

# Estudo de Caso 03: Comparison of Rising Drilling Configurations

*Equipe 04*

*24 de Junho de 2017*

Coordenador: Bernardo Marques

Relator: Danny Tonidandel

Verificador: Gustavo Vieira

Monitor: Alessandro Cardoso

## 1. Descrição do Problema

O objetivo do problema é realizar uma comparação entre quatro tipos de tubos de perfuração *drilling risers*, que consiste em uma espécie de conduíte ou tubo utilizado para servir como passagem temporária para o petróleo extraído em plataformas oceânicas. Mais especificamente, pretende-se investigar o tempo médio até a falha ( *mean time to failure ou MTTF* ) de quatro configurações diferentes (níveis  $A, B, C, D$ ) de equipamentos, de forma a escolher a que forneça a menor probabilidade de falha, considerando-se um período de 20 anos, isto é, comparar a configuração padrão (*Riser 1*) com as outras três, buscando encontrar qual delas proverá o maior *MTTF*.

A plataforma de testes escolhida pela equipe de engenharia consiste na utilização de um modelo em escala para os *risers* com um protocolo de tempo acelerado, em que há uma relação direta entre (cada observação do) o tempo medido (em minutos) e a configuração do sistema real. Todavia, o custo de cada observação é altíssimo, cerca de \$US\$10000 \$ (dez mil dólares). Uma alternativa consiste em utilizar dados históricos existentes para a primeira configuração (*Riser1*), que não impactará em custos adicionais para o experimento.

O parâmetros experimentais de interesse são:

- Nível de significância:  $\alpha = 0.05$ ;
- Tamanho de efeito de interesse prático:  $d_t^* = 0.25$ ;
- Potência desejada:  $(1 - \beta) = \pi \geq 0.85$ .

## 2. Planejamento Experimental

Esta etapa do presente estudo de caso consiste em investigar o comportamento dos níveis de fator a partir de uma análise exploratória, e posteriormente, aplicar um teste de comparações múltiplas para as médias. A variância do processo é desconhecida, no entanto será considerada como sendo uniforme para todas as configurações.

Os dados experimentais utilizados foram obtidos através de simulação, por meio de um [aplicativo web] <<http://orcslab.cpdee.ufmg.br:3838/riserdata/>>. A data de nascimento do segundo membro mais jovem da equipe (15/10/1992) foi o parâmetro utilizado como semente para o gerador de números da simulação. Os dados gerados informam uma tabela com os níveis de cada fator de interesse em uma coluna e os tempos (tomados em escala logarítmica) em coluna respectiva.

## 2.1 Análise de Variância

Discutir ANOVA

## 2.2 Comparações Múltiplas

Discutir análise one-vs-all necessária depois do anova, se diferença for verificada.

Comentar alpha ajustado

Sempre que possível, deve-se trabalhar com o menor número possível de comparações e, no presente caso, em virtude do alto custo. Como a intenção é comparar — caso a diferença entre as configurações seja detectada — em um primeiro momento, os valores médios do grupo 1 em relação aos outros, mantendo-se certo controle sobre os erros do tipo-I em cada teste, é preciso corrigir os valores de  $\alpha$  para cada teste. A escolha para este caso é o método de correção de Bonferroni:

$$\alpha_{adj} = \frac{\alpha_{família}}{K},$$

no qual  $K = 3$  representa o número de comparações ( $K = a - 1$ , em que  $a$  é o número de níveis) e  $\alpha_{família} = 0.05$ .

