

Filas de Prioridades Justas

Proposta de implementação de uma fila de prioridades justa e um Sistema de Emergência

*Material apresentado à disciplina de Análise de Algoritmos e Estrutura de dados – 2ºSem
2024 – Programa de Pós Graduação em Ciência da Computação - UNIFESP*

Novembro de 2024

1 → 2 → 1 Tópicos



- Introdução
- Objetivo
- Metodologia
- Cenários propostos
- Ensaios realizados
- Considerações finais
- Trabalhos futuros



Introdução



Filas de prioridade são **estruturas de dados** utilizadas em muitas aplicações práticas e sistemas computacionais. Diferentemente de filas convencionais, a **ordem de recuperação de elementos** não é definida apenas pela sua inserção na fila, mas também por um valor associado a cada elemento, **conhecido como prioridade** [1].

Fila convencional

Ordem na fila
1
2
3
4
5
6
7

Fila de Prioridade

Ordem na fila	Prioridade
1	1
2	0
3	1
4	1
5	2
6	2
7	1



Introdução



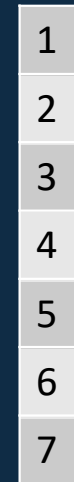
Principais exemplos de filas convencionais:

FIFO (First in First Out) – O primeiro elemento a entrar na fila é o primeiro a sair.

LIFO (Last in First Out) – O último elemento a entrar na fila é o primeiro a sair.

FIFO

Sai da fila



Entra na fila

LIFO



Entra na fila Sai da fila

1 → 2 → 1 Introdução



Em filas de prioridade, haverá uma informação a mais além da posição na fila, que é a **prioridade daquele elemento**. Elementos com maior prioridade são retirados e processados primeiro em uma fila de prioridades.

Fila de Prioridade

Ordem na fila	Prioridade
1	1
2	0
3	1
4	1
5	2
6	2
7	1



Objetivo



Este trabalho tem como objetivo propor uma **fila de prioridades com um fator de “justiça”** que garanta que elementos com menor prioridade na fila tenham redução no tempo médio de espera, sem que os elementos com alta prioridade sejam drasticamente impactados.

1 → 2 → 1 Objetivo

Como proposta de aplicação, sugere-se o uso em **Serviços de Emergência (SE)**, baseando-se em uma escala de prioridade utilizada universalmente, chamada **Sistema Manchester de Classificação de Risco (SMCR)** [2].



1 → 2 → 1 Metodologia



A proposta deste trabalho é **construir derivações de uma fila de prioridade simples** de modo a permitir que elementos com menor prioridade também tenham relevância em situações onde a média de espera supera determinados limites.

1 → 2 → 1 Metodologia



Pretende-se usar uma **base de dados com 5.000 elementos**, que representam pacientes de um Sistema de Emergência, com diferentes prioridades e tempo de permanência dentro do atendimento médico

Paciente	Duração da consulta	Prioridade no atendimento
Paciente 1	00:05:32	0 (vermelha)
Paciente 2	00:06:21	2 (amarela)
Paciente 3	00:12:51	2 (amarela)
...
Paciente 5000	00:08:49	3 (verde)

1 → 2 → 1 Metodologia



Vários cenários de atendimento prioritário serão simulados e avaliaremos o **tempo médio de espera** de cada grupo em cada cenário.

Paciente	Duração da consulta	Prioridade no atendimento	Tempo de espera
Paciente 1	00:05:32	0 (vermelha)	?
Paciente 2	00:06:21	2 (amarela)	?
Paciente 3	00:12:51	2 (amarela)	?
...
Paciente 5000	00:08:49	3 (verde)	?

