                  'HIT'
                                                                  10010011
                                                                                   'HIT'
'00101110
                 'HIT '
                                 '01000010
                                                  ^{\prime}\mathrm{HIT}^{\;\prime}
                                                                  '10010010
                                                                                   ^{\prime}\mathrm{HIT}^{\,\prime}
                 ^{\prime}\mathrm{HIT}^{\,\prime}
                                                                                   ^{\prime}\mathrm{HIT}~^{\prime}
                                                  'HIT'
                                                                   10010100
'00110000 '
                                 '01000110
'00110010
                 'HIT'
                                  10010101
                                                  'MISS']
                                                                   10010011
                                                                                   'HIT
'00110100
                 'HIT'
                                  10010000
                                                  'HIT'
                                                                   10010010
                                                                                   'HIT
'00110110
                 'HIT'
                                 10010000
                                                  'HIT
                                                                  '10010100
                                                                                   'HIT
'00111000
                 'HIT'
                                 '10010011
                                                  'HIT'
                                                                  '10010001
                                                                                   'HIT'
                 'HIT'
                                                  ^{\prime}HIT^{\prime}
                                                                                   'HIT'
'00111100
                                 '10010011
                                                                  '10010001
00111110
                 'HIT'
                                 10010000
                                                  'HIT'
                                                                   10010000
                                                                                   'HIT'
                 'HIT '
                                                  'HIT'
                                 10010001
                                                                                   'HIT'
'01000000
                                                                   10010000
                 ^{\prime}\mathrm{HIT}~^{\prime}
                                 '10010001
                                                  ^{\prime}\mathrm{HIT}^{\,\prime}
'01000010
                                                                   '10011000
                                                                                   'MISS'
'01000100
                 'HIT'
                                 10010100
                                                  'HIT
                                                                   10010111
                                                                                   'HIT'
'00000111
                 'MISS'
                                  10010100
                                                  'HIT
                                                                  '10011000
                                                                                   'HIT
                 'MISS']
                                                  'HIT'
'00001001
                                 '10010011
                                                                  '10010110
                                                                                   'HIT'
'00001011
                 'HIT'
                                 '10010001
                                                  'HIT'
                                                                  '10011000
                                                                                   'HIT'
                 'HIT'
                                                  'HIT'
'00001101
                                 '10010001
                                                                  '10011000
                                                                                   'HIT'
'00001111
                 'HIT'
                                 10010001
                                                  'HIT'
                                                                  '10010110'
                                                                                   'HIT'
00010001
                 'MISS']
                                 10010100
                                                  ^{\prime}\mathrm{HIT}^{\;\prime}
                                                                  '10011000'
                                                                                   'HIT'
'00010011
                 'HIT'
                                 '10010100'
                                                  'HIT'
                                                                   10010110;
                                                                                   'HIT'
'00010101
                 'HIT
                                  10010011
                                                  'HIT
                                                                   10010111
                                                                                   'HIT
                 'HIT
'00010111
                                  10010011
                                                  'HIT
                                                                   '10010110'
                                                                                   'HIT
'00011001
                 'MISS']
                                 '10010010
                                                  'HIT'
                                                                  10010111
                                                                                   'HIT'
'00011011
                 'HIT'
                                 '10010100
                                                  'HIT'
                                                                  '10010111
                                                                                   'HIT'
                 'HIT'
                                                  'HIT'
'00011101
                                 '10010011
                                                                  '10010110
                                                                                   'HIT'
                 'HIT'
                                                  ^{\prime}\mathrm{HIT}^{\;\prime}
                                                                                   'HIT'
'00011110
                                 '10010010
                                                                  '10010111
                                 '10010100
                                                  ^{\prime}\mathrm{HIT}^{\;\prime}
                 'MISS']
                                                                                   'HIT'
'00100000
                                                                  '10010110 '
'00100010'
                 'HIT'
                                 '10010001
                                                  'HIT
'00100110'
                 'HIT'
                                 '10010001'
                                                  'HIT
'00101000',
                 'MISS']
                                ['10010000',
                                                 'HIT'
```

### 3.1.2. Configuração 2 - 6 bits para tag 2 bits para palavra

#### Listing 12. Resultados config. 2

```
Estatisticas:
  Total de HIT: 160.
  Total de MISS: 56.
# Perc. de HIT: 74.07. Perc. de MISS: 25.93.
# Configuração final da memoria associativa:
['0100000',
            '0100001',
                        '1001011',
                                    '0011001',
 0011010;
             '0011011'
                         '0011100'
                                    ,0100010 \ ,
 '0100011',
            '1001010'
                         '1001000',
                                    '1001001'
```