## 2.3 Definição do Tamanho Amostral

Para calcular o tamanho amostral neste caso, utilizaremos, portanto, as mesmas relações utilizadas na comparação de duas amostras independentes emparelhadas “todos contra um”, alterando-se apenas os valores de  $\alpha$  para os valores corrigidos  $\alpha_{adj}$  para as múltiplas hipóteses e  $a - 1$  comparações:

$$n_i = \left(1 + \frac{1}{K}\right) \left(\frac{\hat{\sigma}}{\delta^*}\right)^2 (t_{\alpha_{adj}} + t_{\beta})^2,$$

com  $n_0 = n_i \sqrt{K}$ ,

em que  $t_{\alpha_{adj}}$  e  $t_{\beta}$  são dependentes de  $n$ . Para solucionar esse problema, eles foram substituídos por  $z_{\alpha_{adj}}$  e  $z_{\beta}$  e a equação foi testada iterativamente até convergência (implementação em anexo no arquivo *calcN.R*). Dessa forma, foi encontrado o valor  $n_1 = 60$ .

```
## Parsed with column specification:
## cols(
##   Riser = col_character(),
##   LogTTF = col_double()
## )
```

Já temos então, neste ponto, subsídios para o cálculo do tamanho amostral do ANOVA: (Discutir essa ideia ainda...)

$$\tau = \left(-\frac{(a-1)\delta^*}{a}, \frac{\delta^*}{a}, \frac{\delta^*}{a}, \frac{\delta^*}{a}\right)$$

Número necessário pra anova:  $60*3 + 50$

Número necessário pra análises subsequentes:  $58*3 + (101 - 10)$

Mais barato fazer ANOVA antes e pegar mais amostras do grupo 1 apenas se necessário. N das comparações múltiplas não é tão grande por ser unilateral.

CUSTO TOTAL!

## 2.4 Tratamento e Validação dos Dados

Considerando o experimento realizado, foi criada uma rotina para validação dos dados obtidos e identificação de erros. bla bla

1.  $\text{LogTTF} > 0$

Caso os valores de uma execução não atendam essas condições, ela seria descartada. No entanto, nenhuma das amostras apresenta problema.

## 3. Análise Estatística

### 3.1 Análise de Variância

```
## Parsed with column specification:
## cols(
##   Riser = col_character(),
##   LogTTF = col_double()
## )
```