1 → 2 → 1 Metodologia – Dados utilizados



Usamos uma distribuição aleatória log-normal para geração do tempo de consulta de cada paciente

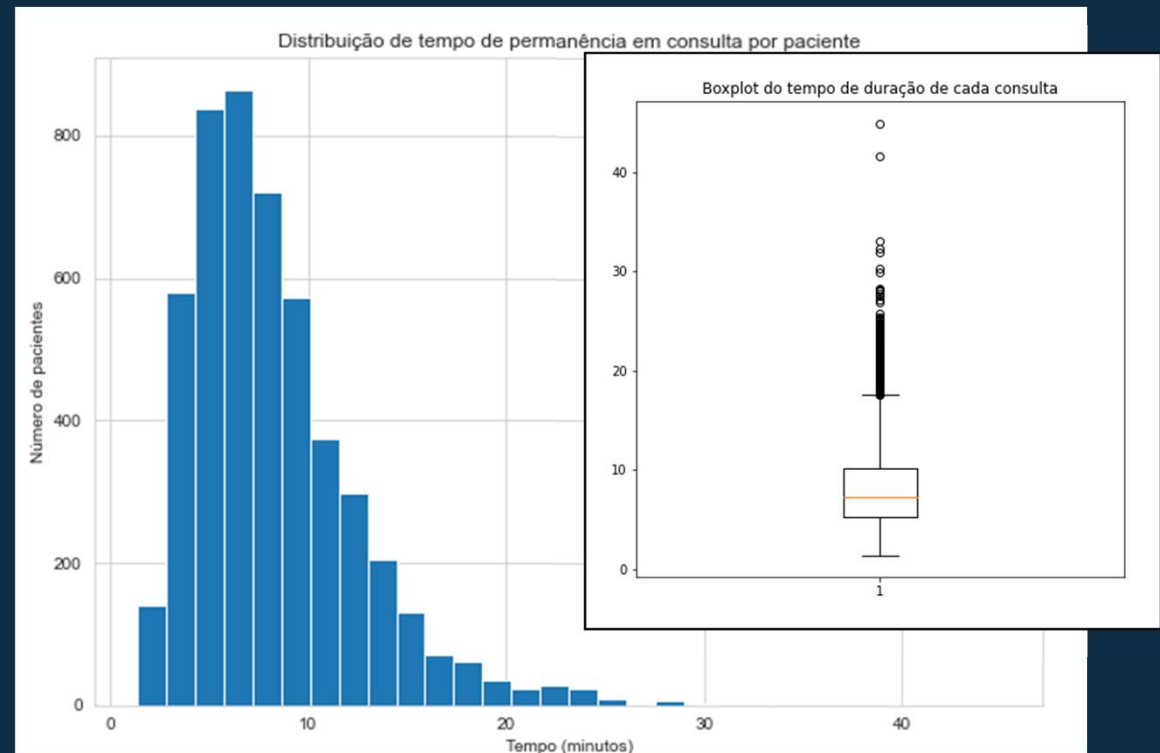
Média: 8,22 minutos

Mediana: 7,30 minutos

Menor: 1,36

Maior 44,9 minutos.

50% dos pacientes tem tempo de consulta entre 5 e 10 minutos.



1 → 2 → 1 Metodologia – Dados utilizados



A distribuição das prioridades para os pacientes da base foi feita de forma aleatória. Foi determinado que 5% da base seria atribuída à prioridade 0 (máxima), 10% à prioridade 1, 15% à prioridade 2, 40% à prioridade 3 e 30% à prioridade 4.

Prioridade	Percentual de Pacientes	Número de Pacientes
0	5%	250
1	10%	500
2	15%	750
3	40%	2000
4	30%	1500

1 → 2 → 1 Metodologia – Configurações da fila

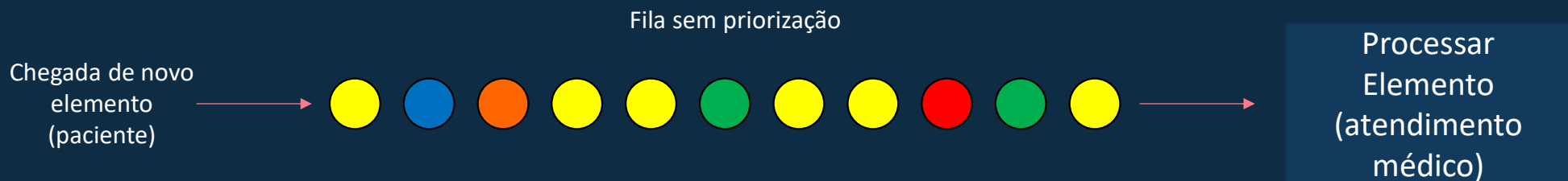
- A fila sempre terá um número de 10 pacientes, simulando uma situação real de espera em um Sistema de Emergência.
- Sempre que um atendimento for realizado (ou seja, um elemento retirado da lista), outro elemento da base dados é inserido.
- Apenas será processado um elemento por vez, simulando uma situação em que exista apenas um médico atendendo aos pacientes



