

Escola de Verão LNCC 2022

Jornada em Ciência de Dados

Algoritmos e Modelos de Programação em Big Data

Fabio Porto (fporto@lncc.br)

LNCC – CCC - DEXL Lab

<http://dexl.lncc.br>

1



Preliminares

- Estrutura do curso
 - Introdução
 - Estratégia Big Data
 - Apache Spark/HDFS
 - Delta Lake
 - Exercício
- Workshop Ciência de Dados – 6a Feira 05/02.
- Abordagem
 - Discussão técnica do problema
- Perguntas
 - Utilizar o mecanismo Q&A
 - Serão respondidas nas paradas: Questões?

Jornada Ciência de Dados

DEXL
DATA EXTREME LAB

2

Equipe



Dr. Douglas E. de Oliveira Carlos Cardoso



Jornada Ciéncia de Dados



3

Sumário



- Parte I Big Data ?
- Parte II Como manter !
- Parte III Como usar !
- Laboratório

Jornada Ciéncia de Dados



4

Parte I: Big Data?

5

Agenda Parte I



- Introdução sobre Big Data
- Como Manter

Jornada Ciência de Dados

DEXL
DATA EXTREME LAB

6

3



Big Data

- Uma expressão atual para traduzir o grande dilúvio de dados sendo produzido nas ciências, redes sociais, dispositivos de comunicação, dispositivos interligados etc...
- Internet das coisas – levando o universo do problema para dimensões ainda maiores
- Dados disponíveis em abundância em várias áreas: ciência, Internet, negócios
- Desafio Big Data: retirar informações importantes para tomada de decisão

Jornada Ciência de Dados



7



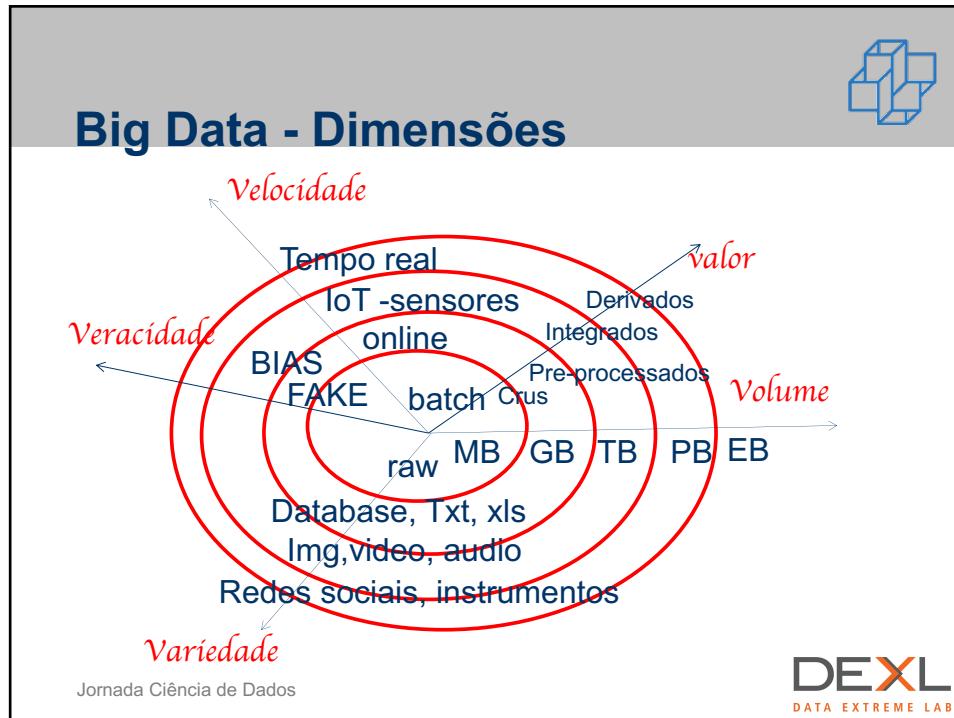
Big Data

- Dados estruturados e não estruturados
 - Imagens, textos, vídeos
 - Sensores físicos e sociais (streaming)
 - Tabulares
- Dados imprecisos, incompletos, inconsistentes
- Desafios na gerência
 - SGBD distribuídos/paralelos inadequados:
 - Caros
 - Não escalam para ordem de milhares
 - Tolerância à falha
 - Formatos de dados específicos (dificuldade de extensão)
 - Surgimento dos Lagos de Dados
- Desafios na análise:
 - Descoberta vs extração de conhecimento
 - Descoberta de correlações
 - Representação de dados correlacionados
 - Interesse individual ou (mais comumente) padrões

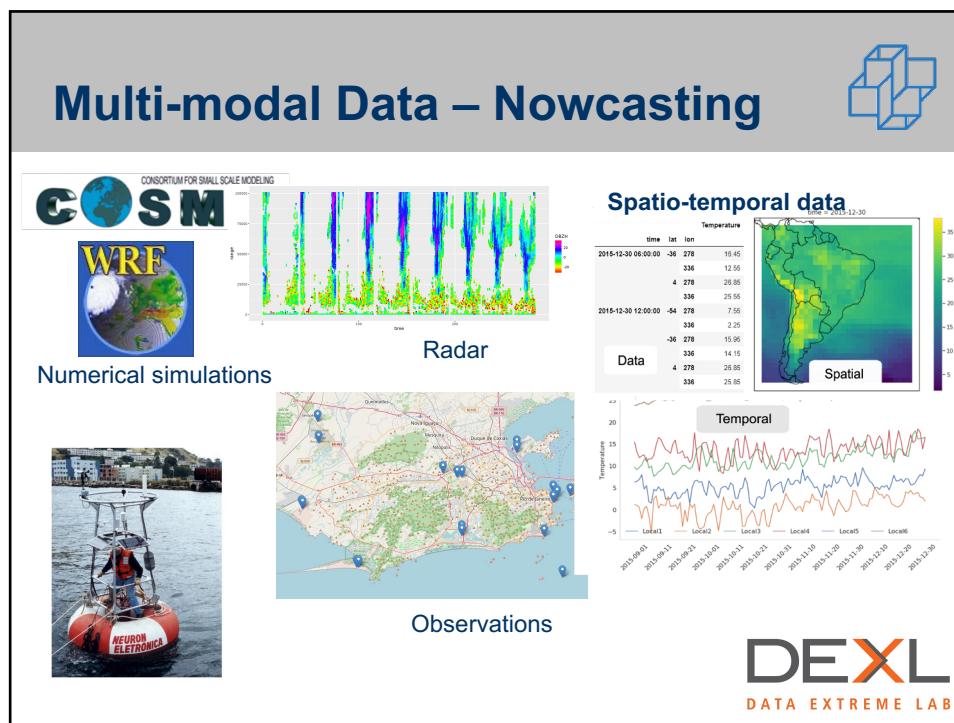
Jornada Ciência de Dados



8



9



10



Tecnologia Big Data: Definição

“Uma geração de tecnologias e arquiteturas, desenhadas para extrair de forma econômica valor de um grande volume de dados com grande variabilidade, permitindo captura em alta velocidade, descoberta e/ou análise”