```
'1001100', '0011101', '0011110', '0011111']
# Configuração final da cache:
{ '1001011 ': { '10010110 ',
                           '10010111'},
            { '00111011 ',
 '0011101 ':
                           '00111010'
 '0011001': {'00110010',
                           '00110011'},
 '0100010': {'01000100',
                           '01000101'},
 '1001010': {'10010100',
                           '10010101'},
 '0100000': {'01000000',
                           '01000001'},
              '10011000'},
 '1001100':
              '00111000'
 '0011100':
                           '00111001'},
 '0011110':
              '00111100'
                           '00111101'},
              '01000110'},
 '0100011':
                           '00110101'},
 '0011010':
              '00110100'
             { '10010001
                           '10010000'},
 '1001000':
 '0100001':
             { '01000011
                           '01000010'},
                           '10010011'},
 '1001001': {'10010010
 '0011111': {'00111111'
                           '00111110'},
 '0011011': {'00110110',
                           '00110111'}}
#
```

```
'00011100',
                                           'HIT'
                                                                         'MISS']
  Listing 13.
                HITs
                                                          '00011111',
  e MISSes por ende-
                                            'HIT']
                                                                         'MISS'
                             '00011101'
                                                           '00100001'
                                                                         'MISS'
  reço
                             '00011111'
                                            'HIT'
                                                           '00100101'
                                            'HIT'
                             '00100001'
                                                           '00100111'
                                                                         'HIT '
                             '00100101'
                                            'MISS'
                                                           '00101001'
                                                                         'HIT'
'00000000',
              'MISS'
                             '00100111'
                                            'MISS'
                                                           '00101011
                                                                         'HIT
'00000010',
              'MISS'
                             '00101001
                                            'MISS'
                                                           '00101101'
                                                                         'HIT
              'MISS'
'00000100'
                             '00101011
                                            'MISS'
                                                           '00101111
                                                                         'HIT'
              'MISS'
'00000110'
                             '00101101
                                            'MISS'
                                                           '00110001
                                                                         'HIT'
              'MISS'
'00001000'
                                            'MISS']
                                                                         'HIT'
                             '00101111
                                                           '00110011
'00001010 '
              'MISS'
                                            'HIT'
                                                                         'HIT'
                             '00110001
                                                           '00110101
'00001100'
              'MISS'
                                            ^{\prime}\mathrm{HIT}^{\prime},
                                                                         ^{\prime}\mathrm{HIT}^{\,\prime}
                             '00110011
                                                           '00110111
'00001110'
              'MISS'
                             '00110101
                                            'HIT'
                                                           '00111011
                                                                         'HIT'
              'MISS'
'00010000'
                             '00110111
                                            'HIT'
                                                           '00111101
                                                                         'HIT'
'00010010'
              'MISS'
                                            'MISS'
                                                           '00111111
                                                                         'HIT'
                             '00111011
'00010100'
              'MISS'
                                            'MISS'
                                                           '01000001
                                                                         'HIT'
                             '00111101'
              'MISS'
'00010110'
                             '00111111'
                                            'MISS'
                                                           '01000101
                                                                         'MISS'
              'MISS'
'00011000'
                                            'MISS'
                             '01000001'
                                                           00000001
                                                                         'MISS'
'00011010'
              'MISS'
                                            'MISS'
                                                                         'MISS '
                             '01000011'
                                                           '00000011
'00011100'
              'MISS']
                             '00000110'
                                            'MISS'
                                                                         'MISS'
                                                           '00000101
'00011101'
              'HIT'
                             '00001000'
                                            'MISS'
                                                           '00000111'
                                                                         'MISS'
'00011111'
              'MISS']
                             '00001010'
                                            'MISS'
                                                           '00001001'
                                                                         'MISS'
              'MISS'
'00100001'
                                            'MISS'
                                                                         'MISS'
                             '00001100'
                                                           '00001011'
'00100011'
              'MISS'
                             '00001110'
                                            'MISS'
                                                           '00001101'
                                                                         'MISS'
              'MISS'
'00110001
                             '00010000'
                                            'MISS'
                                                           '00001111
                                                                         'MISS'
'00110011
              'MISS'
                             '00010010'
                                            'MISS'
                                                           '00010001
                                                                         'MISS'
              'MISS
'00110101
                                            'MISS'
                             '00010100'
                                                           '00010011
                                                                         'MISS'
00110111
              'MISS'
                                            'MISS'
                             '00010110'
                                                           '00010101
                                                                         'MISS'
              'MISS'
'00111001
                                            'MISS'
                                                                         'MISS'
                             '00011000'
                                                           '00010111
'00010100'
              'HIT'
                             00011010;
                                                           00011001
                                            'MISS'
                                                                         'MISS'
              ^{\prime}HIT^{\prime}
'00010110'
                                            'MISS']
                                                                         ^{\prime} MISS ^{\prime}
                             '00011100'
                                                           '00011011
'00011000'
              'HIT'
                             '00011101',
                                                          ('00011101',
                                            'HIT'
                                                                         'MISS']
'00011010',
              'HIT']
```

