

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA  
CENTRO DE TECNOLOGIA  
CURSO DE BACHARELADO EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

Diego R. Chaves, João Vitor da Silva, Luís Gustavo Werle Tozevich

## **TRABALHO 2: IMPLEMENTAÇÃO DE MEMÓRIA VIRTUAL**

Santa Maria, RS  
2024

## **RESUMO**

### **TRABALHO 2: IMPLEMENTAÇÃO DE MEMÓRIA VIRTUAL**

**AUTORES:** Diego R. Chaves, João Vitor da Silva, Luís Gustavo Werle  
Tozevich

**PROFESSOR:** Benhur Stein

Neste trabalho, foi implementado suporte à memória virtual para resolver as limitações do suporte a processos do t1, como a necessidade de endereços de carga diferentes e a ausência de proteção de memória entre processos. A implementação inclui o uso de uma MMU para tradução de endereços virtuais e físicos, tabelas de páginas por processo e uma memória secundária para armazenamento de páginas. O sistema foi adaptado para gerenciar interrupções de falta de página, realizar substituições de páginas com algoritmos FIFO e segunda chance e medir o desempenho da memória virtual. Experimentos foram conduzidos com diferentes tamanhos de memória principal e de páginas para analisar falhas de página e tempos de execução, permitindo uma avaliação detalhada do impacto da paginação no desempenho do sistema.

**Palavras-chave:** Sistema Operacional. Memória virtual. processos. Desempenho de sistema. Page Fault

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>CONFIGURAÇÕES TESTADAS</b> .....	<b>5</b>
2.1	CONFIGURAÇÃO 1: FIFO QUADROS = 100 PAG = 10 .....	5
2.2	CONFIGURAÇÃO 2: FIFO QUADROS = 50 PAG = 10 .....	5
2.3	CONFIGURAÇÃO 3: FIFO QUADROS = 25 PAG = 10 .....	6
2.4	CONFIGURAÇÃO 4: FIFO QUADROS = 13 PAG = 10 .....	6
2.5	CONFIGURAÇÃO 5: FIFO QUADROS = 100 PAG = 3 .....	6
2.6	CONFIGURAÇÃO 6: FIFO QUADROS = 50 PAG = 3 .....	7
2.7	CONFIGURAÇÃO 7: FIFO QUADROS = 25 PAG = 3 .....	7
2.8	CONFIGURAÇÃO 8: FIFO QUADROS = 13 PAG = 3 .....	7
2.9	CONFIGURAÇÃO 9: SEGUNDA CHANCE QUADROS = 100 PAG = 10 ....	8
2.10	CONFIGURAÇÃO 10: SEGUNDA CHANCE QUADROS = 50 PAG = 10 ....	8
2.11	CONFIGURAÇÃO 11: SEGUNDA CHANCE QUADROS = 25 PAG = 10 ....	8
2.12	CONFIGURAÇÃO 12: SEGUNDA CHANCE QUADROS = 13 PAG = 10 ....	9
2.13	CONFIGURAÇÃO 13: SEGUNDA CHANCE QUADROS = 100 PAG = 3 ....	9
2.14	CONFIGURAÇÃO 14: SEGUNDA CHANCE QUADROS = 50 PAG = 3 ....	9
2.15	CONFIGURAÇÃO 15: SEGUNDA CHANCE QUADROS = 25 PAG = 3 ....	10
2.16	CONFIGURAÇÃO 16: SEGUNDA CHANCE QUADROS = 13 PAG = 3 ....	10
<b>3</b>	<b>RESULTADOS OBTIDOS</b> .....	<b>11</b>
3.1	MÉTRICAS GERAIS .....	11
<b>4</b>	<b>CONCLUSÃO</b> .....	<b>15</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Neste relatório, apresentamos os resultados da implementação de suporte à memória virtual em um sistema operacional. O objetivo foi superar limitações do suporte a processos existente, como a necessidade de endereços fixos e a falta de proteção entre processos. A abordagem incluiu o uso de uma **MMU** e tabelas de páginas para traduzir endereços virtuais em físicos, além de uma memória secundária para gerenciar páginas fora da memória principal.