J. Gantz & D. Reinsel- IDC, Extracting Value from Chaos, IDC IVIEW, June 2011.
[Online]. Available: <http://www.emc.com/collateral/analystreports/idc-extracting-value-from-chaos-ar.pdf>)

Jornada Ciência de Dados

DEXL
DATA EXTREME LAB

11



- “Big Data: um volume massivo de dados estruturados e não estruturados que de tão grande não é adequado para processamento por bancos de dados e técnicas de software atuais”
 - Jason Bloomberg, The Big Data Long Tail, 2013, <http://www.devx.com/blog/the-big-data-long-tail.html>

Jornada Ciência de Dados

DEXL
DATA EXTREME LAB

12

NIST Big Data Public Working Group (NBD-PWG)

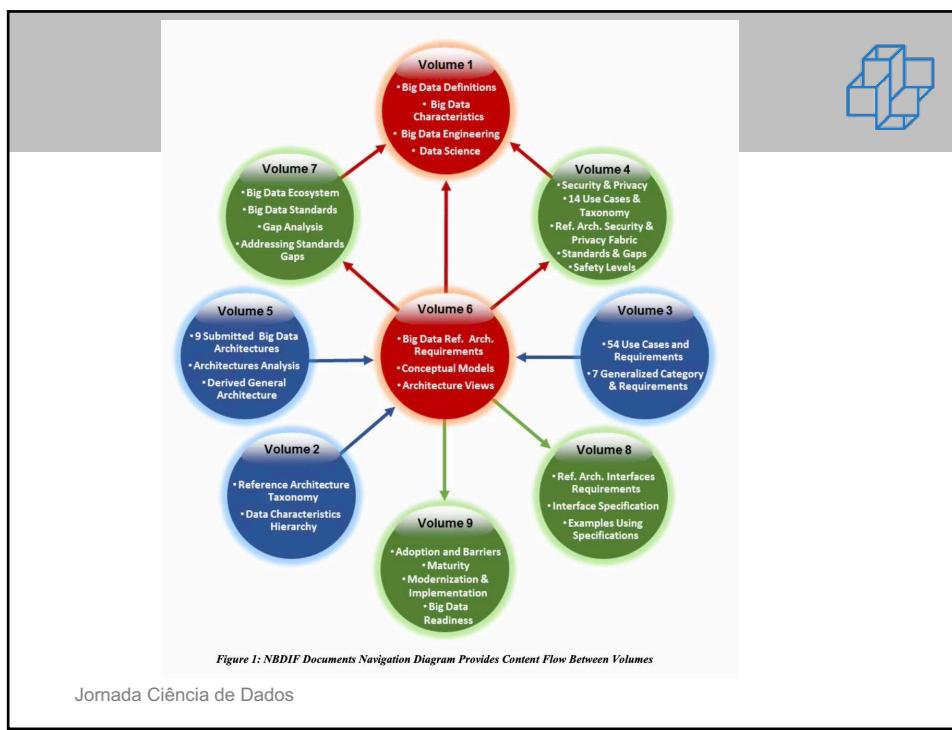


- Estabelecido em consórcio com a indústria, academia e governo para criar um framework para interoperabilidade em Big Data
- <https://bigdatawg.nist.gov/>

Jornada Ciência de Dados



13



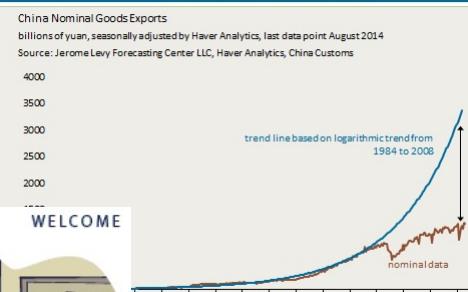
14

Explicando e Interpretando Fatos no Dia-a-Dia e Verificando Tendências



Chinese Exports Well Below Trend Since 2008

China Nominal Goods Exports
billions of yuan, seasonally adjusted by Haver Analytics, last data point August 2014
Source: Jerome Levy Forecasting Center LLC, Haver Analytics, China Customs