1 → 2 → 1 Cenários propostos



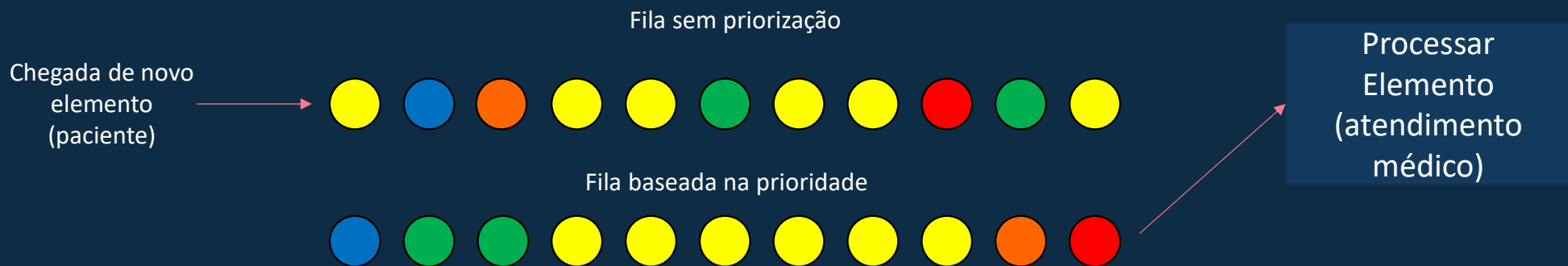
Cenário 1 - Atendimento sem prioridade: Neste cenário, a fila será processada em método FIFO (First in First Out) de modo que não haja adoção de prioridade nenhuma.



1 → 2 → 1 Cenários propostos



Cenário 2 – Atendimento com prioridade simples: Neste cenário, qualquer elemento na fila que tenha a menor prioridade será atendido primeiro. Ou seja, a prioridade 0 terá atendimento antes das demais, seguida da prioridade 1 e assim por diante.



1 → 2 → 1 Cenários propostos



Cenário 3 – Atendimento com prioridade com fator de justiça: Neste cenário, os atendimentos de maior prioridade também serão priorizados, a menos que as médias de tempo de espera em cada prioridade atinja determinadas níveis, de acordo com um fator de justiça (FJ).



1 → 2 → 1 Cenários propostos



Fator de justiça:

Fator de justiça: x

$$Relação = \frac{Média Espera P2}{Média Espera P1} - 1$$

Posição na Fila
Prioridade

1º	2º	3º	4º
2	2	1	2

Exemplo:

