CAPÍTULO 6B — RESULTADOS E ANÁLISE

Utilize este capítulo quando o TCC for um trabalho de Análise de Desempenho de Sistemas.

Este capítulo apresenta os resultados obtidos nos experimentos e realiza sua análise.

O objetivo não é simplesmente apresentar tabelas, gráficos e valores. O aluno deve utilizar as evidências produzidas pelos experimentos para responder às questões experimentais e, consequentemente, contribuir para o alcance dos Objetivos Específicos do trabalho.

Existe uma sequência lógica que deve ser preservada:

Objetivo Específico

↓

Questão Experimental

↓

Experimento

↓

Dados

↓

Resultados

↓

Análise

↓

Resposta à Questão Experimental

↓

Conclusão relacionada ao objetivo

O Capítulo 5B — Plano de Experimentação explica **como as evidências foram produzidas**.

Este capítulo explica **o que essas evidências mostram**.

- PÁGINA 6B.1 — Antes de analisar os resultados
- PÁGINA 6B.2 — Como organizar o capítulo
- PÁGINA 6B.3 — Estrutura para analisar cada Questão Experimental
- PÁGINA 6B.4 — Apresentando os resultados
- PÁGINA 6B.5 — Descrever não é analisar
- PÁGINA 6B.6 — Comparando resultados
- PÁGINA 6B.7 — Variabilidade e incerteza
- PÁGINA 6B.8 — Análise estatística
- PÁGINA 6B.9 — Resultados inesperados
- PÁGINA 6B.10 — Relacionando diferentes métricas
- PÁGINA 6B.11 — Respondendo às Questões Experimentais
- PÁGINA 6B.12 — Relacionando os resultados aos Objetivos Específicos
- PÁGINA 6B.13 — Discussão Geral
- PÁGINA 6B.14 — Comparação com os Trabalhos Relacionados
- PÁGINA 6B.15 — Ameaças à Validade
- PÁGINA 6B.16 — Limitações do estudo
- PÁGINA 6B.17 — O que NÃO fazer neste capítulo
- 6B.18 — Checklist de Resultados e Análise

PÁGINA 6B.1 — Antes de analisar os resultados

Antes de iniciar a escrita deste capítulo, verifique se os experimentos previstos no Plano de Experimentação foram executados adequadamente.

Confirme:

- cenários executados;
- fatores e níveis utilizados;
- número de repetições;
- métricas coletadas;
- integridade dos dados;
- existência de execuções inválidas;
- alterações realizadas durante os experimentos;
- disponibilidade dos dados brutos.

Caso algum experimento planejado não tenha sido executado, isso deve ser explicitado e justificado.

Dados brutos não são resultados

Os valores coletados diretamente durante os experimentos constituem **dados brutos**.

Por exemplo:

```
Execução 1: 103 ms
Execução 2: 97 ms
Execução 3: 105 ms
Execução 4: 101 ms
Execução 5: 99 ms
```

Esses dados ainda precisam ser organizados, tratados e analisados.

Depois do tratamento, podem resultar em informações como:

> O cenário apresentou tempo médio de resposta de 101 ms.

Mesmo isso ainda não constitui uma análise completa.

A análise precisa explicar **o que esse valor representa no contexto da questão experimental**.

PÁGINA 6B.2 — Como organizar o capítulo

Sempre que possível, organize os resultados utilizando as **Questões Experimentais** definidas no Capítulo 5B.

Por exemplo, considere:

> **QE1 — Como a quantidade de réplicas influencia o tempo de resposta do sistema?**

> **QE2 — Como o aumento da carga afeta a utilização de CPU?**

> **QE3 — Como os sistemas A e B se comportam em relação à vazão?**

Uma possível organização seria:

6.1 — Impacto da quantidade de réplicas no tempo de resposta

6.2 — Impacto da carga na utilização de CPU

6.3 — Comparação da vazão dos sistemas

6.4 — Discussão Geral

6.5 — Ameaças à Validade

Os títulos não precisam utilizar literalmente "QE1", "QE2" e "QE3".

Prefira títulos que informem ao leitor **o que está sendo analisado**.

Evite organizar o capítulo por gráfico

Não utilize uma estrutura como:

> 6.1 — Gráfico de CPU

> 6.2 — Gráfico de memória

> 6.3 — Gráfico de latência

> 6.4 — Gráfico de vazão

Essa organização concentra-se nos artefatos utilizados para apresentar os dados, e não nas perguntas científicas do trabalho.