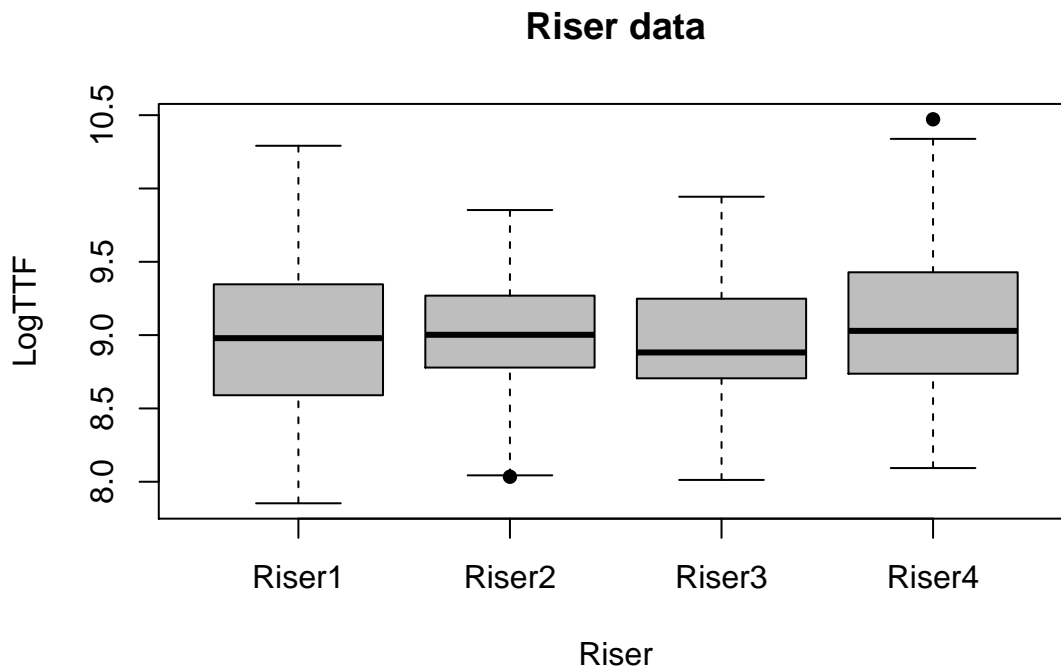
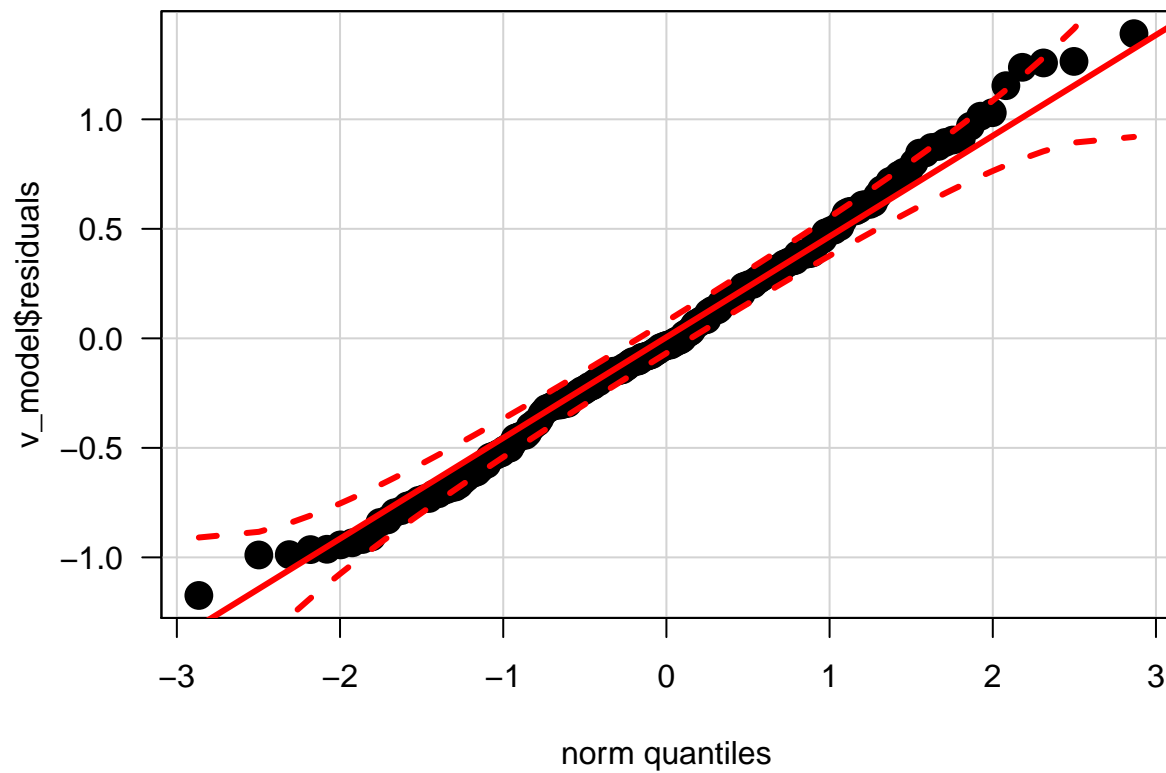


Gráfico não indica visualmente diferença significativa. P valor grande -> não rejeita hipótese de que não há diferença

Não é necessário fazer comparação múltipla.