Tempo médio Prioridade 1: 12 minutos

Tempo médio Prioridade 2: 19 minutos

$$Fator de justiça: 0,5 \quad Relação = \frac{19}{12} - 1 = 0,58$$

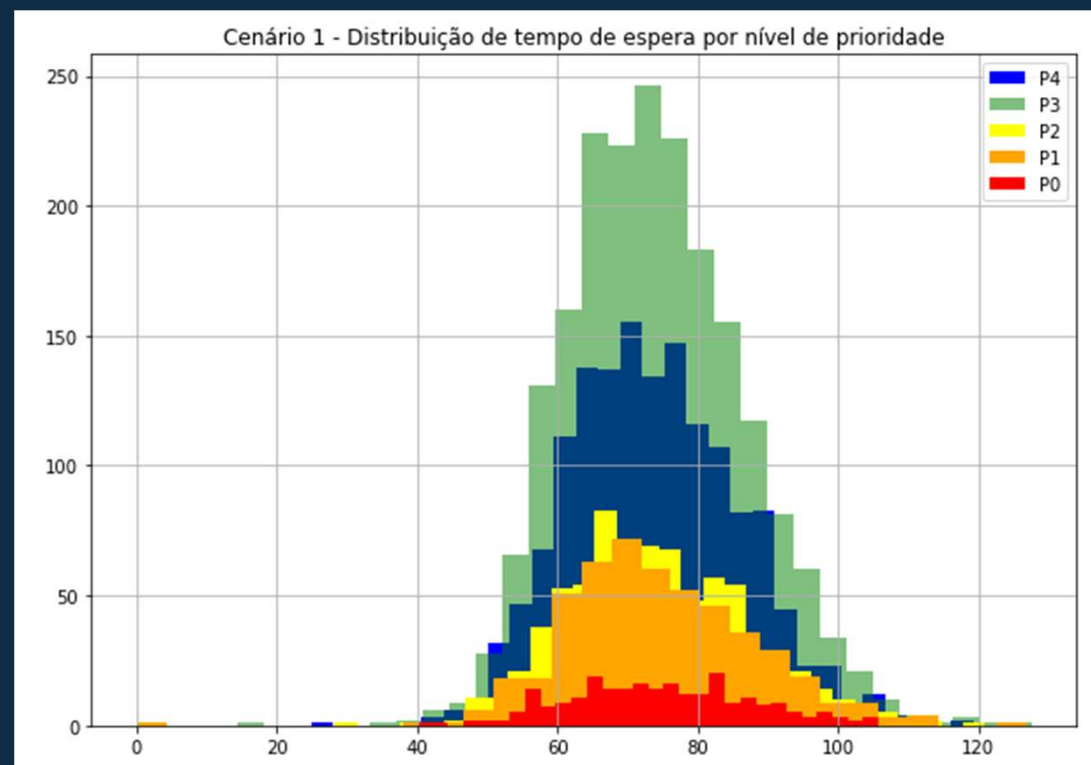
Como $0,58 > 0,5$, o atendimento P1 não será priorizado

1 → 2 → 1 Ensaios Realizados

Cenário 1 - Atendimento sem prioridade: Neste cenário, a fila será processada em método FIFO (First in First Out) de modo que não haja adoção de prioridade nenhuma.

Prioridade	Média	Desvio Padrão
0 (vermelha)	74,5	12,9
1 (laranja)	74,6	13,5
2 (amarela)	74,0	12,8
3 (verde)	73,9	12,5
4 (azul)	73,8	12,2

