

# Metodologias Experimentais em Informática

## Maximum Flow Problem

---

Mestrado em Engenharia Informática - 22/23

Bernardo Vinagre Viseu de Simões Arzileiro | 2019216875

Filipe Rocha Ribeiro | 2019223576

Miguel António Gabriel de Almeida Faria | 2019216809

# Meta 1 - Variáveis e Cenário Experimental

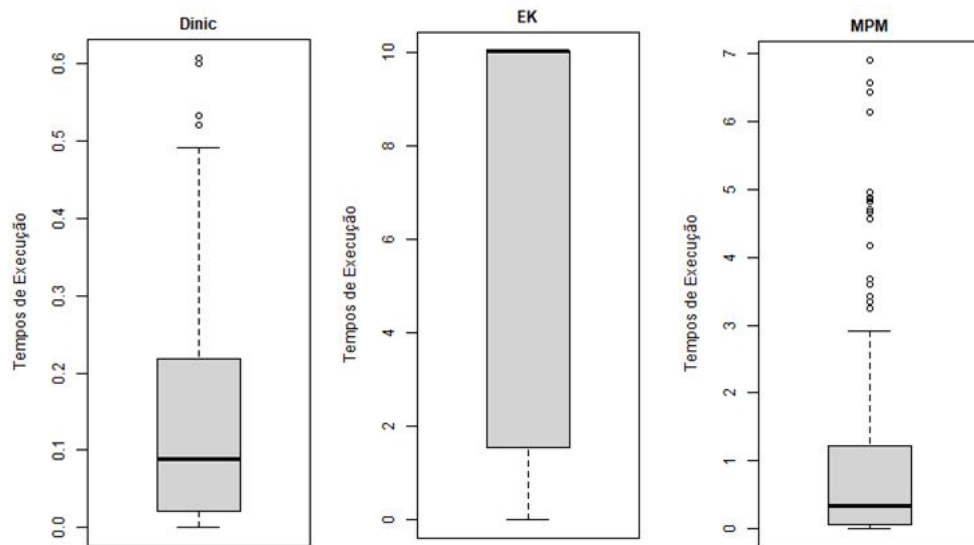
Variáveis Independentes	Descrição
numVertices ( <b>n</b> )	Número de vértices
arcProbability ( <b>p</b> )	Probabilidade de gerar um arco
maxCapacity ( <b>r</b> )	Capacidade máxima de um arco

Variáveis Dependentes	Descrição
elapsed	Tempo usado pelo CPU
maxFlow	Valor do <i>maximum flow</i> (ou -1)

- Os testes foram realizados apenas num computador
- Obtiveram-se 1800 resultados de execução
- O tempo máximo de CPU foi limitado a 10 segundos

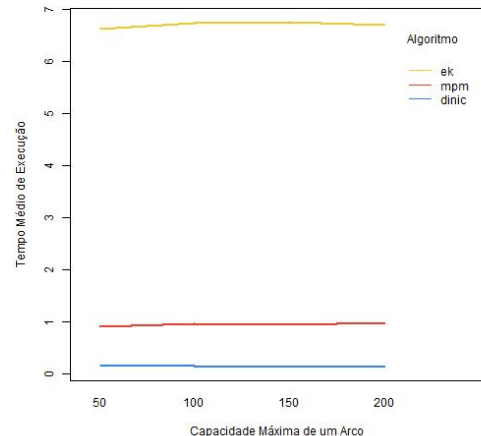
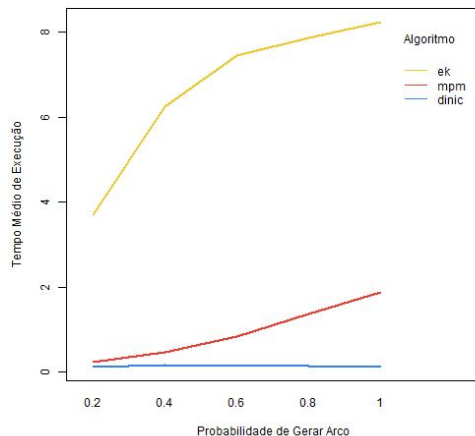
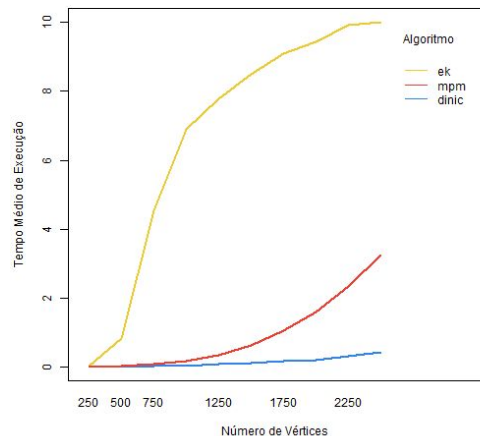
# Meta 1 - Análise Exploratória de Dados