A implementação envolveu a adaptação do sistema para lidar com interrupções de falta de página e a introdução de algoritmos de substituição de páginas, como **FIFO** e **segunda chance**. Testes foram conduzidos para avaliar o impacto dessas funcionalidades, com variações no tamanho da memória principal e das páginas, permitindo observar o comportamento do sistema em diferentes cenários.

Os resultados permitiram analisar o desempenho do sistema com memória virtual, considerando métricas como taxa de falhas de página e tempo de execução. Este trabalho evidencia a importância da configuração adequada da memória virtual, destacando como o gerenciamento eficiente de páginas pode melhorar a performance e a estabilidade de sistemas operacionais.

## 2 CONFIGURAÇÕES TESTADAS

Nesta seção, apresentamos as configurações utilizadas para avaliar o desempenho do sistema operacional com a implementação da memória virtual. Foram realizadas análises com dois algoritmos de substituição de páginas: FIFO (First In, First Out) e Segunda Chance. Cada algoritmo foi testado em diferentes cenários, variando o número de quadros na memória principal e o número total de páginas por processo.

As configurações de teste foram agrupadas conforme o algoritmo de substituição utilizado. Configurações de 1 a 8 empregaram o algoritmo FIFO, enquanto as configurações de 9 a 16 utilizaram o algoritmo Segunda Chance. Para cada conjunto, parâmetros como o número de quadros na memória principal (QUADROS) e o número total de páginas (PAG) foram ajustados para avaliar o impacto no desempenho.

A seguir, descrevemos cada configuração com seus parâmetros específicos, seguidos dos resultados obtidos em termos de métricas como taxa de falhas de página. Essa abordagem permitiu identificar padrões de comportamento e avaliar a eficiência de cada algoritmo nas condições propostas.

### 2.1 CONFIGURAÇÃO 1: FIFO QUADROS = 100 PAG = 10

Utiliza o algoritmo FIFO com 100 quadros na memória principal e 10 páginas, avaliando o impacto de ampla disponibilidade de quadros em um cenário básico.

CONFIG 1				
Tempo de execução SO	24850			
Tempo ocioso SO	5046			
Falhas de página	PROCESSO 1 (init.maq)	PROCESSO 2 (p1.maq)	PROCESSO 3 (p2.maq)	PROCESSO 4 (p3.maq)
	17	25	25	25

Figura 2.1 – Tabela Processo - Configuração 1

### 2.2 CONFIGURAÇÃO 2: FIFO QUADROS = 50 PAG = 10

Algoritmo FIFO com 50 quadros e 10 páginas, testando o comportamento do sistema com memória reduzida.

CONFIG 2				
Tempo de execução SO	25495			
Tempo ocioso SO	5426			
Falhas de página	PROCESSO 1 (init.maq)	PROCESSO 2 (p1.maq)	PROCESSO 3 (p2.maq)	PROCESSO 4 (p3.maq)
	21	45	41	46

Figura 2.2 – Tabela Processo - Configuração 2

### 2.3 CONFIGURAÇÃO 3: FIFO QUADROS = 25 PAG = 10

Com 25 quadros e 10 páginas, esta configuração avalia o desempenho do FIFO em condições de maior restrição de memória.

CONFIG 3				
Tempo de execução SO	33718			
Tempo ocioso SO	11593			
Falhas de página	PROCESSO 1 (init.maq)	PROCESSO 2 (p1.maq)	PROCESSO 3 (p2.maq)	PROCESSO 4 (p3.maq)
	24	159	230	272

Figura 2.3 – Tabela Processo - Configuração 3

### 2.4 CONFIGURAÇÃO 4: FIFO QUADROS = 13 PAG = 10

FIFO operando com apenas 13 quadros e 10 páginas, analisando falhas de página em condições de memória extremamente limitada.