Tempo médio (minutos) em cada grupo prioritário



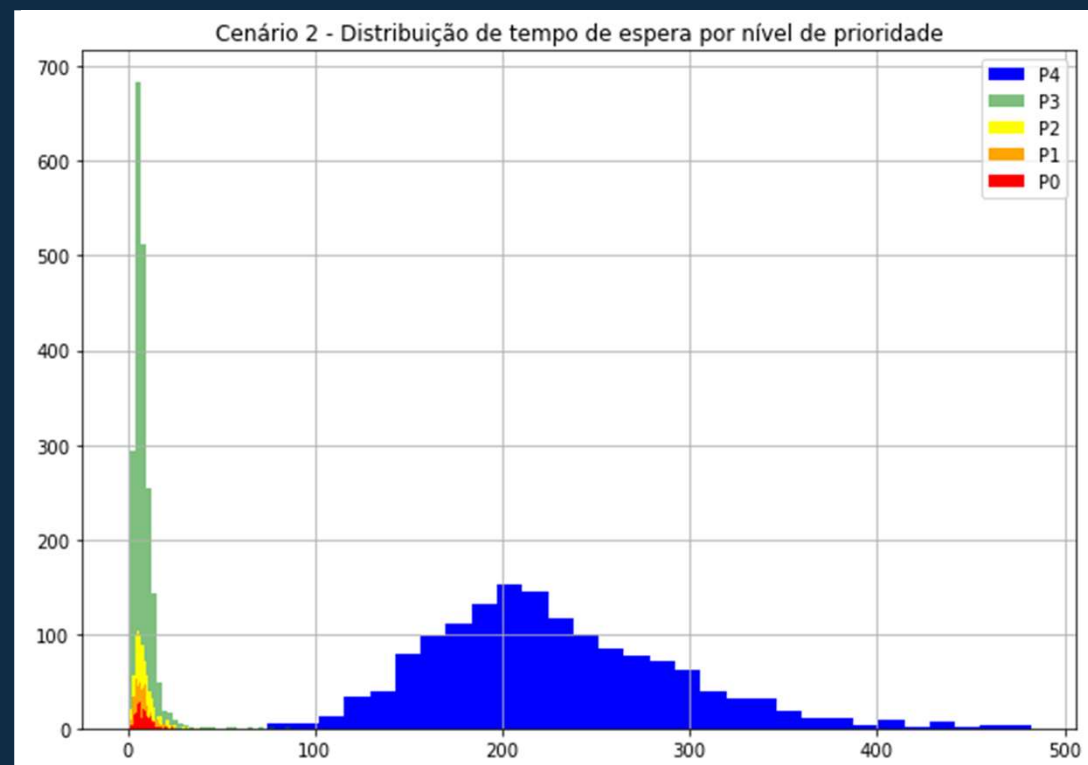
1 → 2 → 1 Ensaios Realizados

Cenário 2 – Atendimento com prioridade simples:

Neste cenário, qualquer elemento na fila que tenha a menor prioridade será atendido primeiro. Ou seja, a prioridade 0 terá atendimento antes das demais, seguida da prioridade 1 e assim por diante.

Prioridade	Média	Desvio Padrão
0 (vermelha)	8,41	4,04
1 (laranja)	8,27	4,36
2 (amarela)	8,32	4,56
3 (verde)	8,44	5,93
4 (azul)	227,9	64,81

Tempo médio (minutos) em cada grupo prioritário





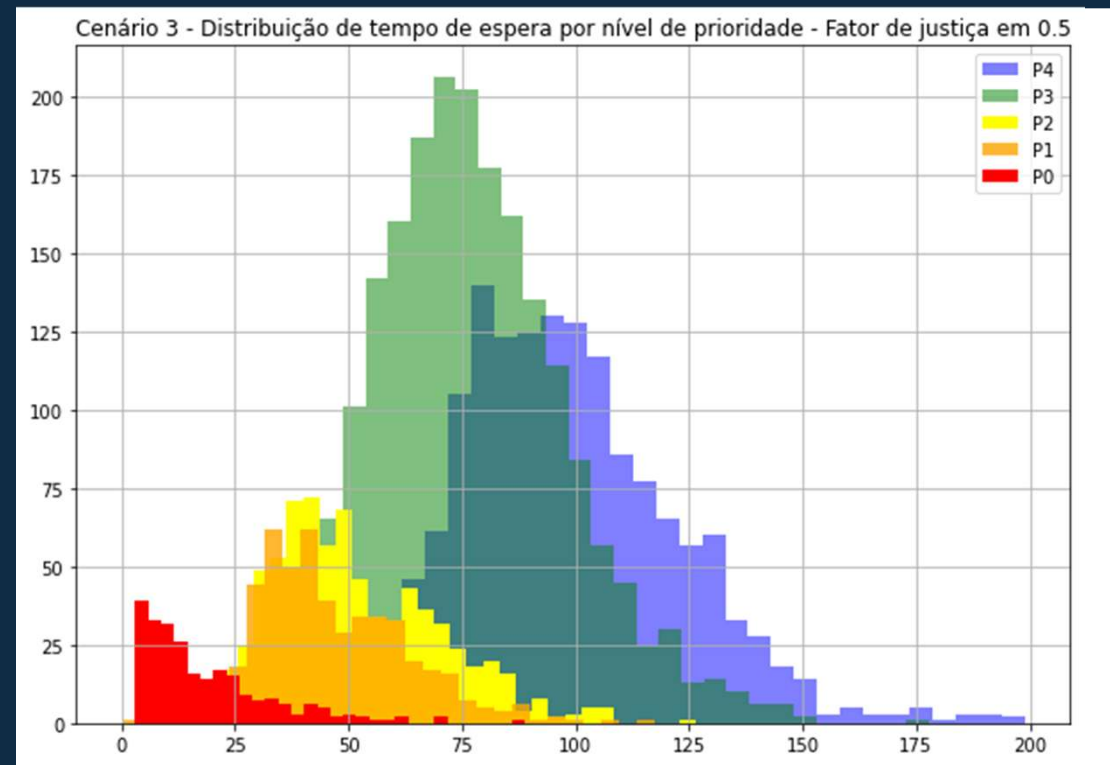
Ensaio Realizados

Cenário 3 – Atendimento com prioridade com fator de justiça: Neste cenário, os atendimentos de maior prioridade também serão priorizados, a menos que as médias de tempo de espera em cada prioridade atinja determinados níveis, de acordo com um fator de justiça (FJ).