Prefira:

> 6.1 — Impacto da carga sobre o consumo de recursos

e, dentro dessa seção, apresente CPU, memória ou outras métricas necessárias para responder à questão correspondente.

PÁGINA 6B.3 — Estrutura para analisar cada Questão Experimental

Para cada Questão Experimental, utilize a seguinte sequência:

1. Retome a questão

Explique brevemente o que está sendo investigado.

2. Apresente os resultados

Mostre os dados relevantes utilizando gráficos, tabelas ou outras representações apropriadas.

3. Descreva o que foi observado

Apresente os principais comportamentos identificados.

4. Compare os cenários

Analise diferenças entre fatores, níveis, sistemas ou configurações.

5. Interprete

Explique o significado dos resultados.

6. Responda à questão

Finalize explicitando o que as evidências permitem responder.

Essa estrutura pode ser repetida para cada questão experimental.

PÁGINA 6B.4 — Apresentando os resultados

Escolha a representação de acordo com aquilo que pretende comunicar.

Utilize tabelas quando:

- valores exatos forem importantes;
- existirem poucos valores;
- o leitor precisar consultar números específicos;
- a comparação tabular for mais clara.

Utilize gráficos quando:

- houver tendências;
- existirem muitas observações;
- for necessário comparar comportamentos;
- houver relação entre variáveis;
- distribuições forem relevantes.

Utilize texto quando:

- poucos valores forem suficientes;
- a informação não justificar uma tabela ou gráfico;
- for necessário destacar um resultado específico.

Não apresente a mesma informação desnecessariamente

Evite apresentar uma tabela contendo todos os valores e imediatamente depois um gráfico com exatamente a mesma informação, a menos que exista uma justificativa.

Escolha a representação mais adequada.

Toda figura e tabela precisa ser descrita

Não insira:

Figura

↓

próximo assunto

O texto precisa preparar e interpretar o elemento.

Uma sequência adequada é:

Introdução da informação

↓

Referência à figura/tabela

↓

Figura/tabela

↓

Descrição e análise

Consulte as regras correspondentes no **Livro 3 — Escrita Científica**.

PÁGINA 6B.5 — Descrever não é analisar

Um erro comum é simplesmente transformar o gráfico em texto.

Por exemplo:

> A Figura 10 apresenta o tempo de resposta. Com 100 usuários, o tempo foi de 50 ms. Com 500 usuários, foi de 90 ms. Com 1.000 usuários, foi de 180 ms.

Esse texto descreve os valores, mas praticamente não os analisa.

Uma análise deve avançar.

Por exemplo:

> Observa-se crescimento do tempo de resposta à medida que a quantidade de usuários aumenta. Entre 100 e 500 usuários, o tempo de resposta aumentou de 50 ms para 90 ms. Entretanto, o crescimento torna-se mais acentuado entre 500 e 1.000 usuários, quando o valor alcança 180 ms. Esse comportamento indica que, no cenário avaliado, o aumento da carga produz degradação não linear do tempo de resposta.

A análise pode então investigar possíveis explicações utilizando outras métricas.

Por exemplo:

> No mesmo intervalo, a utilização de CPU aproxima-se de seu limite, indicando uma possível relação entre a saturação desse recurso e a degradação observada.

PÁGINA 6B.6 — Comparando resultados

Quando houver múltiplos sistemas, configurações ou níveis, não analise cada um isoladamente.

Compare-os.

Por exemplo:

> O Sistema A apresentou menor tempo de resposta que o Sistema B nos níveis de 100 e 500 clientes. Entretanto, em 1.000 clientes, essa diferença diminuiu.

A análise deve investigar:

- magnitude da diferença;
- comportamento ao longo dos níveis;
- estabilidade;
- variabilidade;
- possíveis causas;
- relação com outras métricas.

Cuidado com afirmações absolutas

Evite:

> O Sistema A é melhor que o Sistema B.

O experimento provavelmente não avaliou todos os aspectos possíveis dos dois sistemas.

Prefira algo delimitado:

>

> Nos cenários avaliados, o Sistema A apresentou menor tempo médio de resposta que o Sistema B para os níveis de carga X e Y.

As conclusões devem respeitar os limites das evidências produzidas.