CONFIG 4				
Tempo de execução SO	109273			
Tempo ocioso SO	60975			
Falhas de página	PROCESSO 1 (init.maq)	PROCESSO 2 (p1.maq)	PROCESSO 3 (p2.maq)	PROCESSO 4 (p3.maq)
	31	2087	2227	2995

Figura 2.4 – Tabela Processo - Configuração 4

### 2.5 CONFIGURAÇÃO 5: FIFO QUADROS = 100 PAG = 3

FIFO com 100 quadros e 3 páginas, simulando um ambiente com quadros abundantes e poucos processos ativos.

CONFIG 5				
Tempo de execução SO	36127			
Tempo ocioso SO	13396			
Falhas de página	PROCESSO 1 (init.maq)	PROCESSO 2 (p1.maq)	PROCESSO 3 (p2.maq)	PROCESSO 4 (p3.maq)
	60	190	276	300

Figura 2.5 – Tabela Processo - Configuração 5

## 2.6 CONFIGURAÇÃO 6: FIFO QUADROS = 50 PAG = 3

Avaliação do FIFO com 50 quadros e 3 páginas, explorando uma redução na memória disponível em um cenário controlado.

CONFIG 6				
Tempo de execução SO	122911			
Tempo ocioso SO	75271			
Falhas de página	PROCESSO 1 (init.maq)	PROCESSO 2 (p1.maq)	PROCESSO 3 (p2.maq)	PROCESSO 4 (p3.maq)
	70	2019	1877	3139

Figura 2.6 – Tabela Processo - Configuração 6

## 2.7 CONFIGURAÇÃO 7: FIFO QUADROS = 25 PAG = 3

Testa o algoritmo FIFO com 25 quadros e 3 páginas, em um ambiente com limitações mais acentuadas de memória.

CONFIG 7				
Tempo de execução SO	378134			
Tempo ocioso SO	269962			
Falhas de página	PROCESSO 1 (init.maq)	PROCESSO 2 (p1.maq)	PROCESSO 3 (p2.maq)	PROCESSO 4 (p3.maq)
	128	8357	6232	7728

Figura 2.7 – Tabela Processo - Configuração 7

## 2.8 CONFIGURAÇÃO 8: FIFO QUADROS = 13 PAG = 3

FIFO com 13 quadros e 3 páginas, analisando o impacto da memória extremamente restrita em cenários simples.

CONFIG 8				
Tempo de execução SO	498055			
Tempo ocioso SO	369640			
Falhas de página	PROCESSO 1 (init.maq)	PROCESSO 2 (p1.maq)	PROCESSO 3 (p2.maq)	PROCESSO 4 (p3.maq)
	442	9794	7582	9699

Figura 2.8 – Tabela Processo - Configuração 8

## 2.9 CONFIGURAÇÃO 9: SEGUNDA CHANCE QUADROS = 100 PAG = 10

Segunda Chance com 100 quadros e 10 páginas, avaliando o impacto do bit de referência em um ambiente amplo.

CONFIG 9				
Tempo de execução SO	24800			
Tempo ocioso SO	5000			
Falhas de página	PROCESSO 1 (init.maq)	PROCESSO 2 (p1.maq)	PROCESSO 3 (p2.maq)	PROCESSO 4 (p3.maq)
	16	25	25	25

Figura 2.9 – Tabela Processo - Configuração 9

## 2.10 CONFIGURAÇÃO 10: SEGUNDA CHANCE QUADROS = 50 PAG = 10

Segunda Chance com 50 quadros e 10 páginas, explorando o desempenho em uma memória de tamanho moderado.

CONFIG 10				
Tempo de execução SO	24738			
Tempo ocioso SO	4771			
Falhas de página	PROCESSO 1 (init.maq)	PROCESSO 2 (p1.maq)	PROCESSO 3 (p2.maq)	PROCESSO 4 (p3.maq)
	21	40	31	34

Figura 2.10 – Tabela Processo - Configuração 10

## 2.11 CONFIGURAÇÃO 11: SEGUNDA CHANCE QUADROS = 25 PAG = 10

Com 25 quadros e 10 páginas, esta configuração avalia o impacto de memória restrita no algoritmo Segunda Chance.



