

# **Projetando Aplicações com Uso Intensivo de Dados**

**Os pilares para construir sistemas  
confiáveis, escaláveis e fáceis de manter**

Segunda edição

**Martin Kleppmann  
Chris Riccomini**

O'REILLY®  
Novatec

Authorized Portuguese translation of the English edition of *Designing Data-Intensive Applications*, 2E ISBN 9781098119065 © 2026 Martin Kleppmann and Chris Riccomini. This translation is published and sold by permission of O'Reilly Media, Inc., the owner of all rights to publish and sell the same.

Tradução em português autorizada da edição em inglês da obra *Designing Data-Intensive Applications*, 2E ISBN 9781098119065 © 2026 Martin Kleppmann e Chris Riccomini. Esta tradução é publicada e vendida com a permissão da O'Reilly Media, Inc., detentora de todos os direitos para publicação e venda desta obra.

© Novatec Editora Ltda. [2026].

Todos os direitos reservados e protegidos pela Lei 9.610 de 19/02/1998. É proibida a reprodução desta obra, mesmo parcial, por qualquer processo, sem prévia autorização, por escrito, do autor e da Editora.

Editor: Rubens Prates

Tradução: Márcio Martins

ISBN do impresso: 978-65-83913-06-7

ISBN do ebook: 978-65-83913-07-4

Novatec Editora Ltda.

Rua Luís Antônio dos Santos 110

02460-000 – São Paulo, SP – Brasil

Tel.: +55 11 2959-6529

Email: [novatec@novatec.com.br](mailto:novatec@novatec.com.br)

Site: <https://novatec.com.br>

X: <https://x.com/novateceditora>

Facebook: <https://facebook.com/novatec>

LinkedIn: <https://linkedin.com/company/novatec-editora/>

GRA20260610

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**  
**(Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)**

Kleppmann, Martin

Projetando aplicações com uso intensivo de dados : os pilares para construir sistemas confiáveis, escaláveis e fáceis de manter / Martin Kleppmann, Chris Riccomini ; [tradução Márcio Martins]. -- 2. ed. -- São Paulo : Novatec Editora, 2026.

Título original: *Designing data-intensive applications 2nd Edition*  
ISBN 978-65-83913-06-7

1. Banco de dados - Gerenciamento - Programas de computador 2. Sites da Web - Desenvolvimento 3. Software de aplicação - Desenvolvimento  
I. Riccomini, Chris. II. Título.

26-367697.0

CDD-005.74

**Índices para catálogo sistemático:**

1. Banco de dados : Desenvolvimento : Ciência da computação 005.74

Maria Alice Ferreira - Bibliotecária - CRB-8/7964

# Sumário

Prefácio .....	13
<b>CAPÍTULO 1: Trade-offs na arquitetura de sistemas de dados .....</b>	<b>19</b>
Sistemas operacionais <i>versus</i> analíticos .....	22
Caracterizando o processamento de transações e análise de dados .....	23
Data warehouse .....	25
Sistemas de registro e de dados derivados .....	28
Nuvem <i>versus</i> auto-hospedagem .....	30
Vantagens e desvantagens de serviços em nuvem .....	31
Arquitetura de sistemas cloud-native .....	32
Operações na era da nuvem .....	35
Sistemas distribuídos <i>versus</i> sistemas de nó único .....	37
Problemas com sistemas distribuídos .....	38
Microserviços e arquitetura serverless .....	39
Computação em nuvem <i>versus</i> supercomputação .....	41
Sistemas de dados, legislação e sociedade .....	42
Resumo .....	44
<b>CAPÍTULO 2: Definindo requisitos não funcionais .....</b>	<b>46</b>
Estudo de caso: timelines em redes sociais .....	47
Representando usuários, publicações e relações de follow .....	47
Materializando e atualizando timelines .....	48
Descrendendo o desempenho .....	50
Latência e tempo de resposta .....	51
Média, mediana e percentis .....	53
Uso de métricas de tempo de resposta .....	55
Confiabilidade e tolerância a falhas .....	56
Tolerância a falhas .....	57
Falhas de hardware e software .....	58

Seres humanos e confiabilidade.....	61
Escalabilidade.....	62
Compreendendo a carga.....	63
Arquiteturas de memória compartilhada, disco compartilhado e sem compartilhamento.....	64
Princípios para escalabilidade.....	65
Facilidade de manutenção.....	66
Operabilidade: facilitando operações.....	67
Simplicidade: gerenciando a complexidade.....	68
Evolutividade: facilitando mudanças.....	69
Resumo.....	70