```
'00011110',
               'MISS']
                                '00011011',
                                               'MISS']
                                                                '10010100',
                                                                               ^{\prime}HIT^{\prime}
                'MISS'
                                                'MISS'
'00100000'
                                '00011101'
                                                                '10010001'
                                                                                'HIT'
'00100010
                'MISS'
                                '00011110
                                                'MISS'
                                                                '10010001
                                                                                'HIT'
'00100100
                'MISS']
                                '00100000'
                                                'MISS'
                                                                '10010000
                                                                                'HIT'
                'HIT'
                                                'MISS'
                                                                10010000
                                                                                'HIT'
'00110010
                                '00100010'
00110100
                'HIT'
                                00100110
                                                'MISS']
                                                                10010000
                                                                                'HIT'
'00110110'
                'HIT'
                                00101000
                                                'HIT'
                                                                10010011
                                                                                'HIT
                'HIT'
'00111000'
                                00101010
                                                'HIT
                                                                '10010011
                                                                                'HIT
                'HIT'
                                                'HIT'
                                                                                'HIT'
'00111010
                                '00101100
                                                                '10010000
'00010101
                'MISS'
                                '00101110
                                                'HIT '
                                                                '10010001
                                                                                'HIT'
'00010111
                'MISS'
                                00110000
                                                'HIT'
                                                                10010001
                                                                                'HIT'
'00011001
                'MISS'
                                '00110010
                                                'HIT'
                                                                '10010100
                                                                                ^{\prime}\mathrm{HIT}^{\,\prime}
                'MISS'
                                                'HIT '
                                                                                ^{\prime}\mathrm{HIT}^{\,\prime}
                                '00110100
                                                                10010100
'00011011
00011101
                'MISS'
                                '00110110
                                                'HIT
                                                                10010011
                                                                                'HIT
'00011110
                'MISS'
                                '00111000
                                                'HIT
                                                                '10010011
                                                                                'HIT
'00100000
                'MISS'
                                '00111100
                                                'HIT'
                                                                '10010010
                                                                                'HIT
'00100010
                'MISS'
                                '00111110
                                                'HIT'
                                                                '10010100
                                                                                'HIT'
                'MISS'
                                                ^{\prime}HIT^{\prime}
'00100110
                                '01000000
                                                                '10010011
                                                                                'HIT'
00101000
                'HIT'
                                '01000010
                                                ^{\prime}HIT^{\prime}
                                                                10010010
                                                                                'HIT'
                'HIT '
                                                'MISS'
                                '01000110
                                                                                'HIT'
'00101010
                                                                10010100
                ^{\prime}\mathrm{HIT}~^{\prime}
                                '10010101
                                                'MISS'
'00101100
                                                                '10010001
                                                                                'HIT
00101110
                'HIT'
                                10010000
                                                'MISS'
                                                                10010001
                                                                                'HIT
'00110000
                'HIT
                                10010000
                                                'HIT '
                                                                '10010000
                                                                                'HIT
                'HIT'
                                                'MISS']
                                                                                'HIT'
'00110010
                                '10010011
                                                                '10010000
'00110100
                'HIT'
                                '10010011
                                                'HIT'
                                                                '10011000
                                                                                'MISS'
                'HIT'
                                                'HIT'
'00110110
                                '10010000
                                                                '10010111
                                                                                'MISS']
'00111000'
                'HIT'
                                10010001
                                                'HIT'
                                                                '10011000
                                                                                'HIT'
'00111100'
               ^{\prime}\mathrm{HIT}^{\,\prime}
                                10010001
                                                'HIT '
                                                                '10010110'
                                                                                ^{\prime}\mathrm{HIT}^{\,\prime}
'00111110'
                'HIT'
                                '10010100
                                                'HIT'
                                                                10011000
                                                                                'HIT'
'01000000'
                'HIT
                                10010100
                                                'HIT
                                                                10011000
                                                                                'HIT
'01000010
               'HIT
                                10010011
                                                'HIT
                                                                '10010110'
                                                                                'HIT
'01000100
                'HIT'
                                '10010001
                                                'HIT'
                                                                10011000
                                                                                'HIT'
'00000111
                'MISS'
                                '10010001
                                                'HIT'
                                                                '10010110
                                                                                'HIT'
                'MISS'
                                                ^{\prime}\mathrm{HIT}^{\;\prime}
'00001001
                                '10010001
                                                                '10010111
                                                                                'HIT'
                                                                                ^{\prime}\mathrm{HIT}~^{\prime}
                'MISS'
                                10010100
                                                ^{\prime}\mathrm{HIT}^{\;\prime}
00001011
                                                                '10010110
                                '10010100
                                                ^{\prime}\mathrm{HIT}~^{\prime}
                'MISS'
                                                                                'HIT'
'00001101
                                                                '10010111
00001111
                'MISS'
                                10010011
                                                'HIT
                                                                '10010111
                                                                                'HIT
00010001
                'MISS
                                10010011
                                                'HIT
                                                                '10010110
                                                                                'HIT
00010011
                'MISS'
                                10010010
                                                'HIT
                                                                                'HIT'
                                                                '10010111
'00010101'
                'MISS'
                                '10010100
                                                'HIT
                                                                '10010110'
                                                                                'HIT'
'00010111'
                'MISS'
                                '10010011'
                                                'HIT'
                                10010010,
'00011001',
               'MISS']
                                               'HIT'
```

### 3.1.3. Configuração 3 - 7 bits para tag 1 bits para palavra

#### Listing 14. Resultados config. 3