CONFIG 11				
Tempo de execução SO	33265			
Tempo ocioso SO	11639			
Falhas de página	PROCESSO 1 (init.maq)	PROCESSO 2 (p1.maq)	PROCESSO 3 (p2.maq)	PROCESSO 4 (p3.maq)
	25	104	192	240

Figura 2.11 – Tabela Processo - Configuração 11

## 2.12 CONFIGURAÇÃO 12: SEGUNDA CHANCE QUADROS = 13 PAG = 10

Segunda Chance operando com 13 quadros e 10 páginas, simulando um cenário de memória muito limitada.

CONFIG 12				
Tempo de execução SO	187159			
Tempo ocioso SO	124493			
Falhas de página	PROCESSO 1 (init.maq)	PROCESSO 2 (p1.maq)	PROCESSO 3 (p2.maq)	PROCESSO 4 (p3.maq)
	56	3192	3504	4198

Figura 2.12 – Tabela Processo - Configuração 12

## 2.13 CONFIGURAÇÃO 13: SEGUNDA CHANCE QUADROS = 100 PAG = 3

Segunda Chance com 100 quadros e 3 páginas, analisando eficiência em condições de memória ampla e poucos processos ativos.

CONFIG 13				
Tempo de execução SO	32216			
Tempo ocioso SO	10282			
Falhas de página	PROCESSO 1 (init.maq)	PROCESSO 2 (p1.maq)	PROCESSO 3 (p2.maq)	PROCESSO 4 (p3.maq)
	60	144	224	192

Figura 2.13 – Tabela Processo - Configuração 13

## 2.14 CONFIGURAÇÃO 14: SEGUNDA CHANCE QUADROS = 50 PAG = 3

Testa a Segunda Chance com 50 quadros e 3 páginas, simulando memória de tamanho intermediário em um cenário simples.

CONFIG 14				
Tempo de execução SO	121531			
Tempo ocioso SO	78343			
Falhas de página	PROCESSO 1 (init.maq)	PROCESSO 2 (p1.maq)	PROCESSO 3 (p2.maq)	PROCESSO 4 (p3.maq)
	65	1330	1706	2894

Figura 2.14 – Tabela Processo - Configuração 14

## 2.15 CONFIGURAÇÃO 15: SEGUNDA CHANCE QUADROS = 25 PAG = 3

Segunda Chance com 25 quadros e 3 páginas, explorando limitações de memória em ambientes mais restritos.

CONFIG 15				
Tempo de execução SO	209234			
Tempo ocioso SO	127915			
Falhas de página	PROCESSO 1 (init.maq)	PROCESSO 2 (p1.maq)	PROCESSO 3 (p2.maq)	PROCESSO 4 (p3.maq)
	128	5928	4162	5444

Figura 2.15 – Tabela Processo - Configuração 15

## 2.16 CONFIGURAÇÃO 16: SEGUNDA CHANCE QUADROS = 13 PAG = 3

Com 13 quadros e 3 páginas, esta configuração avalia o desempenho do algoritmo Segunda Chance em um ambiente de memória extremamente reduzida.

CONFIG 16				
Tempo de execução SO	491855			
Tempo ocioso SO	364636			
Falhas de página	PROCESSO 1 (init.maq)	PROCESSO 2 (p1.maq)	PROCESSO 3 (p2.maq)	PROCESSO 4 (p3.maq)
	434	9602	7640	9542

Figura 2.16 – Tabela Processo - Configuração 16

### 3 RESULTADOS OBTIDOS

A presente seção apresenta e analisa os resultados obtidos a partir da implementação e execução das diferentes configurações de memórias propostas no trabalho. As métricas avaliadas incluem tempo de execução total e número de falhas de página, em ambos os algoritmos de substituição.

#### 3.1 MÉTRICAS GERAIS

Nesta seção, são apresentadas as métricas globais observadas durante a execução dos processos. Abaixo são apresentados gráficos de distribuição que ilustram as métricas capturadas durante as execuções.