Gráficos boxplot representativos dos tempos de execução de cada um dos algoritmos:



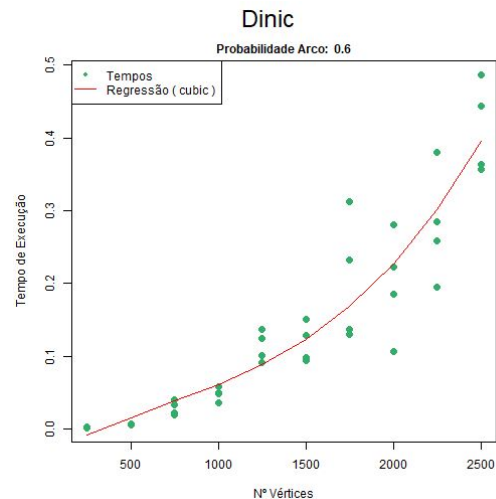
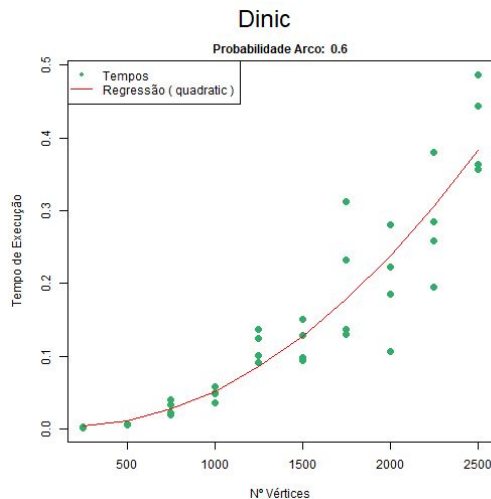
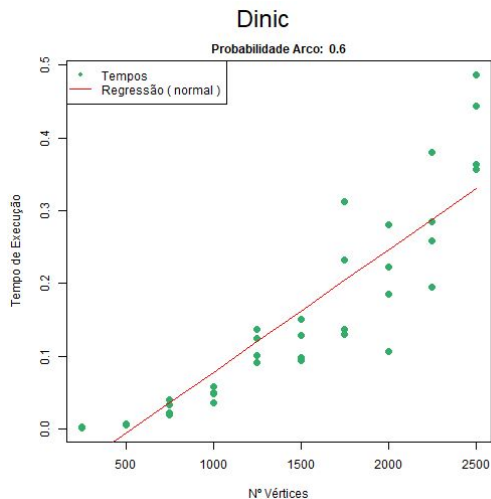
# Meta 1 - Análise Exploratória de Dados

Comparação dos algoritmos fixando cada uma das variáveis independentes:



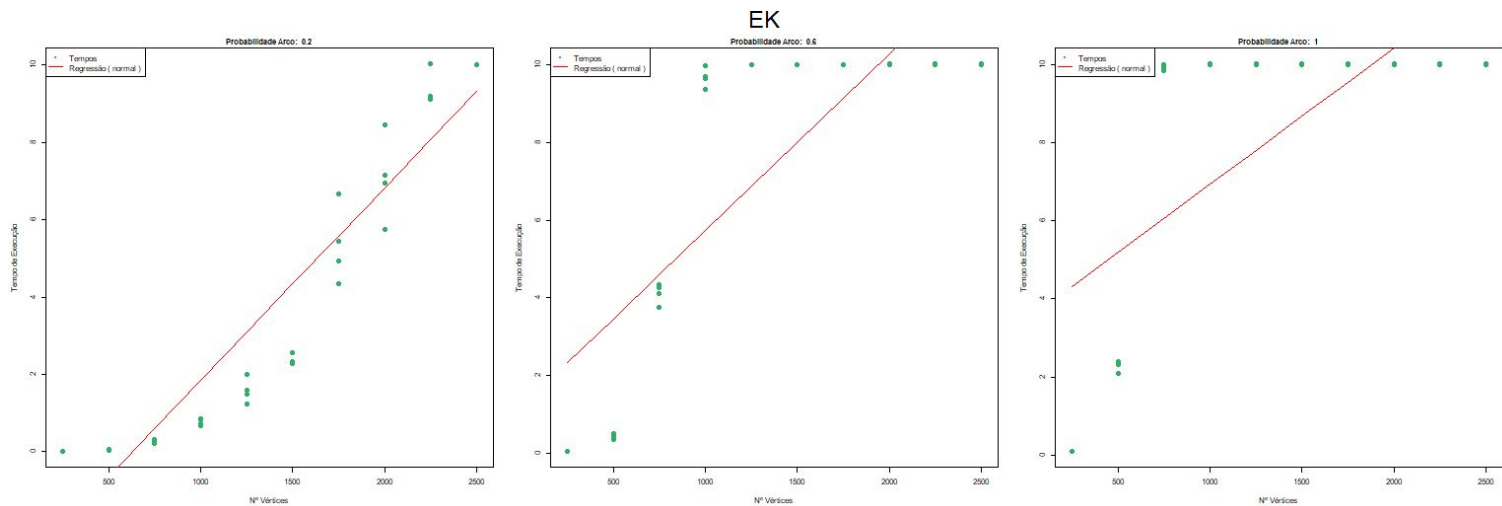
# Meta 1 - Regressões Lineares

Regressões lineares (sem e com transformações) aplicadas relativamente aos tempos de execução usando Dinic:



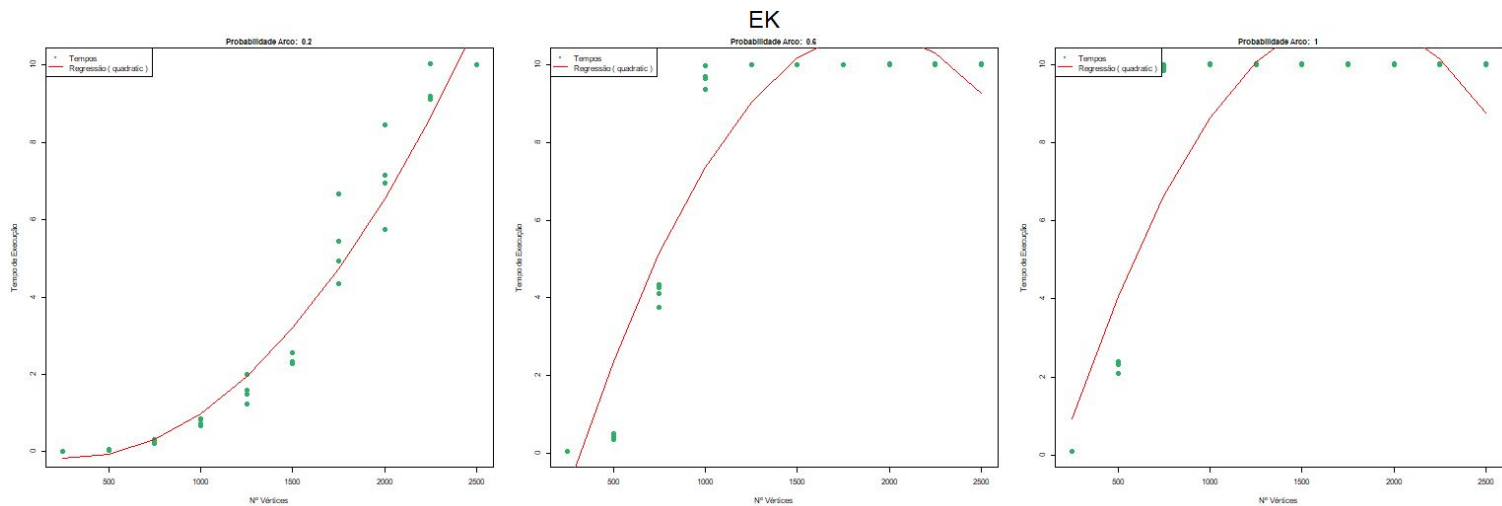
# Meta 1 - Regressões Lineares

Regressões lineares (sem e com transformações) aplicadas relativamente aos tempos de execução usando EK:



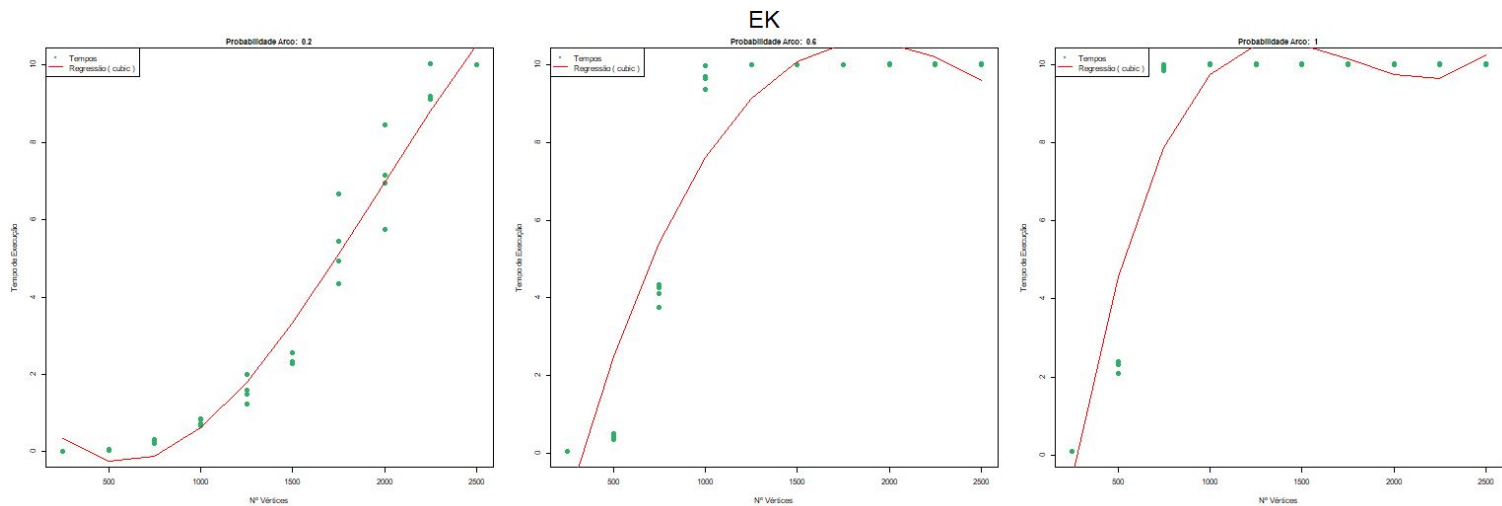
# Meta 1 - Regressões Lineares

Regressões lineares (sem e com transformações) aplicadas relativamente aos tempos de execução usando EK:



# Meta 1 - Regressões Lineares

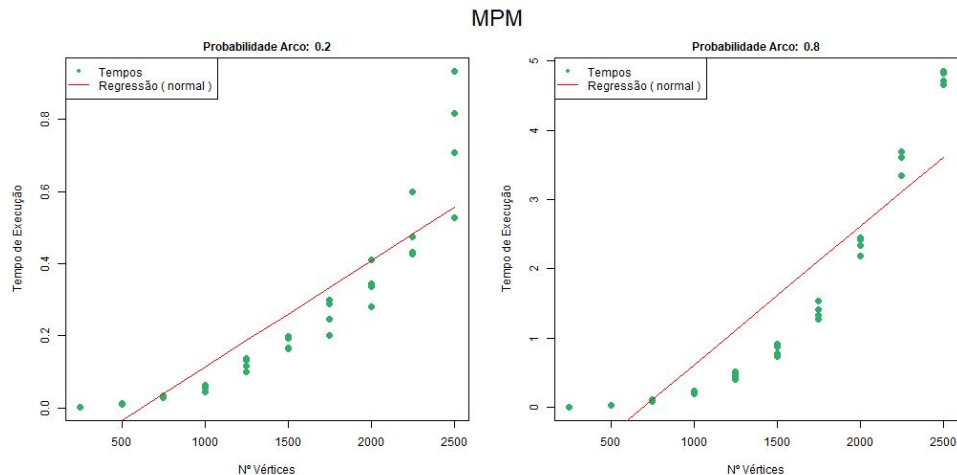
Regressões lineares (sem e com transformações) aplicadas relativamente aos tempos de execução usando EK:





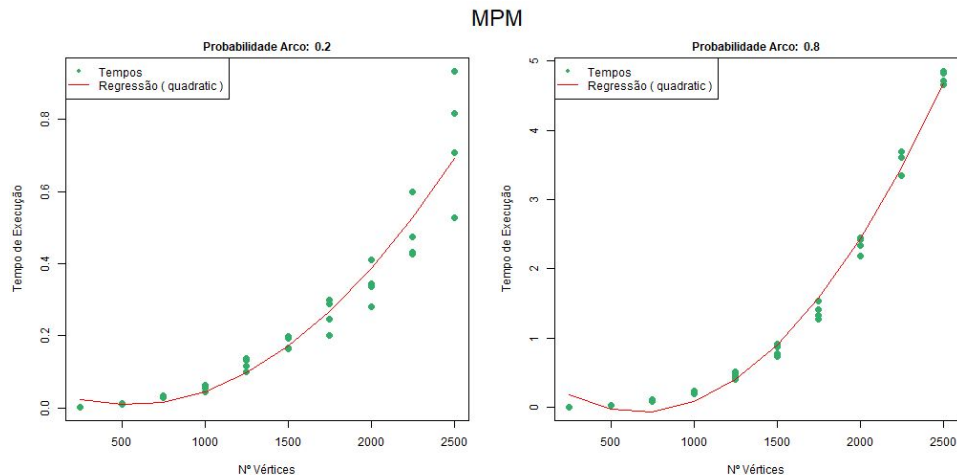
# Meta 1 - Regressões Lineares

Regressões lineares (sem e com transformações) aplicadas relativamente aos tempos de execução usando MPM:



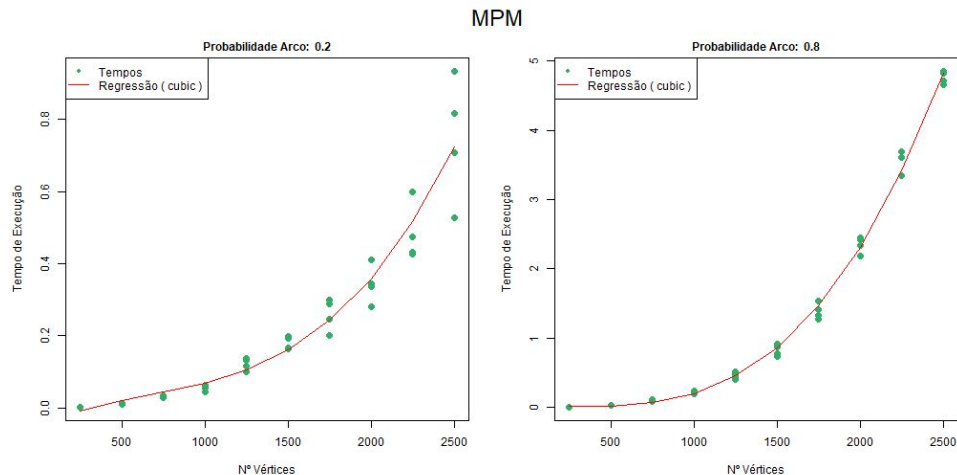
# Meta 1 - Regressões Lineares

Regressões lineares (sem e com transformações) aplicadas relativamente aos tempos de execução usando MPM:



# Meta 1 - Regressões Lineares

Regressões lineares (sem e com transformações) aplicadas relativamente aos tempos de execução usando MPM:



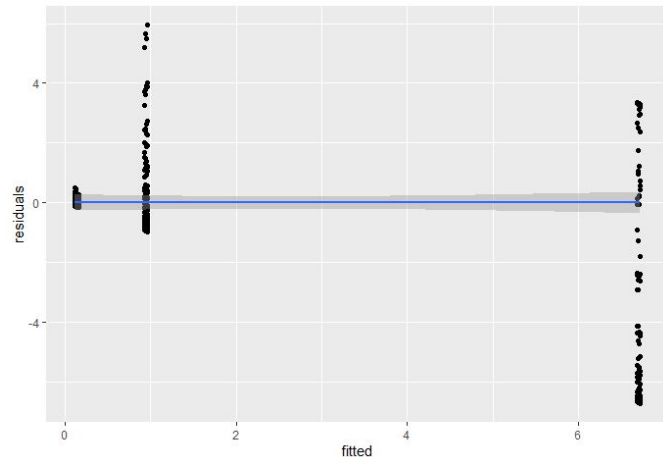
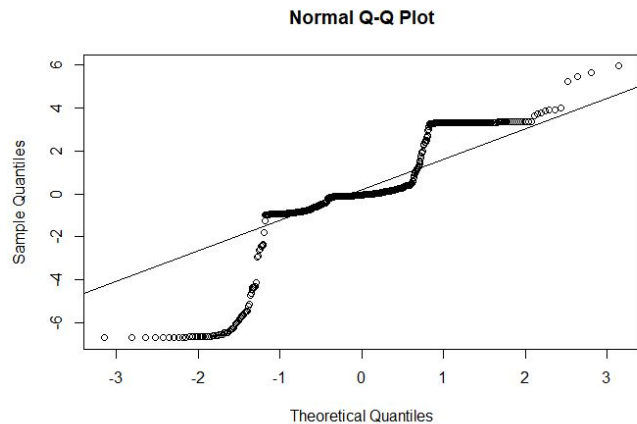
## Meta 2 - Pré-Registro de hipóteses

1. **A capacidade máxima de cada arco não influencia os tempos de execução dos algoritmos**, uma vez que, para todas as combinações de variáveis independentes testadas, o valor dos tempos médios permanece aproximadamente constante.
2. **O algoritmo EK é consideravelmente mais lento que os outros para quaisquer que sejam os valores das variáveis independentes**, sendo que é o único que atinge o tempo máximo de execução dos nossos testes.

## Meta 2 - Pré-Registro de hipóteses

3. **A probabilidade de gerar arco não influencia os tempos de execução do algoritmo Dinic**, pois para qualquer valor de probabilidade o valor dos tempos médios permanece aproximadamente constante.
4. **A probabilidade de gerar arco influencia o número de limites de tempo excedido usando o algoritmo EK**, uma vez que à medida que a probabilidade aumenta, o limite de tempo excedido é atingido utilizando números de vértices cada vez menores,

# Meta 3 - Hipótese 1 - Two-Way ANOVA (Pressupostos)



Teste de Shapiro-Wilk ( $\alpha = 0.05$ ):

$W = 0.64457$  ,  $p\text{-value} < 2.2e-16$

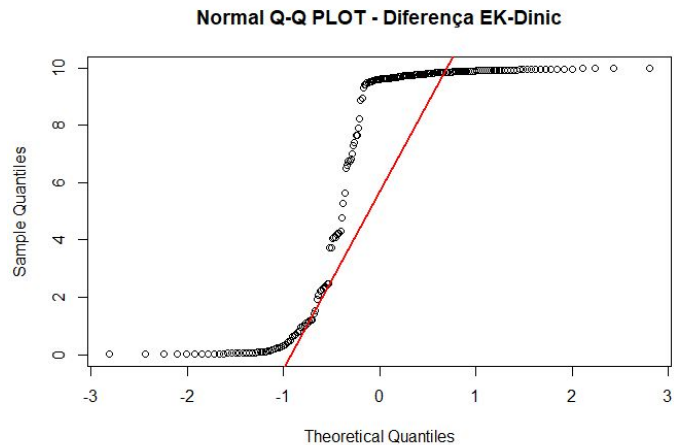
## Meta 3 - Hipótese 1 - Two-Way ANOVA

- Uma vez que os pressupostos não se verificaram, foi utilizado o teste não paramétrico Kruskal-Wallis:

chi-squared = 0.027188, df= 3, p-value = 0.9988

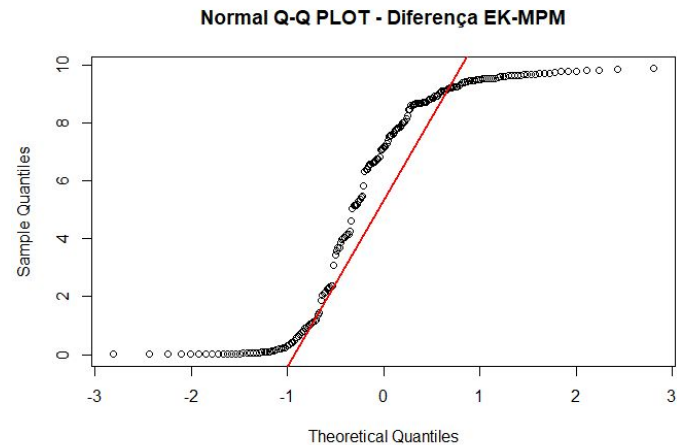
- Como  $p\text{-value} > \alpha$ , então não se rejeita a hipótese nula.