Prioridade	Média	Desvio Padrão
0 (vermelha)	18,80	14,58
1 (laranja)	46,93	16,24
2 (amarela)	51,84	18,04
3 (verde)	77,64	20,49
4 (azul)	98,60	23,85

Tempo médio (minutos) em cada grupo prioritário

FJ = 0.5





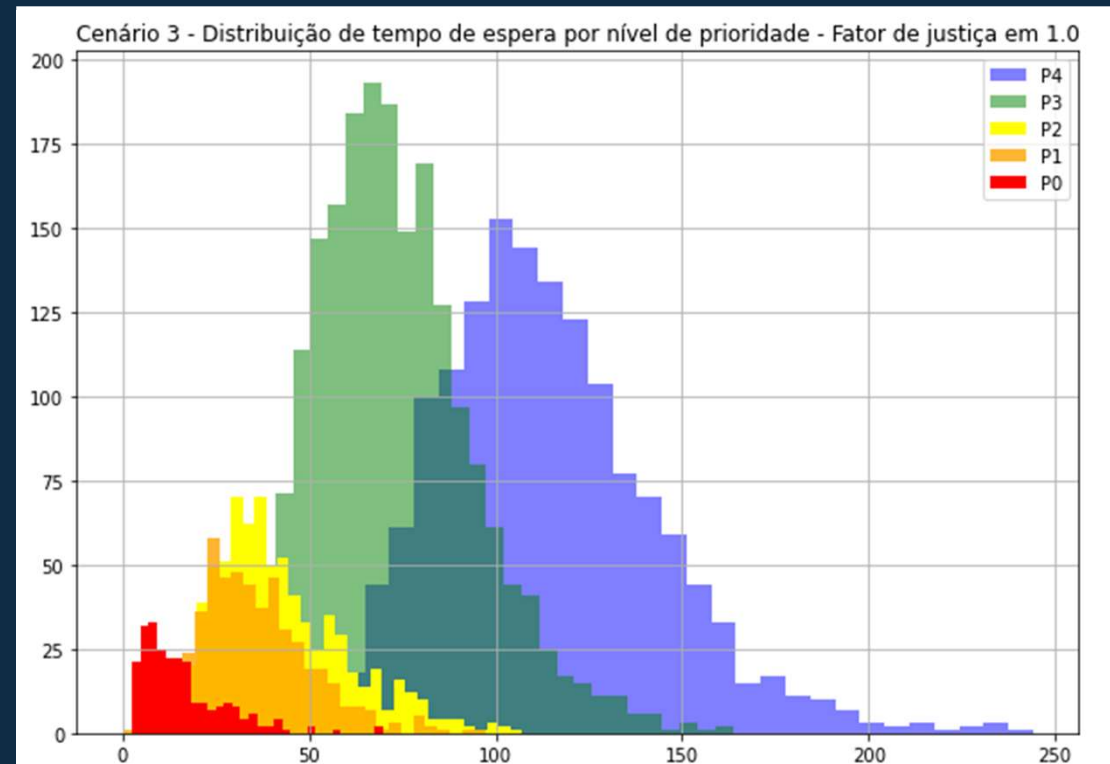
Ensaios Realizados

Cenário 3 – Atendimento com prioridade com fator de justiça: Neste cenário, os atendimentos de maior prioridade também serão priorizados, a menos que as médias de tempo de espera em cada prioridade atinja determinados níveis, de acordo com um fator de justiça (FJ).