#### Tempo total de execução versus número de blocos $\text{pág}=10$

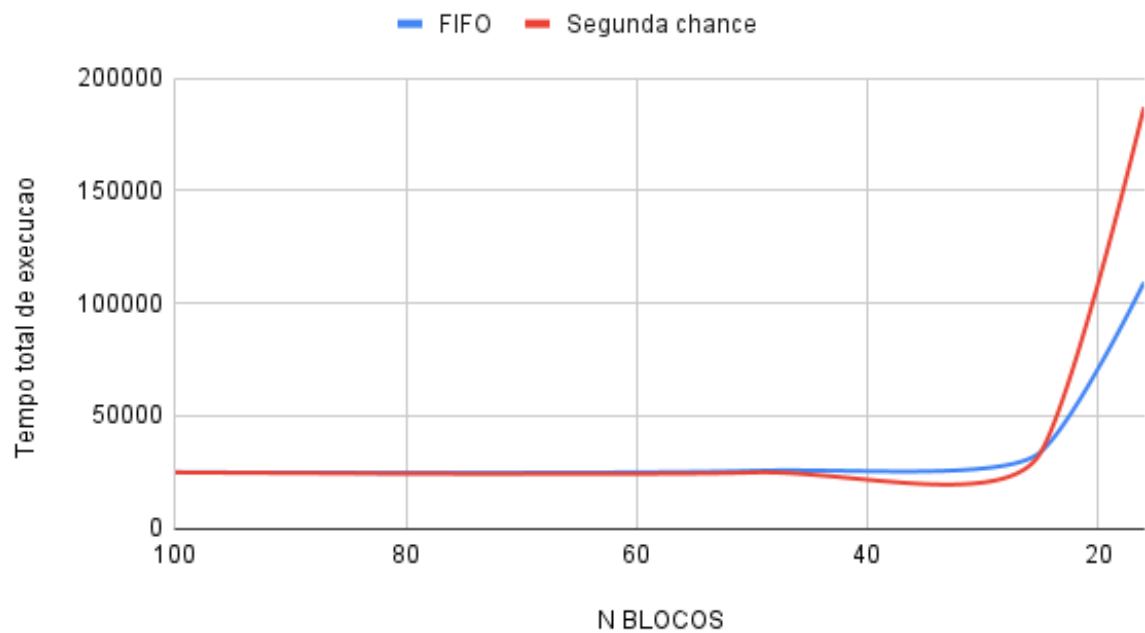


Figura 3.1 – Gráfico tempo total de execução versus número de blocos - Página = 10