WELCOME



Illustration for The Atlantic by Terry Colon

DEXL
DATA EXTREME LAB

15

Big Data na Sociedade

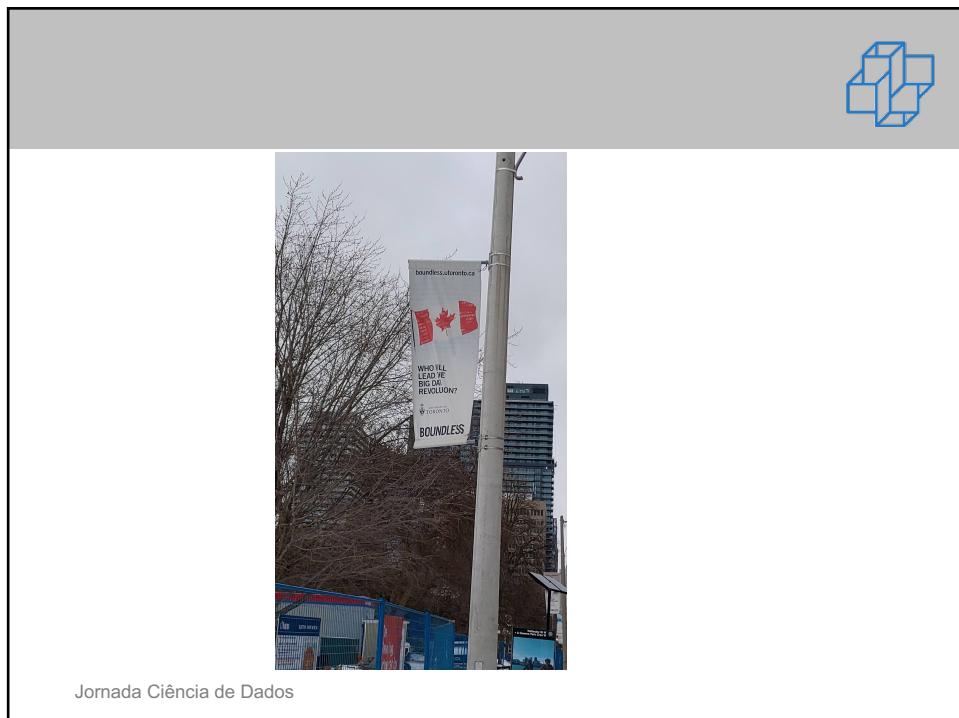




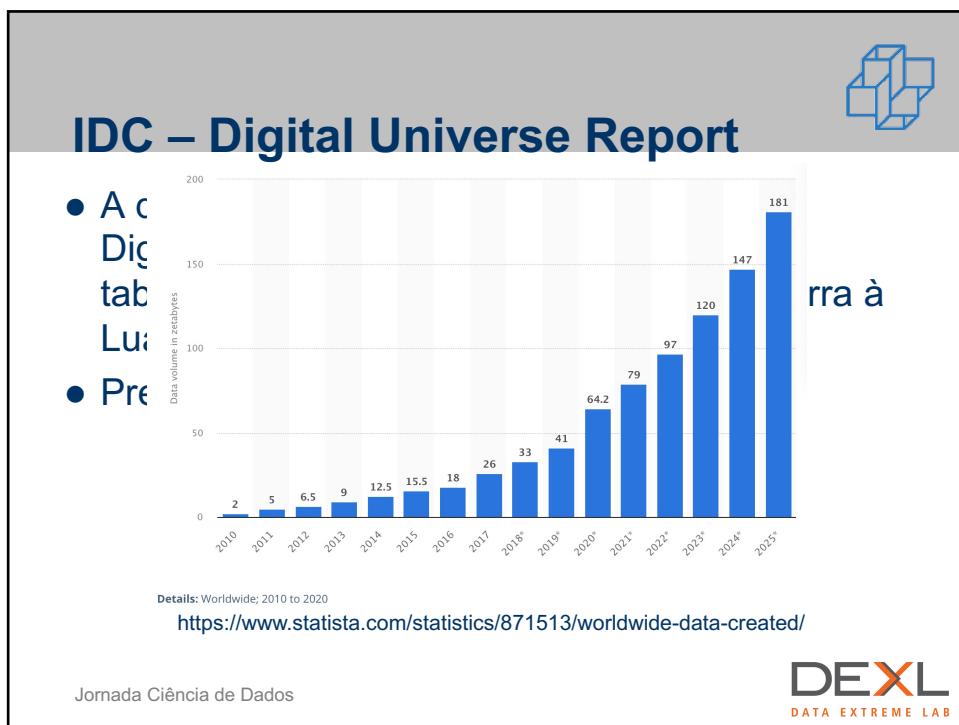

Jornada Ciência de Dados

DEXL
DATA EXTREME LAB

16

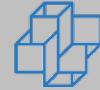


17



18

Nas Ciências e além



● “Scientists are spending most of their time manipulating, organizing, finding and moving data, instead of researching. And it's going to get worse”

- Office Science of Data Management challenge - DoE

Jornada Ciência de Dados

Tópico da Década



19

Na Astronomia



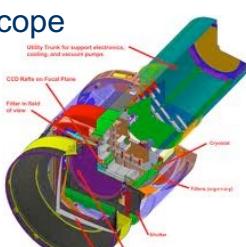
LSST – Large Synoptic Survey Telescope



Cerro Pachón – Future site of the LSST



LSST Rendering on El Peñón



- 800 imagens p/ noite durante 10 anos !!
- Mapa 3D do Universo
- 30 TeraBytes por noite
- 30 PetaBytes em 10 anos

DEXL
DATA EXTREME LAB

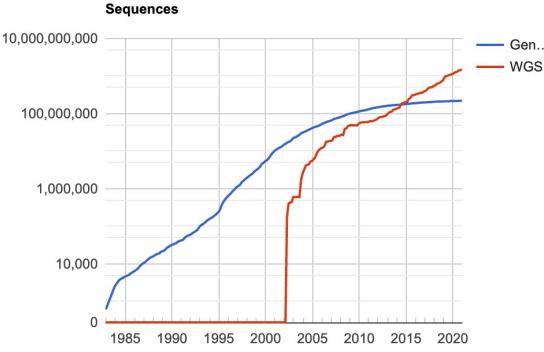
20

Sequências de DNA Publicadas no GenBank (UK NCBI)



GenBank
Dez 2020 – 221,5 MS
Whole Gene Shotguns –
Dez 2020 – 1,5 BS

Sequences



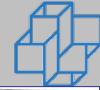
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/genbank/statistics/>

Jornada Ciéncia de Dados

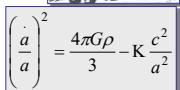
DEXL
DATA EXTREME LAB

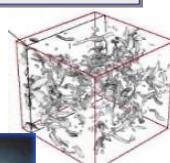
21

O 4º Paradigma



- Jim Gray – Pesquisador e pioneiro de software de banco de dados, pesquisador Microsoft
 - 1. Experimentação (observação empírica)
 - 2. Teoria e Modelos (Kepler, Newton, Maxwell,...)
 - 3. Ciéncia Computacional (simulação)
 - 4. Big Data (Data Intensive science)
- A única maneira para lidar com essa quantidade de dados seria progredir em:
 - Captura, transformação
 - Gerenciamento
 - Visualização, Técnicas analíticas







DATA EXTREME LAB

22

Comunidades





Segundo o IDC, a quantidade de dados digitais disponível em nosso cyberambiente ultrapassará número de Avogrado em 2023 ($> 10^{23}$) Yottabyte

Jornada Ciência de Dados

DEXL
DATA EXTREME LAB

23

Estatísticas



- 4.8 bilhões de telefones celulares em 2020
- Mais de 3.5 bilhão de consultas no Google por dia
- 31 Bilhões de sensores produzindo dados e se comunicando entre si
- +500 milhões de Tweets por dia
- Baidu, Alibaba, FB, ...