Prioridade	Média	Desvio Padrão
0 (vermelha)	15,99	11,48
1 (laranja)	36,68	14,29
2 (amarela)	42,75	17,43
3 (verde)	72,84	21,37
4 (azul)	113,4	29,38

Tempo médio (minutos) em cada grupo prioritário

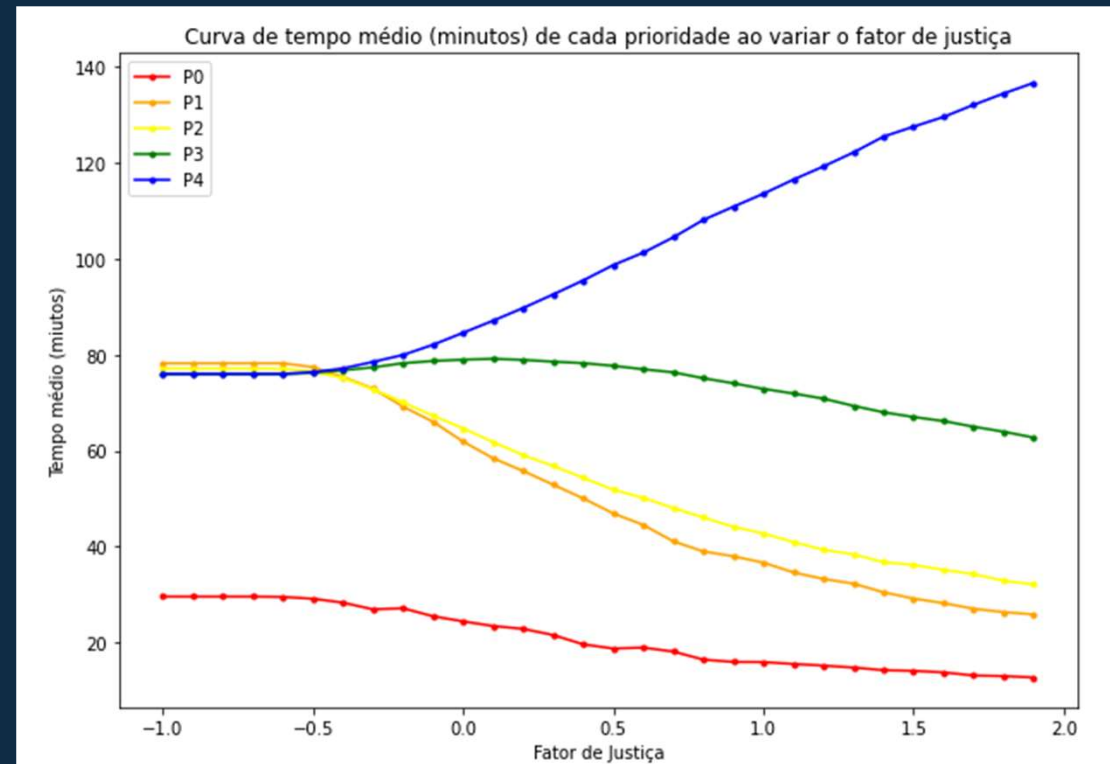
FJ = 1



1 → 2 → 1 Ensaios Realizados

Cenário 3 – Atendimento com prioridade com fator de justiça: Neste cenário, os atendimentos de maior prioridade também serão priorizados, a menos que as médias de tempo de espera em cada prioridade atinja determinados níveis, de acordo com um fator de justiça (FJ).

Variando os valores de fator de justiça e analisando o efeito no tempo médio:



1 → 2 → 1 Ensaios Realizados



Avaliação de tempo de processamento

Ensaio	5.000 elementos	500.000 elementos	Complexidade
Cenário 1 – Sem prioridade	387 ms	28.6 s	$O(n)$
Cenário 2 – Com prioridade simples	312 ms	28.6 s	$O(n)$
Cenário 3 – Prioridade Justa	1.01 s	1min 40s	$O(n)$



Conclusão



Neste trabalho, estudamos o tempo médio que cada grupo de prioridade de um Serviço de Emergência esperaria por atendimento em três cenários distintos. É razoável concluir que os cenários 1 e 2 apresentam médias de tempo muito discrepantes com relação ao recomendado pelo Sistema Manchester de Classificação de Risco, e que acaba desfavorecendo com excesso grupos de menor prioridade, mesmo que sejam grupos sem urgência. Considerando uma comparação entre os cenários, conforme a tabela abaixo, é possível ver que o cenário 3 é o que melhor equilibra tempo de atendimento e justiça entre os níveis de prioridade.