### Tempo total de execução versus número de blocos pág=3

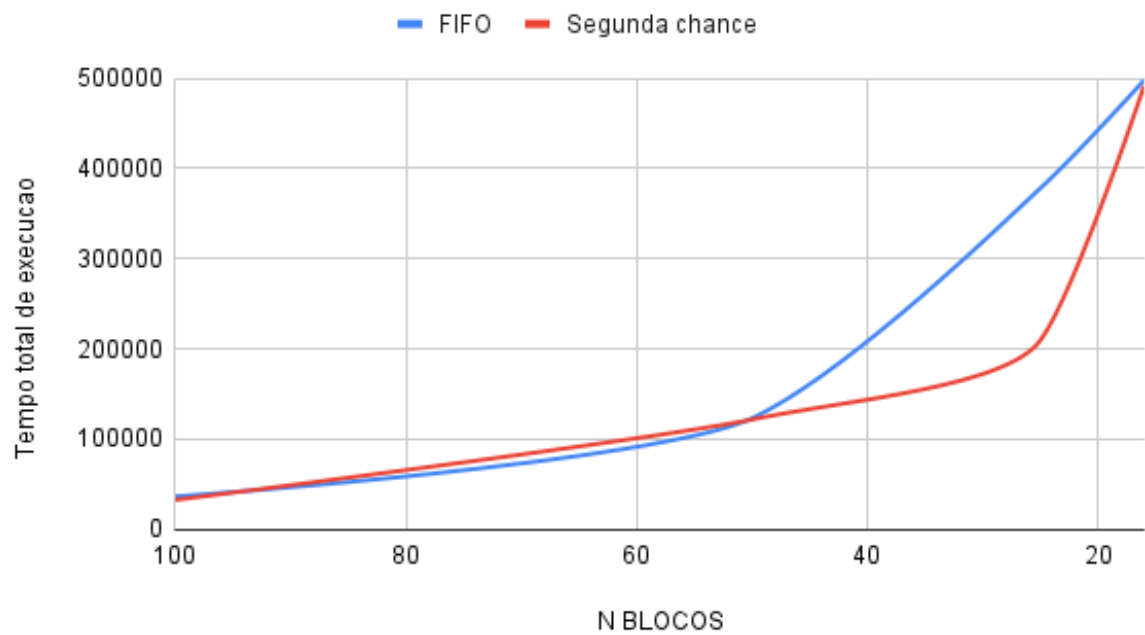


Figura 3.2 – Gráfico tempo total de execução versus número de blocos - Página = 3

### Falhas de página versus número de blocos pág=10 (FIFO)

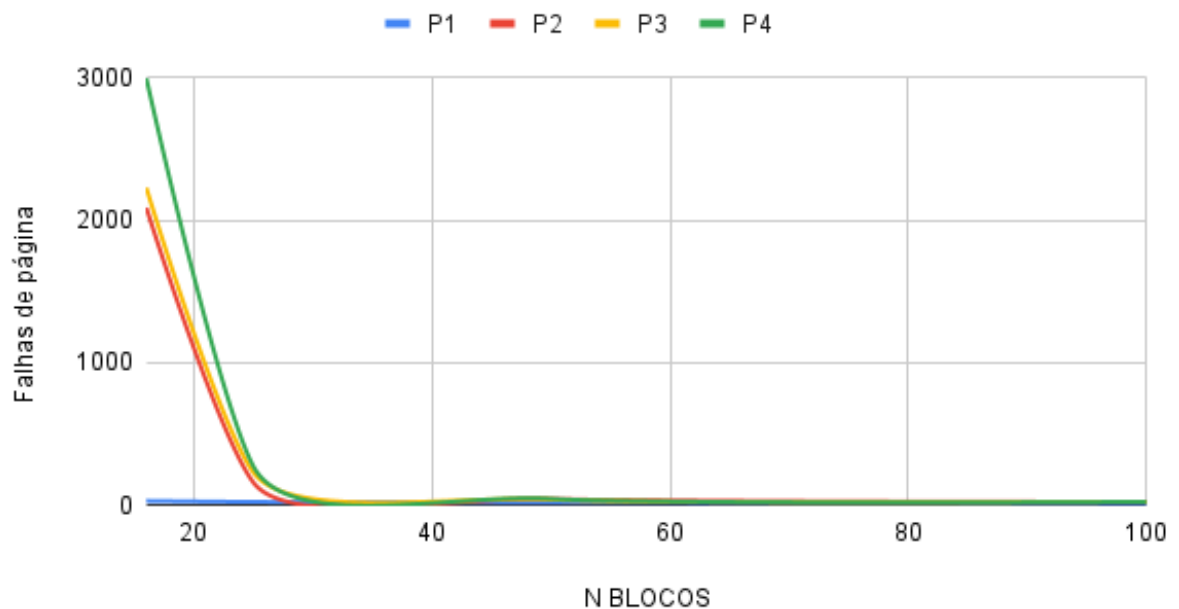


Figura 3.3 – Gráfico falhas de página versus número de blocos - Página = 10 (FIFO)

