

IGOR TATSUO ANTONY INOUE

**RELATÓRIO DO PROJETO FINAL DE FIS 492 - TÓPICO ESPECIAL II -
COMPUTAÇÃO CIENTÍFICA MODERNA E ANÁLISE DE DADOS**

**Relatório Final, apresentado ao professor
Wesley Francis Costa Cota como parte das
exigências da disciplina FIS 492 – Tópico Es-
pecial II – Computação Científica Moderna
e Análise de Dados.**

**VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
FEVEREIRO DE 2025**

Sumário

1	Introdução	3
2	Materiais e Métodos	4
2.1	Construção do código em Fortran	4
2.2	Obtenção do tempo médio	4
3	Resultados e Discussões	6
4	Conclusões Finais	8
	Referências	9

1 Introdução

Esse relatório faz parte do projeto final da disciplina FIS 492 – Tópico Especial II – Computação Científica Moderna e Análise de Dados. Neste projeto, os estudantes foram motivados a escolher um projeto para aplicar as ferramentas aprendidas na disciplina, tendo como sugestão projetos do livro *Introduction to Computer Simulation Methods* [1]. O projeto escolhido foi o 14.23, em especial, o *Modelo dos Votantes* (MV).

O MV é um modelo de opinião que estuda a formação de opinião de uma população. Nele, cada votante se situa em um ponto de uma rede e possui uma opinião, nesse projeto denotadas por $+1$ e -1 . Em seguida, um elemento da rede é selecionado aleatoriamente e toma a opinião de um de seus vizinhos. Esse algoritmo se repete todos os votantes da rede tenham uma única opinião [1, 2]. Nesse trabalho, tem-se o objetivo de escrever um programa para simular o MV em uma rede bidimensional.

2 Materiais e Métodos

O programa foi escrito na linguagem Fortran com o auxílio do gerenciador de pacotes *Fortran Package Manager* (fpm). O progresso do trabalho foi registrado com o auxílio do *Git* e da plataforma *GitHub*. A análise dos dados obtidos foi realizada na linguagem Python, com auxílio das bibliotecas *pandas*, *matplotlib*, *numpy* e *seaborn*. A utilização de Python se deu por meio dos *Jupyter Notebooks*. O código pode ser acessado em: https://github.com/igor-inoue/projeto_final.

2.1 Construção do código em Fortran

Para melhor funcionamento do código, foram criados quatro módulos na linguagem. O primeiro, *m_emq.f90*, foi escrito para escrever uma matriz quadrada no terminal na forma usual. Apesar dele não ter sido usado no código final, ele foi de extrema importância para o acompanhamento do funcionamento do código durante o desenvolvimento do programa. Já os demais módulos tiveram influência direta no funcionamento do programa.

O segundo módulo, *m_round.f90*, teve como função arredondar números reais. Isso ocorreu pois a função *int()* é equivalente a uma função piso para números positivos e a uma função teto para números negativos. E para melhor controle do código, era necessário uma função que arredonda-se números reais.

O terceiro módulo, *m_uni.f90*, tem a função de verificar a uniformidade de uma matriz quadrada. Isso ocorre pois o algoritmo deve ser encerrado quando a população chega a um consenso, ou seja, todos os elementos da matriz são iguais. Assim, a função retorna *.true.* no caso de uniformidade e *.false.* no caso oposto.

O quarto módulo, *m_vizinho*, possui uma função que seleciona um vizinho aleatório de um elemento e retorna seu valor. A utilidade desse módulo é direta, pois o algoritmo precisa selecionar o vizinho de um elemento e atualizar seu valor para o do vizinho. Por fim, também foi utilizado o módulo *rndgen_mod* para a geração de números aleatórios, disponível em: <https://github.com/wcota/rndgen-fortran>.