### **CAPÍTULO 3: Modelos de dados e linguagens de consulta.....71**

Modelo de documentos <i>versus</i> modelo relacional.....	73
Incompatibilidade objeto-relacional.....	74
Normalização, desnormalização e joins.....	78
Relacionamentos muitos-para-um e muitos-para-muitos.....	81
Esquemas estrela e floco de neve: esquemas para análise de dados.....	83
Quando utilizar cada modelo.....	86
Modelos de dados de grafos.....	90
Grafos de propriedades.....	92
Linguagem de consulta Cypher.....	94
Consultas em grafos com SQL.....	96
Triple stores e SPARQL.....	98
Datalog: consultas relacionais recursivas.....	102
GraphQL.....	104
Event sourcing e CQRS.....	107
DataFrames, matrizes e arrays.....	111
Resumo.....	113

### **CAPÍTULO 4: Armazenamento e recuperação..... 115**

Armazenamento e indexação para OLTP.....	116
Armazenamento estruturado em log.....	118
Árvores B.....	125
Comparando árvores B e LSM.....	129
Índices multicolumna e secundários.....	132
Armazenando valores dentro do índice.....	133
Mantendo os dados em memória.....	134
Armazenamento de dados para análise.....	135
Data warehouses em nuvem.....	135
Armazenamento orientado a colunas.....	137
Execução de consultas: compilação e vetorização.....	142
Views materializadas e cubos de dados.....	144
Índices multidimensionais e de texto completo.....	145
Busca por texto completo.....	147

Embeddings vetoriais .....	148
Resumo .....	150
<b>CAPÍTULO 5: Codificação e evolução .....</b>	<b>152</b>
Formatos para codificação de dados.....	154
Formatos específicos de linguagem.....	155
JSON, XML e variantes binárias .....	155
Protocol Buffers .....	160
Avro .....	162
Vantagens de utilizar esquemas .....	167
Modos de fluxo de dados.....	168
Fluxo de dados por meio de bancos de dados.....	169
Fluxo de dados por meio de serviços: REST e RPC .....	170
Execução durável e fluxos de trabalho.....	177
Arquiteturas orientadas a eventos .....	180
Resumo .....	182
<b>CAPÍTULO 6: Replicação .....</b>	<b>184</b>
Replicação com líder único.....	185
Replicação síncrona <i>versus</i> assíncrona.....	187
Configurando novos seguidores .....	188
Lidando com indisponibilidade de nós.....	190
Implementação de logs de replicação.....	193
Problemas com atraso de replicação .....	195
Soluções para atraso de replicação .....	201
Replicação multilíder .....	202
Operação distribuída geograficamente.....	203
Mecanismos de sincronização e software local-first.....	207
Lidando com gravações conflitantes .....	209
Replicação sem líder .....	216
Gravando no banco de dados quando um nó está indisponível.....	216
Desempenho: replicação com líder único <i>versus</i> replicação sem líder.....	222
Operação em múltiplas regiões.....	223
Detectando gravações concorrentes.....	224
Resumo .....	229
<b>CAPÍTULO 7: Sharding .....</b>	<b>232</b>
Vantagens e desvantagens do sharding.....	234
Sharding para multitenancy.....	235
Sharding de dados do tipo chave-valor .....	236
Sharding por intervalo de chave .....	237
Sharding por hash da chave.....	239
Cargas de trabalho desbalanceadas e mitigação de hot spots.....	244
Operações: rebalanceamento automático <i>versus</i> manual .....	245