PÁGINA 6B.7 — Variabilidade e incerteza

Não considere apenas valores médios quando a variabilidade dos dados for relevante.

Duas configurações podem possuir médias semelhantes e comportamentos muito diferentes.

Por exemplo:

Sistema A

Média: 100 ms

Baixa variação entre as execuções.

Sistema B

Média: 102 ms

Grande variação entre as execuções.

Concluir apenas que os dois possuem desempenho semelhante pode esconder uma diferença importante de estabilidade.

Utilize medidas adequadas

Dependendo dos dados e do desenho experimental, considere:

- média;
- mediana;
- desvio padrão;
- percentis;
- intervalo de confiança;
- coeficiente de variação;
- outras medidas adequadas.

A escolha deve ser coerente com o tipo de dado e com a pergunta que está sendo respondida.

Não utilize técnicas estatísticas apenas para tornar o trabalho aparentemente mais sofisticado.

PÁGINA 6B.8 — Análise estatística

Quando forem utilizados métodos estatísticos, explique:

1. qual método foi utilizado;
2. por que ele é adequado;
3. quais hipóteses ou condições são necessárias;
4. quais resultados foram obtidos;
5. como esses resultados devem ser interpretados.

Evite simplesmente informar:

> “ O resultado foi estatisticamente significativo.

Explique **qual comparação foi realizada e o que a evidência estatística permite concluir**.

Significância estatística não é necessariamente relevância prática

Uma diferença pode ser estatisticamente identificável e ainda possuir pouca importância prática.

Por exemplo:

> “ A configuração B reduziu o tempo médio em 0,5 ms.

Dependendo do contexto, essa diferença pode não possuir relevância operacional.

Portanto, quando aplicável, discuta:

significância estatística

e

relevância prática.

PÁGINA 6B.9 — Resultados inesperados

Os resultados não precisam confirmar aquilo que o aluno esperava.

Por exemplo, você pode esperar:

> Mais réplicas produzirão menor tempo de resposta.

Mas os experimentos podem mostrar:

> A partir de determinado número de réplicas, o desempenho não melhora.

Isso não significa que o experimento falhou.

O resultado pode revelar uma característica importante do sistema.

Quando surgir um resultado inesperado

Pergunte:

1. Os dados estão corretos?
2. O experimento foi executado conforme planejado?
3. Existe algum erro de coleta?
4. O resultado se repete?
5. Alguma métrica adicional ajuda a explicá-lo?
6. Existe uma explicação arquitetural ou operacional?
7. A literatura relata comportamento semelhante?

Se não for possível explicar completamente o comportamento, deixe isso claro.

Não invente explicações sem evidências.

PÁGINA 6B.10 — Relacionando diferentes métricas

Uma métrica pode ajudar a explicar outra.

Por exemplo:

Carga aumenta

↓

CPU aumenta

↓

CPU aproxima-se da saturação

↓

Tempo de resposta cresce

↓

Vazão deixa de aumentar

Nesse caso, analisar CPU, tempo de resposta e vazão conjuntamente pode fornecer uma explicação mais completa.

Evite analisar cada gráfico como se fosse um experimento independente quando as métricas representam diferentes perspectivas do mesmo comportamento.

PÁGINA 6B.11 — Respondendo às Questões Experimentais

Cada seção correspondente a uma Questão Experimental deve terminar com uma resposta.

Por exemplo:

> **QE1 — Como a quantidade de réplicas influencia o tempo de resposta?**

Depois da apresentação e análise dos resultados:

> Os resultados indicam que o aumento de uma para quatro réplicas reduziu o tempo de resposta nos cenários avaliados. Entretanto, o aumento de quatro para oito réplicas não produziu redução relevante, indicando que os benefícios da replicação diminuíram a partir dessa configuração no ambiente considerado.

Isso fecha a relação:

Pergunta → Experimento → Evidência → Resposta.

Não deixe a resposta implícita

Depois de várias páginas de gráficos, o leitor não deve precisar deduzir qual foi a resposta à questão experimental.

Declare-a explicitamente.

PÁGINA 6B.12 — Relacionando os resultados aos Objetivos Específicos

Responder às Questões Experimentais não é o objetivo final.

As questões existem para ajudar a alcançar os Objetivos Específicos.