Jornada Ciência de Dados

DEXL
DATA EXTREME LAB

24



DESAFIOS TECNOLOGICOS

Jornada Ciéncia de Dados

DEXL
DATA EXTREME LAB

25



Big Data Computational Layers



- Problema
- Modelo de Programação
- Linguagem de Programação
- Framework Big Data
- Arquitetura Computacional
- Sistema Operacional
- Hardware

ALGOBD

DEXL
DATA EXTREME LAB

26

Modelos de Programação



- Sequencial
- Distribuído – RPC, MPI, CORBA
- Paralelo – Multi-core, Multiplos nós, NUMA
- Declarativo – SQL
- Workflows Científicos
- Dirigidos a Eventos
- MapReduce

ALGOBD

DEXL
DATA EXTREME LAB

27

Modelo de Programação



- MapReduce
 - Funcional
 - Spark, Flink
 - Funções dos usuários integradas aos frameworks
 - Encapsulamento de estado
 - Declarativo
 - Paralelizável
 - SQL-Like
 - Declarativo
 - Data-driven
 - padronizado
 - Ex: Spark-SQL;
 - Actor Based
 - Modelo para programação concorrente
 - Manutenção do estado em cada ator, sem estado global
 - Baseado em troca de mensagem entre atores
 - Inerentemente paralelo
 - Ex: MS-Orleans , ReactorDB, Storm, Ray
 - Bulk Synchronous Parallel (BSP)
 - Modelo para especificação de programas paralelos
 - BSP algoritmo progride em uma série de grandes passos
 - Considera ação de comunicação como uma mensagem
 - Possui pontos de bloqueios em que todos os processos precisam chegar antes de continuar a execução
 - Ex: Google Pregel, Apache Giraph
- Dataflow
 - Ações definidas como atividades
 - Input/outputs bem definidos
 - Dependência de dados entre atividades define sequência do dataflow
 - Linguagem hospedeira define o controle de fluxo entre atividades
 - Exs: Ozzie, Sciculus,

Dongyao, Wu, Sherif, Sakr, Liming, Zhu, *Big Data Programming Models, Handbook Of Big Data Technologies*, Springer, 2017

DEXL
DATA EXTREME LAB

28

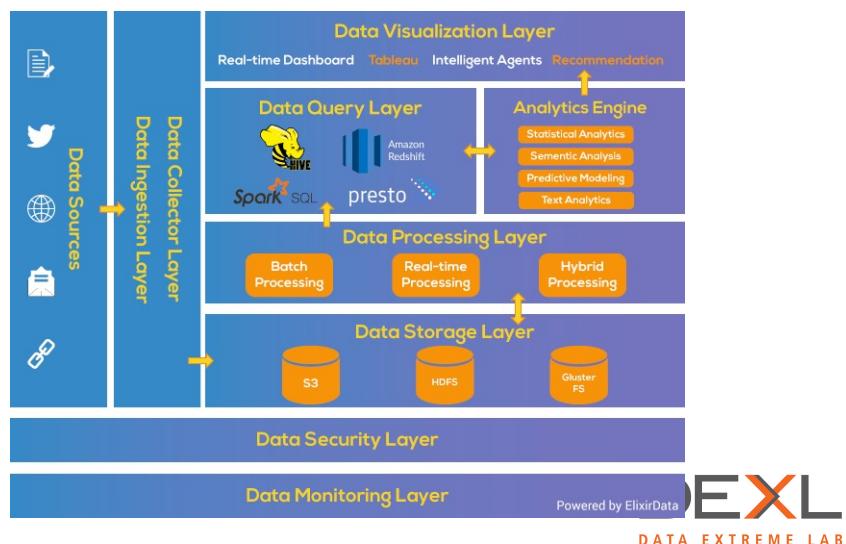
Modelo de Programação

- MapReduce
 - Funcional
 - Linguagem programação + Linguagem Especifica de Dominio
 - Sistema de arquivos distribuidos
 - Dados particionados
 - Algoritmos essencialmente paralelos
 - Pontos de barreira, como em BSP

DEXL
DATA EXTREME LAB

29

Big Data Architecture



30

Big Data Frameworks

The slide displays a collection of logos for different Big Data frameworks. The logos are arranged in three rows. The top row includes django, RAY APACHE Spark, and Flink. The middle row includes APACHE STORM, scikit learn, and APACHE kafka. The bottom row includes AlgoBD, hadoop, DASK, Flask, and DEXL.

31

Big Data Framework - Características

- Flexibilidade: extensão através de funções do usuário fornecem grande flexibilidade aos desenvolvedores, se comparado com SQL
- Escalabilidade: Crescimento de escala com o aumento de dados – elasticidade em cloud
- Eficiência: Elimina o alto custo de ingestão de dados em bancos de dados. Eficiente em aplicações de varredura
- Tolerância a falhas: jobs divididos em pequenas tarefas que podem ser automaticamente reiniciadas em caso de falhas

ALGOBD

DEXL
DATA EXTREME LAB

32

Different Platforms, Different Goals



Figure 3. TPU Printed Circuit Board. It can be inserted in the slot for an SATA disk in a server, but the card uses PCIe Gen3 x16.

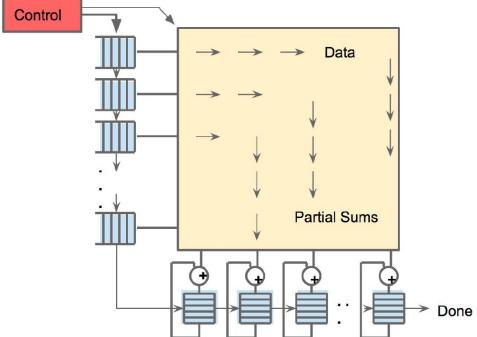


Figure 4. Systolic data flow of the Matrix Multiply Unit. Software has the illusion that each 256B input is read at once, and they instantly update one location of each of 256 accumulator RAMs.

Jouppi et al., "In-Datacenter Performance Analysis of a Tensor Processing Unit", ISCA 2017.