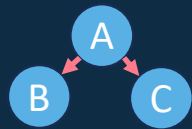
Prioridade	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3 (FJ=1)
0 (vermelha)	74,5 minutos	8,41 minutos	15,99 minutos
1 (laranja)	74,6 minutos	8,27 minutos	36,68 minutos
2 (amarela)	74,0 minutos	8,32 minutos	42,75 minutos
3 (verde)	73,9 minutos	8,44 minutos	72,84 minutos
4 (azul)	73,8 minutos	227,9 minutos	113,4 minutos

1 → 2 → 1 Trabalhos futuros



Embora tenhamos utilizado como referência a escala proposta pelo Sistema Manchester de Classificação de Risco, **nenhum dos três cenários foi capaz de atingir os valores médios propostos**. Portanto, surge a oportunidade de criar um sistema que tenha parâmetros de tempo médio aceitáveis para cada nível de prioridade, de modo que o algoritmo busque, iteração a iteração, ajustar a fila de prioridades buscando manter a proximidades com esses parâmetros de referência.

Outra oportunidade é testar a iteração e priorização de pacientes considerando mais de um médico em atendimento.



Referências



- [1] T. H. Cormen, C. E. Leiserson, R. L. Rivest, and C. Stein, Introduction to Algorithms, 3rd ed. Cambridge, MA, USA: MIT Press, 2009
- [2] Sistema Manchester: tempo empregado na classificação de risco e prioridade para atendimento em uma emergência. Disponível em <https://www.scielo.br/j/rgenf/a/ZPt8CVtgXpftkT7MszL8KtP/?lang=pt>
- [3] A. C. Sembiring, J. Tampubolon, D. Sitanggang, M. Turnip, and S. Subash, "Improvement of Inventory System Using First In First Out (FIFO) Method," J. Phys.: Conf. Ser., vol. 1361, 1st International Conference of SNIKOM 2018, Medan, Indonesia, 23–24 Nov. 2018. Disponível em: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1361/1/012070/meta>
- [4] F. N. Hidayat and I. H. Al Amin, "Implementasi metode First In First Out (FIFO) untuk analisa sistem antrian pengaduan pelanggan Internet Service Provider (ISP)," Jurnal DINAMIK, vol. 23, no. 2, pp. 73-79, Jul. 2018. E-ISSN: 2623-1786, P-ISSN: 0854-9524. Disponível em: <https://www.unisbank.ac.id/ojs/index.php/fti1/article/view/7180/2181>
- [5] N. A. Harki, "Multilevel Feedback Queue Scheduling Technique: Model Proposal to Reduce Risk and Enhance Performance of Health-care Systems," Department of Computer Network and Information Security, College of Informatic-Akre, Akre University for Applied Sciences, Duhok, Iraq. Disponível em: <https://journals.cihanuniversity.edu.iq/index.php/cuesj/article/view/1140/437>
- [6] I. Calciu, H. Mendes, and M. Herlihy, "The Adaptive Priority Queue with Elimination and Combining," Department of Computer Science, Brown University, 115 Waterman St., 4th floor, Providence RI, USA.
- [7] J. M. Zachariasse, N. Seiger, P. P. M. Rood, C. F. Alves, P. Freitas, F. J. Smit, G. R. Roukema, and H. A. Moll, "Validity of the Manchester Triage System in emergency care: A prospective observational study," Feb. 2, 2017. Disponível em <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0170811>
- [8] A. Legout and E. W. Biersack, "Revisiting the fair queuing paradigm for end-to-end congestion control," IEEE Network, vol. 16, no. 5, pp. 38-46, Sept.-Oct. 2002, doi: 10.1109/MNET.2002.1037429. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/1035116>



Obrigado!

youtube.com/@Tech_dados

linkedin.com/in/itallo-dias/