2.2 Obtenção do tempo médio

Para obter o tempo médio para cada ordem N das matrizes, foi realizado o seguinte método. O algoritmo foi realizado para todas as densidades possíveis, desde nenhum ponto com a opi-

nião $+1$ a N^2 pontos com essa opinião. Para cada densidade, o algoritmo foi executado 100 vezes, visando reduzir o erro obtido. O número de iterações de cada execução foi somado e dividido pelo número de execuções, ou seja, $100(N^2 + 1)$.

3 Resultados e Discussões

Os resultados obtidos são apresentados na figura 1.

	t_{med}
1	0.000000
2	0.030000
3	0.257000
4	1.410000
5	4.394231
6	9.752433
7	18.868200
8	37.991692
9	49.756950
10	105.623962
11	157.727295
12	215.044205
13	289.020874
14	435.790955
15	625.589050

Figura 1: Na primeira coluna, a ordem da matriz, na segunda, o tempo médio de consenso.

Um resultado previsto é que o tempo médio de consenso seja proporcional a $N^2 \ln N^2$ [1, 2]. Escrevendo o gráfico de t_{med} versus N junto a um gráfico de $t_{med} = 0.4N^2 \ln N^2$ obtemos o seguinte resultado, apresentado na figura 2.

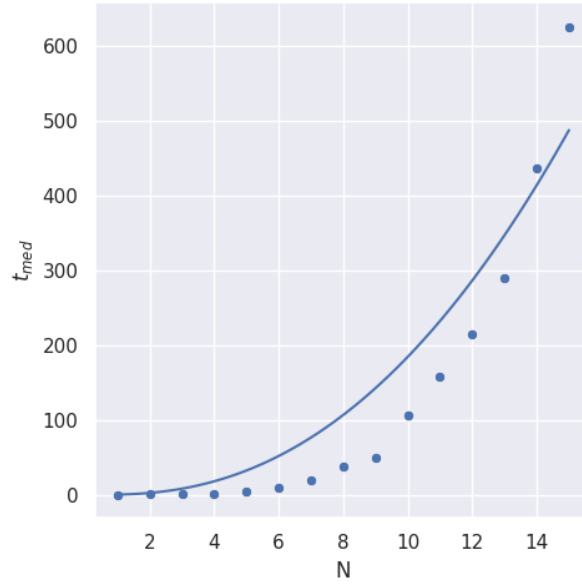


Figura 2: Gráfico de t_{med} versus N junto a um gráfico de $t_{med} = 0.4N^2 \ln N^2$.

Infelizmente, a não foi possível observar essa relação. A principal teoria do autor desse relatório é de que o método utilizado para calcular o tempo médio de consenso não foi correto. Uma sugestão do professor da disciplina foi que todos os votantes mudassem de opinião simultaneamente e esse processo fosse contado como uma iteração. Contudo, esse algoritmo pode nunca chegar a um consenso. Um exemplo desse fenômeno pode ser observado em uma simples matriz de ordem 2. Considere o seguinte estado inicial,

$$\begin{bmatrix} 1 & -1 \\ -1 & 1 \end{bmatrix}.$$

Após aplicar o algoritmo, a matriz toma a forma

$$\begin{bmatrix} -1 & 1 \\ 1 & -1 \end{bmatrix}.$$

Mas é nítido que ao aplicarmos o algoritmo novamente a matriz retornará ao estado inicial, entrando em um *loop* onde o consenso nunca é alcançado.

4 Conclusões Finais

Apesar de não conseguir alcançar o resultado esperado, o projeto permitiu que o estudante pudesse praticar o uso das ferramentas apresentadas na disciplina. Tendo isso em mente, o projeto final teve seu objetivo alcançado. O estudante agradece ao professor da disciplina pela paciência e benevolência com os problemas enfrentados pelo estudante durante a disciplina.

Referências

- [1] Harvey Gould, Jan Tobochnik, and Wolfgang Christian. *An Introduction to Computer Simulation Methods*, volume 1. Addison-Wesley Reading, 3 edition, 2016.
- [2] Sidney Redner. Reality-inspired voter models: A mini-review. *Comptes Rendus Physique*, 20(4):275–292, 2019.