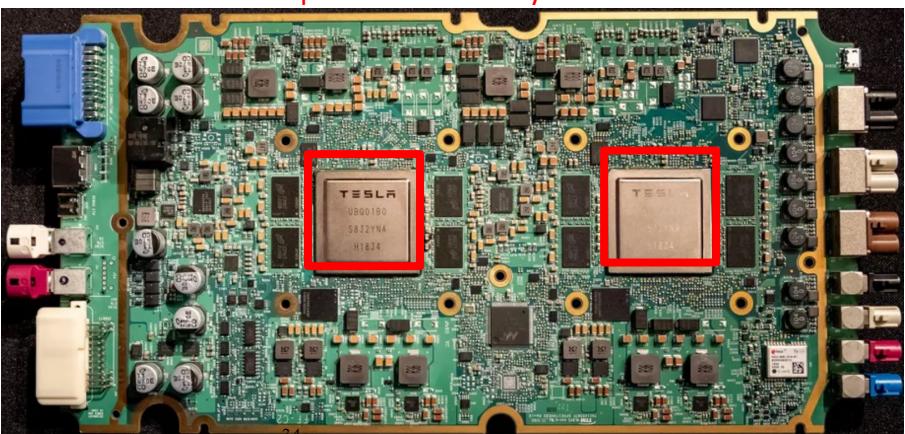
Source: Onur Mutlu

DEXL
DATA EXTREME LAB

33

Different Platforms, Different Goals

- ML accelerator: 260 mm², 6 billion transistors, 600 GFLOPS GPU, 12 ARM 2.2 GHz CPUs.
- Two redundant chips for better safety.

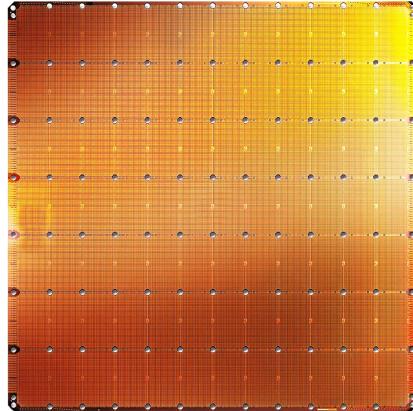


<https://youtu.be/Ucp0TTmvqOE?t=4236> Source: Onur Mutlu

DATA EXTREME LAB

34

Cerebras's Wafer Scale Engine (2019)



Cerebras WSE
1.2 Trillion transistors

- The largest ML accelerator chip
- 400,000 cores
- 46.225 mm² (56x largest CPU)
- 3000X more chip memory

Largest GPU
21.1 Billion transistors
815 mm²

Source: Onur Mutlu et al., 2019

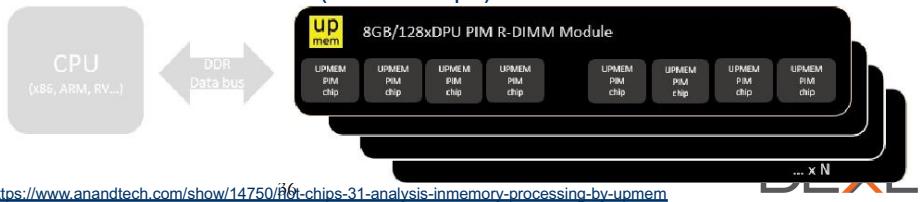
<https://www.anandtech.com/show/14758/hot-chips-31-live-blogs-cerebras-wafer-scale-deep-learning/>

<https://www.cerebras.net/cerebras-wafer-scale-engine-why-we-need-big-chips-for-deep-learning/>

35

UPMEM Processing-in-DRAM Engine (2019)

- Processing in DRAM Engine
- Includes standard DIMM modules, with a large number of DPU processors combined with DRAM chips.
- Replaces standard DIMMs
 - DDR4 R-DIMM modules
 - 8GB+128 DPUs (16 PIM chips)



<https://www.anandtech.com/show/14750/hot-chips-31-analysis-inmemory-processing-by-upmem/>

<https://www.upmem.com/video-upmem-presenting-its-true-processing-in-memory-solution-hot-chips-2019/>

36

Resposta Google: Imensos clusters (farms)



- Grande número de máquinas em clusters
- Técnicas de processamento que tirem proveito desta arquitetura
- Mais recentemente, supercomputadores também são vistos como Plataforma para ciência de dados



Jornada Ciéncia de Dados

DEXL
DATA EXTREME LAB

37



HPDaSc (High Performance Data Science)

HPDaSc (High Performance Data Science) is an associated team ("équipe associée"), between Zenith and 4 teams in the state of Rio de Janeiro (LNCC, COPPE/UFRJ, UFF and CEFET) since january 2020.
HPDaSc is headed by Patrick Valduriez (Zenith) and Fabio Porto (LNCC).

Data-intensive science requires the integration of two fairly different paradigms: high-performance computing (HPC) and data science. HPC is compute-centric and focuses on high-performance of simulation applications, typically using powerful, yet expensive supercomputers whereas data science is data-centric and focuses on scalability and fault-tolerance of web and cloud applications using cost-effective clusters of commodity hardware.

DEXL
DATA EXTREME LAB

38

RESUMINDO



- BIG DATA – influencia diretamente a ciência, negócios e governo
- Desafios do 5Vs
- Discutimos uma arquitetura de camadas que tratam de diversos aspectos do problema
- Motivou a concepção de novas técnicas para gerência e processamento de dados
 - Além de captura, ETL, visualização e representação

DEXL
DATA EXTREME LAB

39

Questões



- Como Manter?
 - Infraestrutura
 - Sistemas computacionais
 - Integridade, privacidade, segurança, perenidade
 - Custo
- Como Usar (Parte II) ?
 - Técnicas eficientes de distribuição de dados
 - paralelismo
 - Tratamento de qualidade
 - Integração, padronização

DEXL
DATA EXTREME LAB

Jornada Ciência de Dados

40

Como Manter ?