```
# Estatisticas:

# Total de HIT: 116.

# Total de MISS: 100.

# Perc. de HIT: 53.7. Perc. de MISS: 46.3.

# Configuração final da memoria associativa:

['0100000', '0100001', '1001011', '0011001',
```

```
,0011010\,,\,,\,,0011011\,,\,,
                          '0011100', '0100010',
              '1001010',
                          '1001000',
  '0100011',
                                       '1001001',
  '1001100', '0011101', '0011110', '0011111']
# Configuração final da cache:
 {'0011001': {'00110011', '00110010'},
  '0011100': {'00111001'
                             '00111000'},
  '0011101': {'00111010'
                             '00111011'},
  '0100000': {'01000001'
                             '01000000'},
  '0100001': {'01000010'
                             '01000011'},
              { '10011000 '},
  '1001100':
                '10010011'
  '1001001':
              {
                             '10010010'},
  1001000 :
                '10010000'
                             '10010001'},
                '00111111
  '0011111 ':
                             '00111110'},
  '0011110':
              {
                '00111100
                             '00111101'},
  '0011010': {'00110101
                             '00110100', ,
  '0011011': {'00110110
                             '00110111'<sub>}</sub>,
  `0100011': \ \{ \, `01000110' \} \, ,
  '0100010': {'01000100'
                             '01000101'},
  1001010;
              { '10010101 '
                             '10010100'},
  '1001011': { '10010110',
                             '10010111'}}
#
```