# Meta 3 - Hipótese 2 - *t*-test (Pressupostos)



Teste Shapiro-Wilk ( $\alpha = 0.05$ ):

$W = 0.7211$ ,  $p\text{-value} < 2.2e-16$

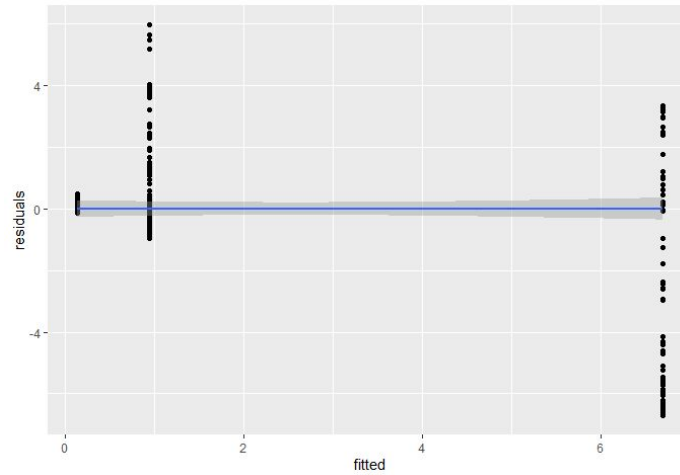


Teste Shapiro-Wilk ( $\alpha = 0.05$ ):

$W = 0.83333$ ,  $p\text{-value} < 7.144e-14$



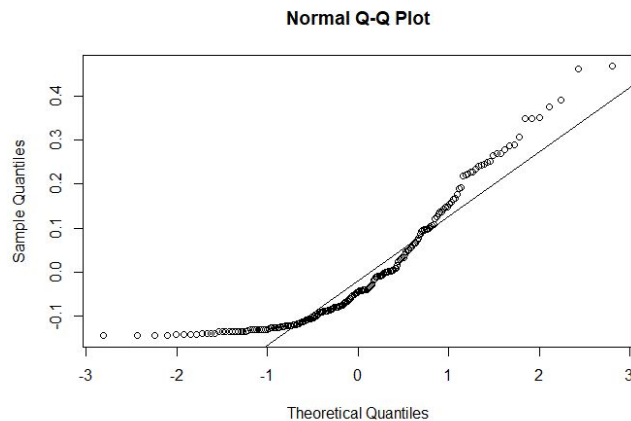
## Meta 3 - Hipótese 2 - *t*-test (Pressupostos)



## Meta 3 - Hipótese 2 - *t-test*

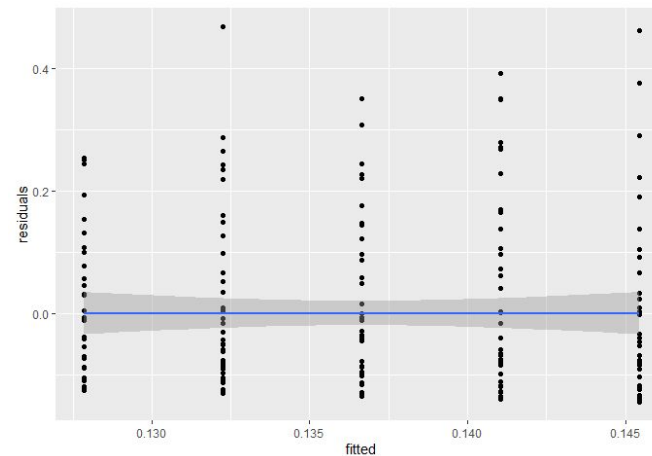
- Visto que os pressupostos não se verificaram foi necessário recorrer a um teste não paramétrico.
- O teste utilizado foi o teste Wilcoxon, tendo sido obtidos os seguintes resultados:
  - Para o par **EK-Dinic**:
    - $V = 20100$ ,  $p\text{-value} < 2.2e-16$
  - Para o par **EK-MPM**:
    - $V = 20100$ ,  $p\text{-value} < 2.2e-16$
- Ao analisar os resultados podemos concluir que:  $p\text{-value} < \alpha$ , então rejeita-se a hipótese nula, confirmando assim que o algoritmo EK é mais lento que os outros dois algoritmos (Dinic e MPM)