41



“ Se infraestrutura é um requisito para a economia **industrial** então pode-se afirmar que uma cyberinfraestrutura é um requisito para a sociedade do **conhecimento**”

Relatório Atkins, EUA 2003

Jornada Ciência de Dados

DEXL
DATA EXTREME LAB

42



- Plataformas para armazenamento
 - Grande leque de alternativas
 - Bancos de dados Relacionais, NOSQL, NewSQL
 - Bancos de Dados em Memória, Colunares
 - Datawarehouse, OLAP HTAP
 - Bancos em dados em grafos, matrizes multidimensionais
- Ecosistemas Big Data / ML

Jornada Ciência de Dados

DEXL
DATA EXTREME LAB

43

Uma Curva evolutiva Gerência de Dados



- IoT: tempo real (2020)
- NewSQL – (2013)
- Ciência de Dados: ML, DA, DM, DL (2010)
- Data Analysis 4th Paradigm – Jim Gray (2007)
- Internet search – Google – MapReduce GFS (2004)
- NoSQL (CAP Theorem) – Web cloud companies (early 1990s)
- Datawarehouse – BI (1990)
- SGBD Paralelo – Teradata (1980) (1 TB storage)

Jornada Ciência de Dados

DEXL
DATA EXTREME LAB

44

X-Info

● The evolution of X-Info and Comp for each discipline X

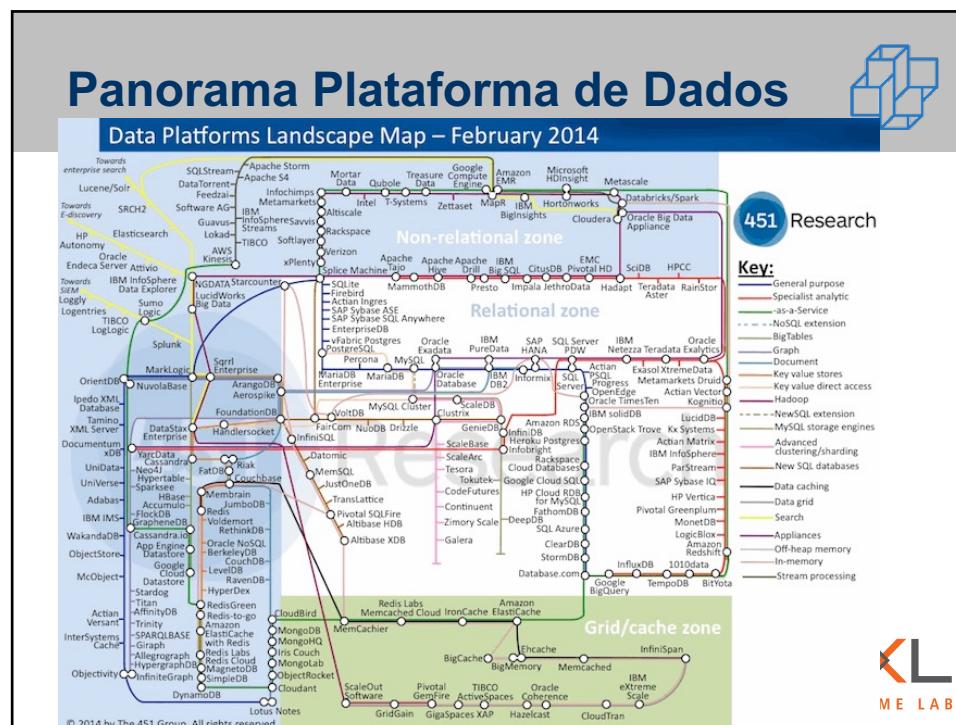
● How to codify and represent our knowledge

The Generic Problems

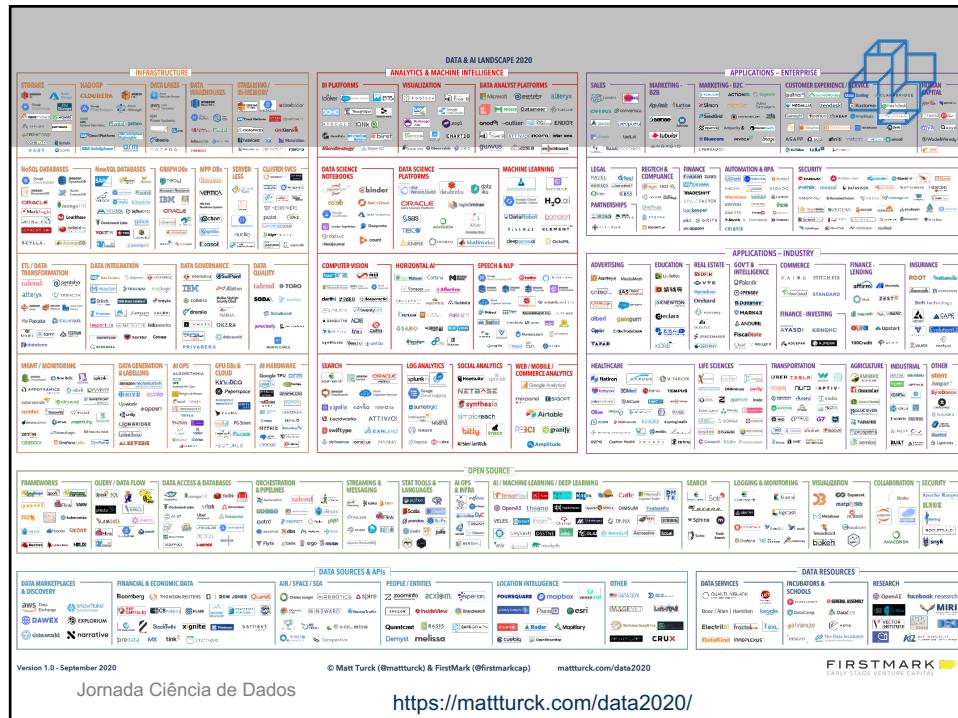
- Data ingest
- Managing petabytes
- Common schema
- How to organize it
- How to reorganize it
- How to share with others
- Query and Vis tools
- Building and executing models
- Integrating data and Literature
- Documenting experiments
- Curation and long-term preservation