Verifique a rastreabilidade:

Objetivo Específico	Questão Experimental	Evidência	Situação
OE1	QE1	Experimentos E1–E4	Alcançado
OE2	QE2 e QE3	Experimentos E5–E12	Alcançado
OE3	QE4	Experimentos E13–E16	Parcialmente alcançado

Essa tabela pode ser utilizada apenas como ferramenta de verificação, não sendo obrigatória no documento.

Objetivo parcialmente alcançado

Se as evidências não forem suficientes para afirmar que um objetivo foi completamente alcançado, declare isso.

Não tente adaptar artificialmente os resultados aos objetivos definidos anteriormente.

Essa situação deve ser discutida novamente nas Conclusões.

PÁGINA 6B.13 — Discussão Geral

Depois das análises individuais, apresente uma visão integrada dos resultados.

A Discussão Geral deve responder:

> **O que aprendemos ao considerar conjuntamente todos os experimentos?**

Aqui é possível relacionar:

- diferentes Questões Experimentais;
- diferentes métricas;
- diferentes cenários;
- comportamentos recorrentes;
- *trade-offs*;
- limitações;
- resultados aparentemente contraditórios.

Exemplo de trade-off

Um sistema pode apresentar:

menor latência

mas

maior consumo de recursos.

Nesse caso, não existe necessariamente um vencedor absoluto.

A conclusão pode depender do contexto de utilização.

Evite repetir todas as seções anteriores

A Discussão Geral deve **integrar** os resultados, e não simplesmente resumi-los.

Pergunte:

> Que conclusão só se torna evidente quando observo os resultados em conjunto?

PÁGINA 6B.14 — Comparação com os Trabalhos Relacionados

Quando for possível realizar uma comparação válida, discuta como os resultados encontrados se relacionam com a literatura apresentada no Capítulo 3.

Pergunte:

- meus resultados confirmam comportamentos encontrados anteriormente?
- existem diferenças?
- as diferenças podem ser explicadas pelo cenário?
- meu trabalho avaliou condições não consideradas anteriormente?
- os resultados acrescentam novas evidências?

Cuidado com comparações inadequadas

Não compare diretamente números obtidos em ambientes completamente diferentes sem discutir as diferenças experimentais.

Por exemplo:

> Nosso sistema alcançou 20.000 requisições/s, enquanto Silva et al. alcançaram 15.000 requisições/s. Portanto, nosso sistema é superior.

Essa conclusão pode ser inválida se hardware, carga, configuração, versão ou metodologia forem diferentes.

Compare resultados quantitativamente apenas quando houver condições adequadas para isso.

Caso contrário, realize uma comparação qualitativa dos comportamentos observados.

PÁGINA 6B.15 — Ameaças à Validade

Todo experimento possui limitações.

A seção de Ameaças à Validade deve discutir fatores que podem afetar a interpretação ou generalização dos resultados.

O objetivo não é diminuir o valor do trabalho.

O objetivo é deixar claro **até onde as conclusões são sustentadas pelas evidências**.

Validade interna

Pergunte:

> Existem fatores além daqueles estudados que podem ter causado os resultados?

Exemplos:

- processos externos;
- variação de rede;
- cache;
- aquecimento do sistema;
- interferência entre execuções;
- configuração inadequadamente controlada.

Validade externa

Pergunte:

> Até que ponto os resultados podem ser generalizados?

Exemplos:

- apenas uma configuração de hardware;
- apenas uma versão do sistema;
- apenas um tipo de carga;
- ambiente de laboratório;
- dataset específico.

Validade de construção

Pergunte:

> “ As métricas utilizadas realmente representam aquilo que pretendo avaliar?

Por exemplo, avaliar "desempenho" utilizando apenas CPU pode ser insuficiente.

Validade das conclusões

Pergunte:

> “ A quantidade e a análise dos dados são suficientes para sustentar as conclusões?

Considere:

- quantidade de repetições;
- variabilidade;
- tamanho da amostra;
- tratamento estatístico;
- qualidade dos dados.

PÁGINA 6B.16 — Limitações do estudo

Além das ameaças à validade, registre limitações conhecidas do trabalho.

Por exemplo:

- sistemas que não puderam ser avaliados;
- cenários não executados;
- métricas não coletadas;
- limitações de infraestrutura;
- tempo disponível;
- versões específicas;
- restrições de acesso a dados.

Não esconda limitações.

Delimitar corretamente as conclusões aumenta a qualidade científica do trabalho.