```
'00011010',
  Listing 15.
                HITs
                                            'HIT']
                                                                         'MISS']
                                                           '00011100',
                                                           '00011101'
  e MISSes por ende-
                             '00011100'
                                            'HIT'
                                                                         'HIT'
                                            'HIT'
                                                                         'MISS'
                             '00011101'
                                                           '00011111'
  reço
                             '00011111'
                                            'HIT'
                                                           '00100001'
                                                                         'MISS'
                                                                         'MISS']
                             '00100001'
                                            'HIT
                                                           '00100101'
'00000000',
              'MISS'
                             '00100101
                                            'MISS'
                                                                         'HIT'
                                                           '00100111
'00000010'
              'MISS'
                                            'MISS'
                             '00100111
                                                           '00101001
                                                                         'HIT'
'00000100'
              'MISS'
                             '00101001'
                                            'MISS'
                                                           '00101011
                                                                         'HIT'
              'MISS'
'00000110'
                                            'MISS'
                             '00101011
                                                           '00101101
                                                                         'HIT'
'00001000 '
              'MISS'
                                                                         ^{\prime}\mathrm{HIT}^{\,\prime}
                                            'MISS'
                             '00101101
                                                           '00101111
'00001010'
              'MISS'
                                            'MISS'
                                                                         '_{\rm HIT}'
                             '00101111
                                                           '00110001
'00001100'
              'MISS'
                             '00110001
                                            'HIT'
                                                           '00110011
                                                                         'HIT'
              'MISS'
'00001110'
                             '00110011
                                            'HIT'
                                                           '00110101
                                                                         'HIT'
'00010000'
              'MISS'
                             '00110101'
                                            ^{\prime}HIT^{\prime}
                                                           '00110111
                                                                         'HIT'
'00010010'
              'MISS'
                             '00110111'
                                            'HIT']
                                                                         'HIT'
                                                           '00111011
'00010100'
              'MISS'
                             '00111011'
                                            'MISS'
                                                           '00111101
                                                                         'HIT'
              'MISS'
'00010110'
                                            'MISS'
                             '00111101'
                                                           '00111111
                                                                         'HIT'
'00011000'
              'MISS'
                                            'MISS'
                                                                         ^{\prime}\mathrm{HIT}^{\,\prime}
                             '00111111'
                                                           '01000001'
'00011010'
              'MISS'
                             '01000001'
                                            'MISS'
                                                           '01000101'
                                                                         'MISS'
              'MISS']
'00011100'
                             '01000011'
                                            'MISS'
                                                           '00000001'
                                                                         'MISS'
'00011101',
              'HIT']
                             '00000110'
                                            'MISS'
                                                           '00000011'
                                                                         'MISS'
              'MISS']
'00011111'
                                            'MISS'
                             '00001000'
                                                           '00000101'
                                                                         'MISS'
'00100001'
              'MISS'
                             '00001010'
                                            'MISS'
                                                           '00000111'
                                                                         'MISS'
              'MISS '
'00100011'
                             '00001100'
                                            'MISS'
                                                           '00001001
                                                                         'MISS'
'00110001
              'MISS'
                             '00001110'
                                            'MISS'
                                                           '00001011
                                                                         'MISS'
              'MISS'
'00110011
                                            'MISS'
                             '00010000'
                                                                         'MISS'
                                                           '00001101
00110101
              'MISS'
                             '00010010'
                                            'MISS'
                                                           '00001111
                                                                         'MISS'
              'MISS'
'00110111
                                            'MISS'
                                                                         'MISS'
                             '00010100'
                                                           '00010001
'00111001
              'MISS']
                             '00010110'
                                            'MISS'
                                                           '00010011
                                                                         'MISS'
              'HIT'
'00010100'
                                            'MISS'
                                                                         'MISS'
                             '00011000'
                                                           '00010101'
'00010110'
              'HIT'
                             '00011010',
                                                          ['00010111',
                                            'MISS']
                                                                         'MISS']
'00011000',
              'HIT']
```