DEXL
DATA EXTREME LAB

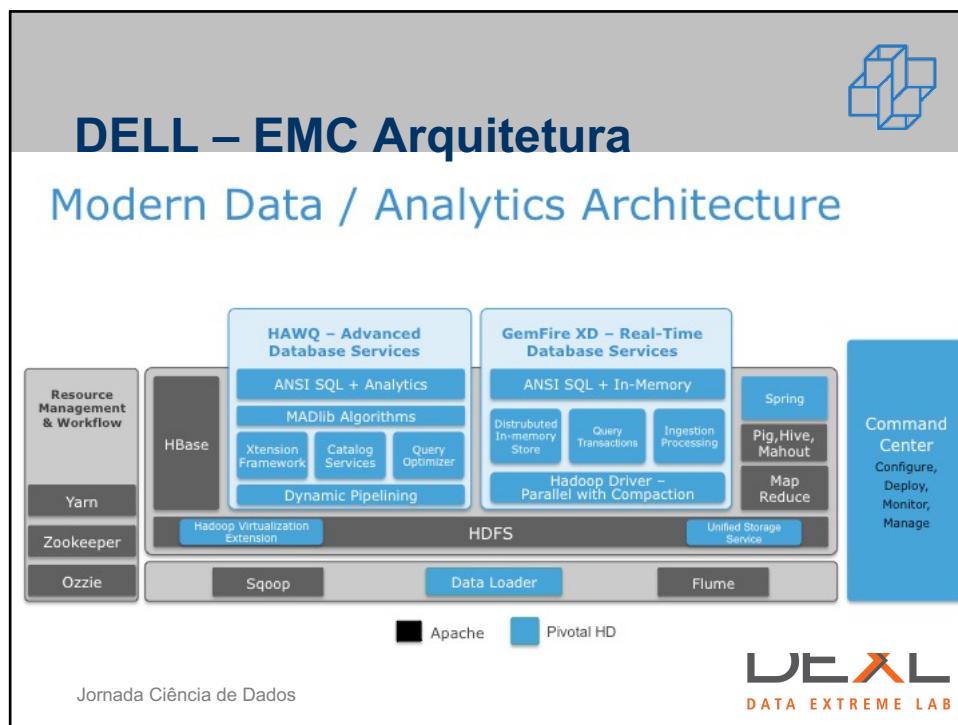
45



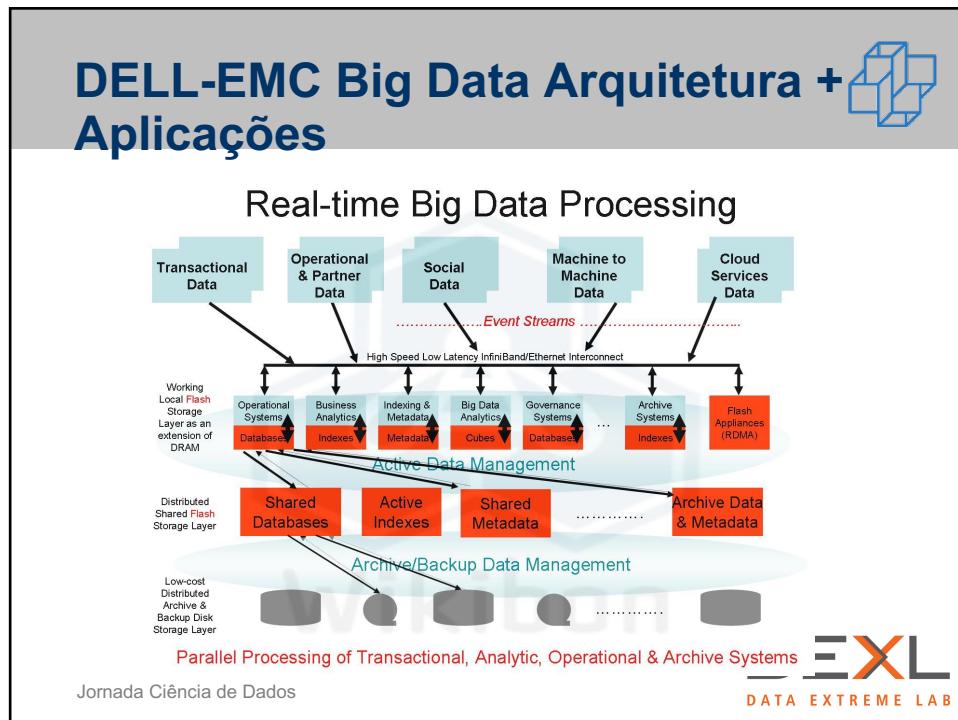
46



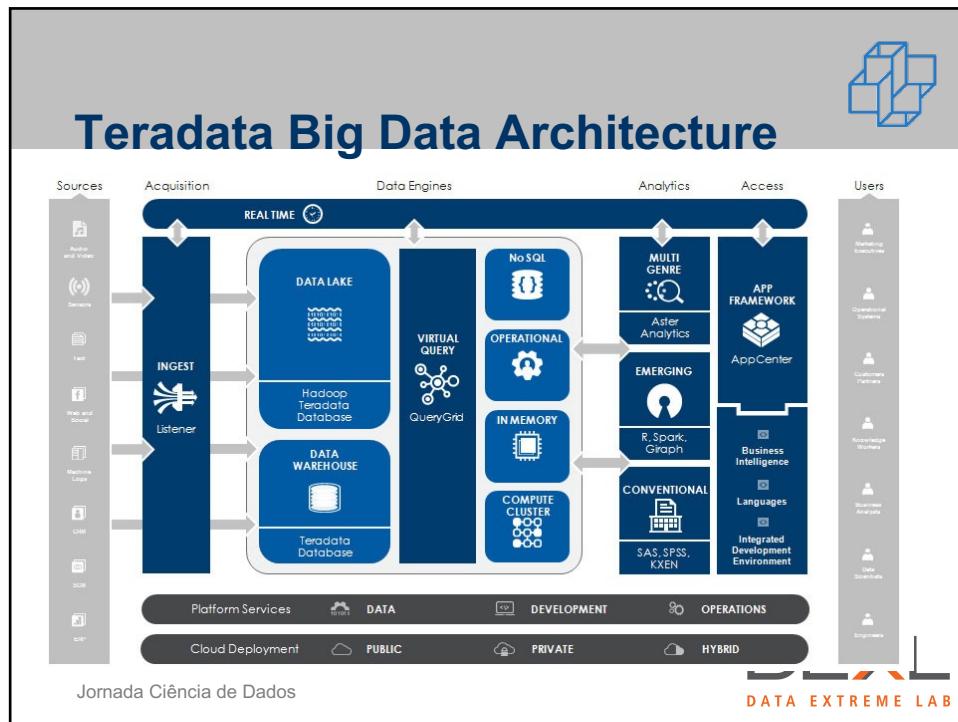
47



48



49



50

Data Lake



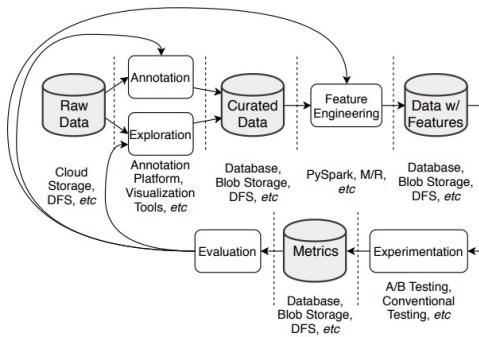
- Modelo para armazenamento Big Data
 - Propriedades
 - Armazenamento de dados em sua forma original
 - Dados de qualquer fonte pode ser incorporado ao Data Lake
 - Metadados são importantes
 - Governança é necessária
 - Porém
 - Existem poucas definições sobre as funções a serem atendidas e os modelos de dados de representação
 - Não há uma arquitetura de referência
 - Muito usado na área de consultoria