PÁGINA 6B.17 — O que NÃO fazer neste capítulo

Evite:

- apresentar dezenas de gráficos sem uma pergunta associada;
- descrever gráficos sem interpretá-los;
- repetir o Plano de Experimentação;
- apresentar novamente todas as configurações do ambiente;
- afirmar causalidade sem evidência;
- afirmar que um sistema é "melhor" sem delimitar os critérios;
- utilizar apenas médias quando a variabilidade for relevante;
- esconder resultados que contradizem a expectativa;
- excluir dados sem justificar;
- utilizar testes estatísticos sem compreender sua finalidade;
- apresentar resultados sem relacioná-los aos objetivos;
- deixar as respostas às Questões Experimentais implícitas;
- generalizar resultados além dos cenários avaliados.

6B.18 — Checklist de Resultados e Análise

Integridade dos experimentos

- ☐ Os experimentos previstos foram executados ou as exceções foram justificadas.
- ☐ Os dados foram verificados antes da análise.
- ☐ Execuções inválidas foram identificadas e justificadas.
- ☐ Os dados brutos foram preservados.
- ☐ Alterações realizadas durante os experimentos foram documentadas.

Organização

- ☐ Os resultados estão organizados pelas Questões Experimentais ou por uma estrutura equivalente.
- ☐ Os títulos das seções informam o que está sendo analisado.
- ☐ Evitei organizar o capítulo simplesmente por gráficos.
- ☐ Não repeti desnecessariamente o Plano de Experimentação.

Apresentação dos resultados

- ☐ Tabelas são utilizadas quando valores exatos são importantes.
- ☐ Gráficos são utilizados quando ajudam a visualizar comportamentos.
- ☐ Não apresentei a mesma informação de forma redundante sem necessidade.
- ☐ Todas as figuras e tabelas são mencionadas e descritas no texto.
- ☐ Eixos, unidades, legendas e rótulos estão claros.
- ☐ As unidades utilizadas estão consistentes.

Análise

- ☐ Não apenas descrevi os gráficos: interpretei os resultados.
- ☐ Comparei cenários quando necessário.
- ☐ Analisei tendências.

- ☐ Considerei variabilidade quando relevante.
- ☐ Relacionei diferentes métricas quando isso ajudou a explicar os resultados.
- ☐ Resultados inesperados foram investigados.
- ☐ Evitei explicações sem evidências.
- ☐ Diferenciei relevância estatística de relevância prática quando aplicável.

Questões Experimentais

- ☐ Cada Questão Experimental possui evidências capazes de respondê-la.
- ☐ Cada Questão Experimental foi explicitamente respondida.
- ☐ As respostas são sustentadas pelos resultados.
- ☐ As conclusões respeitam os cenários efetivamente avaliados.

Objetivos

- ☐ Relacionei as Questões Experimentais aos Objetivos Específicos.
- ☐ Existem evidências para avaliar o alcance dos objetivos.
- ☐ Objetivos parcialmente alcançados foram identificados como tal.
- ☐ Não adaptei artificialmente os resultados aos objetivos.

Discussão

- ☐ Existe uma análise integrada dos principais resultados.
- ☐ Trade-offs foram discutidos quando existentes.
- ☐ Os resultados foram relacionados à literatura quando a comparação é válida.
- ☐ Evitei comparações quantitativas inadequadas entre ambientes diferentes.

Validade e limitações

- ☐ Ameaças à validade foram identificadas.
- ☐ Validade interna foi considerada.
- ☐ Validade externa foi considerada.
- ☐ Validade de construção foi considerada.
- ☐ Validade das conclusões foi considerada.
- ☐ Limitações do estudo foram explicitadas.
- ☐ Evitei generalizações além das evidências disponíveis.

Regra de ouro do Capítulo 6B

O objetivo deste capítulo não é mostrar quantos experimentos foram realizados ou quantos gráficos foram produzidos.

O objetivo é construir uma cadeia de evidências:

> **O que eu queria descobrir?**

↓

> **Que evidências obtive?**

↓

> **O que observei nessas evidências?**

↓

> **Como interpreto esse comportamento?**

↓

> **O que posso responder?**

↓

> **Como essa resposta contribui para alcançar meus objetivos?**

Um bom capítulo de Resultados e Análise não termina em:

>

> "O gráfico apresentou esses valores."

Ele termina em:

> **"Diante dessas evidências, podemos responder à questão experimental e delimitar o que os resultados permitem concluir."**