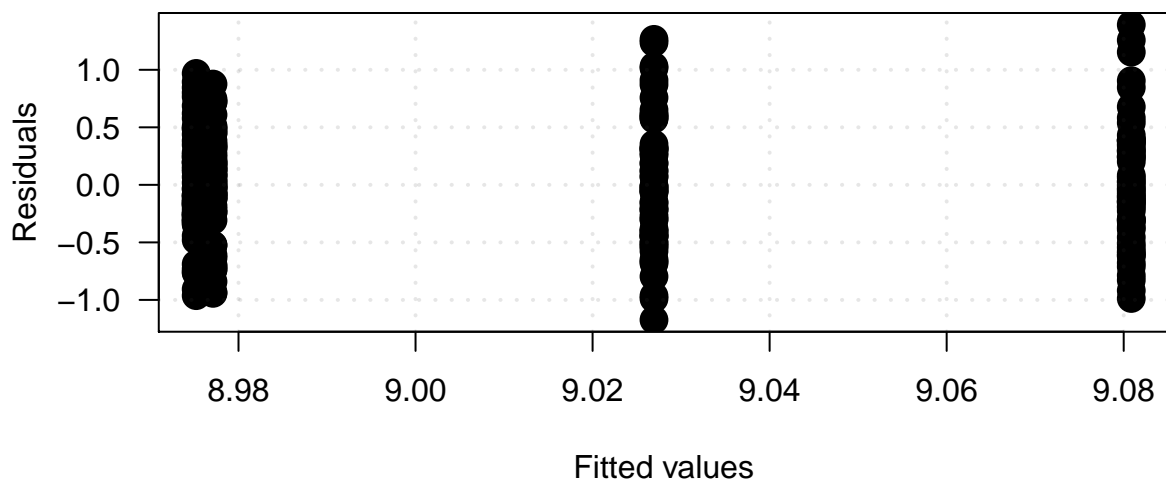
### 3.2 Validação das Premissas

#### Normalidade



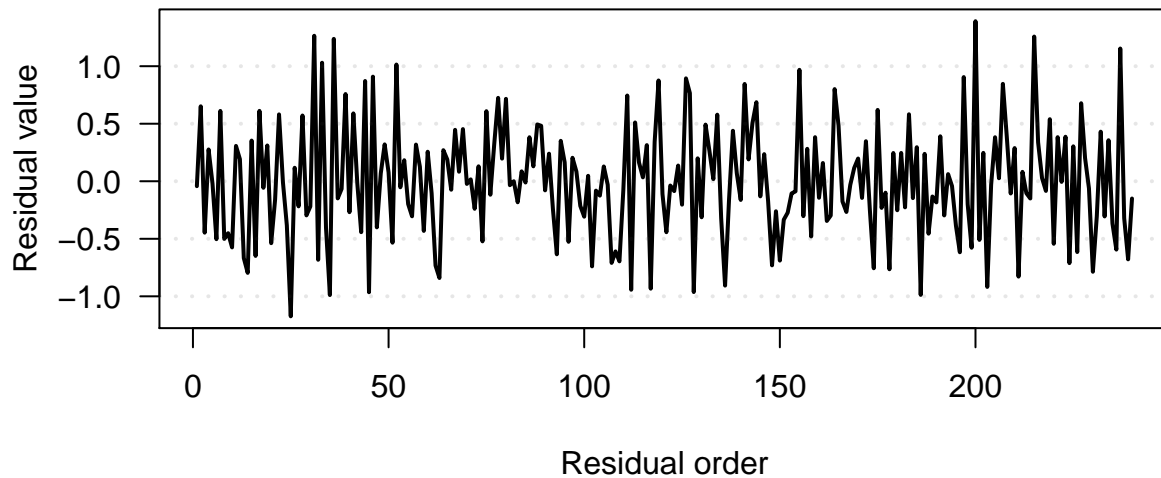
p valor rejeita normalidade No entanto, qq plot mostra que as violações de normalidade são muito pequenas. Anova é robusto a pequenas variações, então tudo ok. =)

#### Homocedasticidade



Comentar plot e p valor. Variância praticamente a mesma

### Independência



O plot dos valores ordenados de diferenças de tempo entre os algoritmos não apresenta nenhum indício de dependência temporal dos valores. O teste de autocorrelação serial Durbin-Watson apresenta  $p = 0$ , o que reforça a hipótese de que não há autocorrelação serial entre as amostras.

## 4. Discussão e Conclusões

Os testes realizados levam às seguintes conclusões:

Variância entre grupos é explicada pela variância intra grupo. Não há indício de diferença significativa entre eles.

Recomenda-se manter riser 1. Custo do experimento é significativo, mas previniu um custo potencialmente maior de trocar o Riser.

## Referências