# Meta 3 - Hipótese 3 - ANOVA (Pressupostos)



Teste Shapiro-Wilk ( $\alpha = 0.05$ ):

$W = 0.85374$  ,  $p\text{-value} < 6.556e-13$



Teste Bartlett ( $\alpha = 0.05$ ):

$K\text{-squared} = 5.0067$ ,  $df=4$ ,  $p\text{-value} = 0.2866$

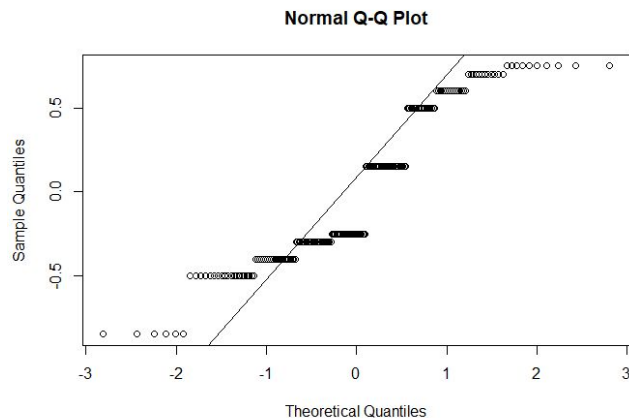
## Meta 3 - Hipótese 3 - ANOVA

- Uma vez que um dos pressupostos não se verifica, foi necessário utilizar um teste não paramétrico.
- O teste utilizado foi o Kruskal-Wallis:

$$\text{chi-squared} = 2.2627, \text{df} = 4, \text{p-value} = 0.6876$$

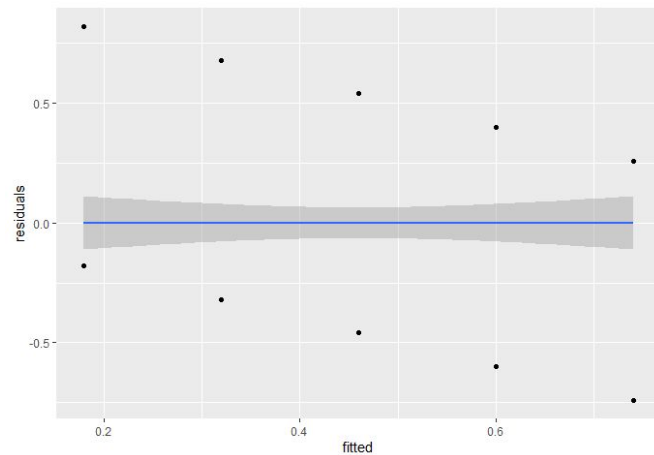
- Analisando os resultados vemos que  $\text{p-value} > \alpha$ , então não se rejeita a hipótese nula.

# Meta 3 - Hipótese 4 - ANOVA (Pressupostos)



Teste Shapiro-Wilk ( $\alpha = 0.05$ ):

$W = 0.6341$ ,  $p\text{-value} < 2.2e-16$



Teste Barlett ( $\alpha = 0.05$ ):

$K\text{-squared} = 5.2087$ ,  $df = 4$ ,  $p\text{-value} = 0.2665$

- O pressuposto da esfericidade é também cumprido, devido à distribuição homogênea dos dados em torno da média zero.

## Meta 3 - Hipótese 4 - ANOVA

- Com a confirmação dos três pressupostos é possível avançar com o teste ANOVA:

```
          Df Sum Sq Mean Sq F value    Pr(>F)
factor(prob)  4   9.08   2.2700    10.9 5.35e-08 ***
Residuals    195  40.60   0.2082
---
signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

- Analizando os resultados, vemos que  $p\text{-value} < \alpha$ , então rejeita-se a hipótese nula e confirma-se que a probabilidade de gerar um arco influencia a quantidade de resultados com o tempo limite excedido.

FIM!

---