Roteamento de solicitações .....	246
Sharding e índices secundários.....	249
Índices secundários locais .....	249
Índices secundários globais .....	251
Resumo .....	252
<b>CAPÍTULO 8: Transações.....</b>	<b>254</b>
O que exatamente é uma transação?.....	255
Significado de ACID.....	256
Operações de objeto único e de múltiplos objetos .....	261
Níveis fracos de isolamento.....	266
Read-committed .....	267
Snapshot isolation e repeatable read .....	270
Evitando lost updates .....	276
Write skew e phantoms .....	280
Serializabilidade.....	285
Execução serial real .....	286
Two-phase locking.....	291
Serializable snapshot isolation .....	295
Transações distribuídas .....	300
Two-phase commit .....	302
Transações distribuídas em diferentes sistemas.....	306
Transações distribuídas internas ao banco de dados .....	310
Recapitulando o processamento de mensagens com semântica exatamente uma vez .....	311
Resumo .....	312
<b>CAPÍTULO 9: Problemas com sistemas distribuídos .....</b>	<b>315</b>
Falhas e falhas parciais.....	316
Redes não confiáveis .....	317
Limitações do TCP .....	318
Falhas de rede na prática.....	320
Detecção de falhas .....	321
Timeouts e atrasos ilimitados.....	322
Redes síncronas <i>versus</i> assíncronas .....	325
Relógios não confiáveis.....	328
Relógios de hora do dia <i>versus</i> monotônicos .....	328
Sincronização e precisão de relógios .....	330
Dependendo de relógios sincronizados.....	332
Pausas de processo.....	336
Conhecimento, verdade e mentiras.....	341
A maioria decide .....	342
Locks e leases distribuídos.....	343
Falha bizantina .....	347
Modelo de sistema e realidade .....	350

Métodos formais e testes aleatorizados.....	354
Resumo .....	358
<b>CAPÍTULO 10: Consistência e consenso .....</b>	<b>360</b>
Linearizabilidade .....	361
O que torna um sistema linearizável? .....	363
Confiando na linearizabilidade.....	367
Implementando sistemas linearizáveis.....	370
Custo da linearizabilidade .....	373
Geradores de IDs e relógios lógicos .....	376
Relógios lógicos.....	379
Geradores linearizáveis de IDs.....	382
Consenso .....	385
As várias faces do consenso.....	386
Consenso na prática .....	392
Serviços de coordenação.....	397
Resumo .....	400
<b>CAPÍTULO 11: Processamento em lote .....</b>	<b>403</b>
Processamento em lote com ferramentas Unix.....	406
Análise simples de logs.....	406
Utilizando uma sequência de comandos <i>versus</i> criando um programa personalizado .....	407
Ordenação <i>versus</i> agregação em memória .....	408
Processamento em lote em sistemas distribuídos .....	409
Sistemas de arquivos distribuídos.....	409
Armazenamentos de objetos .....	412
Orquestração distribuída de jobs.....	413
Modelos de processamento em lote .....	418
MapReduce .....	419
Mecanismos de fluxo de dados .....	421
Shuffling de dados .....	422
Joins e agrupamento.....	424
Linguagens de consulta .....	426
DataFrames.....	428
Casos de uso de processamento em lote.....	428
Extract–Transform–Load .....	429
Análise de dados .....	430
Machine learning .....	431
Disponibilizando dados derivados .....	432
Resumo .....	434
<b>CAPÍTULO 12: Processamento de fluxos (streams).....</b>	<b>436</b>
Transmissão de fluxos de eventos .....	437
Sistemas de mensageria.....	438

Brokers de mensagens baseados em log.....	444
Bancos de dados e fluxos.....	450
Mantendo sistemas sincronizados.....	450
Captura de dados de mudança.....	452
Estado, fluxos e imutabilidade.....	458
Processando fluxos.....	462
Usos do processamento de fluxos.....	463
Lidando com o tempo.....	468
Joins de fluxos (streams).....	472
Tolerância a falhas.....	476
Resumo.....	479
<b>CAPÍTULO 13: Uma filosofia dos sistemas de streaming.....</b>	<b>482</b>
Integração de dados.....	483
Combinando ferramentas especializadas por meio de dados derivados.....	483
Processamentos em lote e de fluxos.....	487
Desacoplando bancos de dados.....	490
Compondo tecnologias de armazenamento de dados.....	491
Projetando aplicações em torno de fluxos de dados.....	494
Observando estado derivado.....	499
Buscando correteude.....	505
Argumento ponta a ponta para bancos de dados.....	506
Impondo restrições.....	510
Pontualidade e integridade.....	514
Confie, mas verifique.....	518
Resumo.....	522
<b>CAPÍTULO 14: Fazendo a coisa certa.....</b>	<b>524</b>
Análise preditiva.....	525
Viés e discriminação.....	526
Responsabilidade e prestação de contas.....	526
Loops de feedback.....	527
Privacidade e rastreamento.....	528
Vigilância.....	529
Consentimento e liberdade de escolha.....	530
Privacidade e uso de dados.....	532
Dados como ativos e poder.....	533
Relembrando a Revolução Industrial.....	534
Legislação e autorregulação.....	535
Resumo.....	537
<b>Glossário.....</b>	<b>539</b>
<b>Índice remissivo.....</b>	<b>551</b>