### Falhas de página versus número de blocos $\text{pág}=3$ (FIFO)

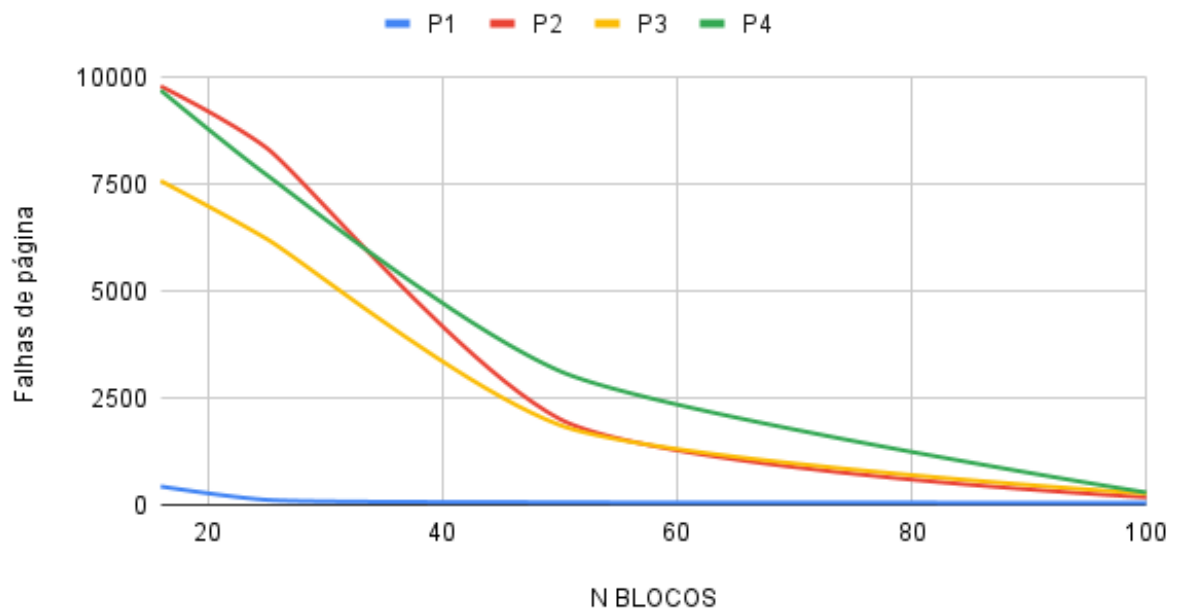


Figura 3.4 – Gráfico falhas de página versus número de blocos - Página = 3 (FIFO)

### Falhas de página versus número de blocos $\text{pág}=10$ (Seg. chance)

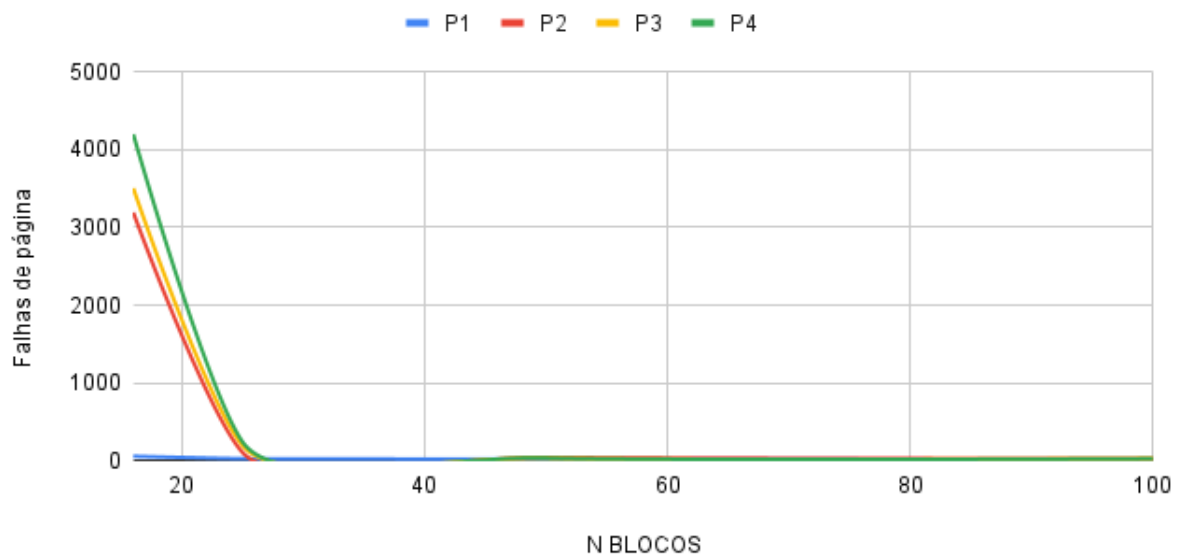


Figura 3.5 – Gráfico falhas de página versus número de blocos - Página = 10 (Seg. chance)