```
'00011001'
              'MISS']
                             '00010111'
                                            'MISS']
                                                          '10010010'
                                                                         'HIT'
              'MISS'
                                            'MISS'
'00011011
                             '00011001
                                                          '10010100
                                                                         'HIT
'00011101
              'MISS'
                             '00011011
                                            'MISS'
                                                          '10010001
                                                                         'HIT
00011110
              'MISS'
                             '00011101
                                            'MISS'
                                                          '10010001
                                                                         'HIT
              'MISS'
                                            'MISS'
'00100000
                             '00011110
                                                           10010000
                                                                         'HIT
00100010
              'MISS
                             00100000
                                            'MISS'
                                                           10010000
                                                                         'HIT
00100100
              'MISS'
                             00100010
                                            'MISS
                                                           10010000
                                                                         'HIT
              'HIT'
                                            'MISS']
'00110010
                             00100110
                                                          '10010011
                                                                         'HIT
'00110100
              'HIT'
                                                          '10010011
                                                                         'HIT
                             '00101000
                                            'HIT'
'00110110
              'HIT'
                             '00101010
                                            'HIT
                                                          '10010000
                                                                         'HIT
'00111000
              'HIT'
                             00101100
                                            'HIT'
                                                          10010001
                                                                         'HIT
'00111010
              'HIT'
                             '00101110
                                            'HIT'
                                                          10010001
                                                                         'HIT
                                            ^{\prime}\mathrm{HIT}~^{\prime}
00010101
              'MISS'
                             '00110000
                                                           10010100
                                                                         'HIT
'00010111
              'MISS
                             '00110010
                                            'HIT
                                                           10010100
                                                                         'HIT
'00011001
              'MISS
                             00110100
                                            'HIT
                                                           '10010011
                                                                         'HIT
              'MISS'
'00011011
                             '00110110
                                            'HIT
                                                          '10010011
                                                                         'HIT
'00011101
              'MISS'
                             '00111000
                                            'HIT'
                                                          '10010010
                                                                         'HIT
              'MISS'
                                            ^{\prime}\mathrm{HIT}^{\;\prime}
                                                                         'HIT
'00011110
                             '00111100
                                                          '10010100
00100000
              'MISS'
                             '00111110
                                            'HIT'
                                                          '10010011
                                                                         'HIT
                                            'HIT '
              'MISS'
                             '01000000
                                                                         'HIT
00100010
                                                           '10010010
                             '01000010
                                            'HIT'
'00100110
              'MISS'
                                                           '10010100
                                                                         'HIT
00101000
              'HIT'
                             '01000110
                                            'MISS'
                                                           10010001
                                                                         'HIT
00101010
              'HIT
                             10010101
                                            'MISS
                                                           10010001
                                                                         'HIT
00101100
              'HIT
                             10010000
                                            'MISS'
                                                          '10010000
                                                                         'HIT
'00101110
              'HIT
                             10010000
                                            'HIT'
                                                          '10010000
                                                                         'HIT
              ^{\prime}\mathrm{HIT}^{\prime}
'00110000
                                            'MISS']
                             '10010011
                                                          '10011000
                                                                         'MISS'
                                                                         'MISS']
'00110010
              'HIT'
                             '10010011
                                            'HIT'
                                                           10010111
'00110100
              'HIT'
                             '10010000
                                            'HIT '
                                                           10011000
                                                                         'HIT'
00110110
              'HIT
                             10010001
                                            'HIT
                                                           10010110
                                                                         'HIT
00111000
              'HIT
                             10010001
                                            'HIT
                                                           10011000
                                                                         'HIT
              'HIT
                             10010100
                                                           10011000
                                                                         'HIT
'00111100
                                            'HIT
'00111110
              'HIT
                             '10010100
                                            'HIT
                                                          '10010110
                                                                         'HIT
'01000000
              'HIT'
                             '10010011
                                            'HIT'
                                                          '10011000
                                                                         'HIT
              'HIT'
                                            'HIT'
'01000010
                             '10010001
                                                          '10010110
                                                                         'HIT'
              'HIT'
                                            'HIT'
                                                                         'HIT
'01000100
                             '10010001
                                                          '10010111
                             10010001
                                            'HIT
              'MISS'
                                                                         'HIT
'00000111
                                                           '10010110
00001001
              'MISS
                             10010100
                                            'HIT
                                                           '10010111
                                                                         'HIT
'00001011
              'MISS
                             10010100
                                            'HIT
                                                           '10010111
                                                                         'HIT
00001101
              'MISS
                                                          '10010110
                                                                         'HIT
                             10010011
                                            'HIT
                             10010011
00001111
              'MISS
                                            'HIT
                                                          '10010111
                                                                         'HIT'
'00010001
              'MISS'
                             '10010010
                                            'HIT'
                                                          '10010110',
                                                                         'HIT'
,00010011,
                             10010100;
              'MISS'
                                            'HIT'
'00010101',
              'MISS']
                             '10010011',
                                           'HIT']
```

#### 4. Conclusão

Dentre as três configurações disponíveis de mapeamento direto a configuração que teve maior quantidade de HITs e, por consequência, melhor desempenho, foi a configuração 1 (3 bits para TAG, 2 bits para linha e 3 bits para palavra, carregando 8 endereços sequenciais por vez) com 170 HITs em 216 (78,7% de acerto em 100%). As demais configurações tiveram 62,96% de HITs (configuração 2) e 34,72% de HITs (configuração 3).

Com relação ao mapeamento associativo, a configuração que apresentou o melhor desempenho foi a configuração 1 (5 bits para TAG e 3 bits para palavra),

com 182 acertos (HITs em 216, o equivalente a 84,26% em 100%). As demais configurações tiveram 74,07% de HITs (configuração 2) e 53,7% de HITs (configuração 3).

É interessante frisar que o melhor desempenho do mapeamento direto foi apenas 4% melhor que o desempenho mediano do mapeamento associativo. O que sugere que a função de mapeamento associativo tende a ter um desempenho superior ao mapeamento direto.

## Referências

[Stallings 2010], Stallings, W. (2010). Arquitetura e Organização de Computadores. Pearson, 8th edition.