### Falhas de página versus número de blocos pág=3 (Seg. chance)

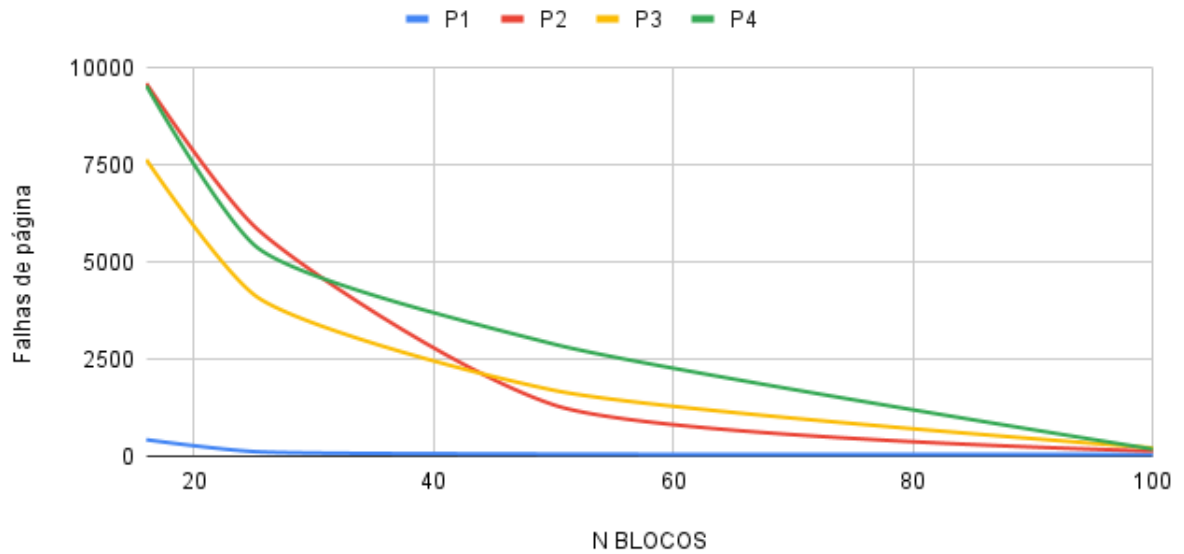


Figura 3.6 – Gráfico falhas de página versus número de blocos - Página = 3 (Seg. chance)

Após analisar os gráficos resultantes, podemos notar que à medida que o número de blocos aumenta, os programas têm desempenho muito semelhante, o que já era esperado. Nota-se também que o algoritmo de substituição FIFO tem um desempenho pior (maior tempo de execução) do que o segunda chance ao usarmos página = 3, enquanto que no cenário página = 10, ele tem um desempenho melhor em cenários com poucos blocos.

Nota-se ainda que o algoritmo segunda chance, em cenário de página = 3, equilibra bem o número de falhas de página de cada processo, o que também acontece com o FIFO no mesmo cenário, que equilibra ainda melhor os processos no quesito falhas de página.

## **4 CONCLUSÃO**

Em conclusão, o presente trabalho aprofundou o estudo dos mecanismos de gerenciamento de memória virtual em sistemas operacionais, com ênfase nos algoritmos FIFO (First-In, First-Out) e Segunda Chance. A compreensão desses conceitos é fundamental para a otimização do desempenho de sistemas computacionais, uma vez que a memória virtual permite a execução de processos com requisitos de memória superiores à capacidade física disponível.