Christoph Quix, Data Lakes: A solution or a new challengeData 2016

Jornada Ciência de Dados



51

```

graph LR
    RD[Raw Data] --> A[Annotation]
    RD --> E[Exploration]
    A --> CD[Curated Data]
    E --> CD
    CD --> FE[Feature Engineering]
    FE --> DWF[Data w/ Features]
    DWF --> M[Metrics]
    M --> E2[Evaluation]
    M --> EXP[Experimentation]
    EXP --> A2[Annotation]
    EXP --> E2
  
```

Data Platform for Machine Learning, Pulkit Agrawal et al., SIGMOD 2019.

Jornada Ciência de Dados



52

Camada de Ingestão de dados



- Baixo esforço para carga de dados
- Suporte para extração de metadados e dados
 - Grau de automação da extração
 - Schema para dados semi-estruturados (JSON, XML)
 - Detecção do schema na leitura

Jornada Ciência de Dados



53

Nível de Armazenamento



- Tipos de armazenamento de dados
 - HDFS? NOSQL? RDBMS?
 - Híbrido?
 - Desejável
 - Acesso uniforme a todos os tipos de armazenamentos
 - Re-escrita de consultas e transformações de dados
 - Repositório de metadados e modelo para metadados

Jornada Ciência de Dados



54

Camada de Interface

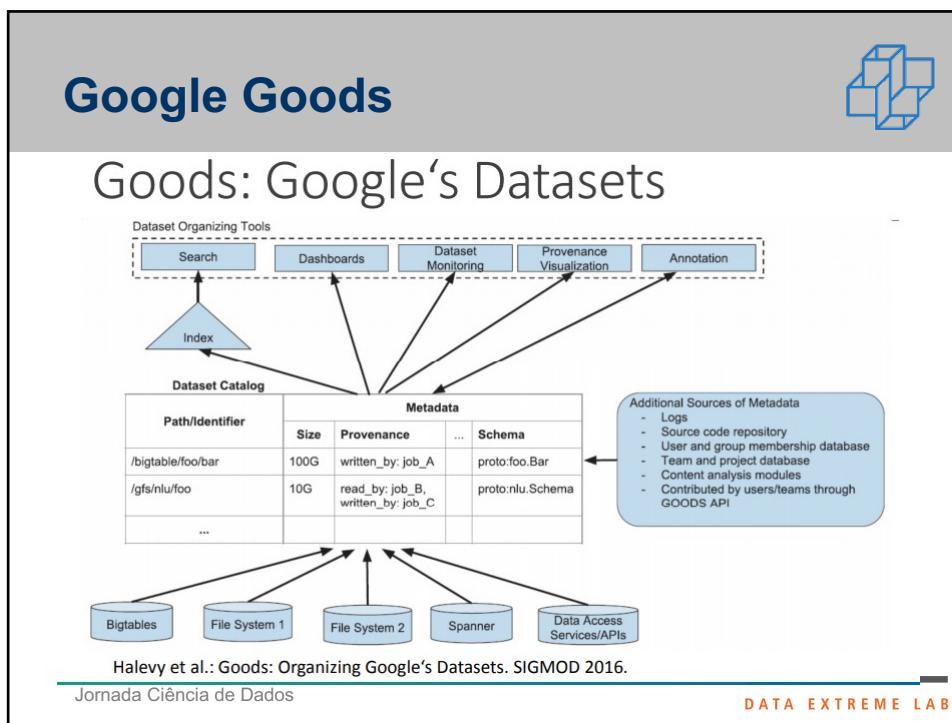


- Busca e Exploração
 - Keyword search ao invés de SQL
 - Veja como formar o dataset desejado
- SQL queries em Metadados

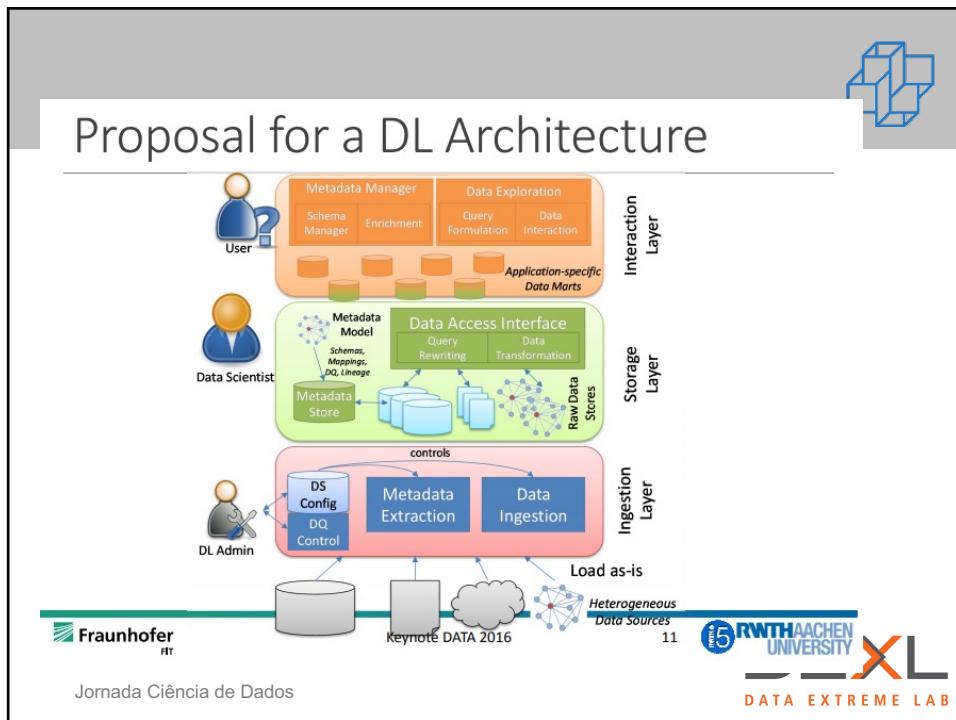
Jornada Ciéncia de Dados

DEXL
DATA EXTREME LAB

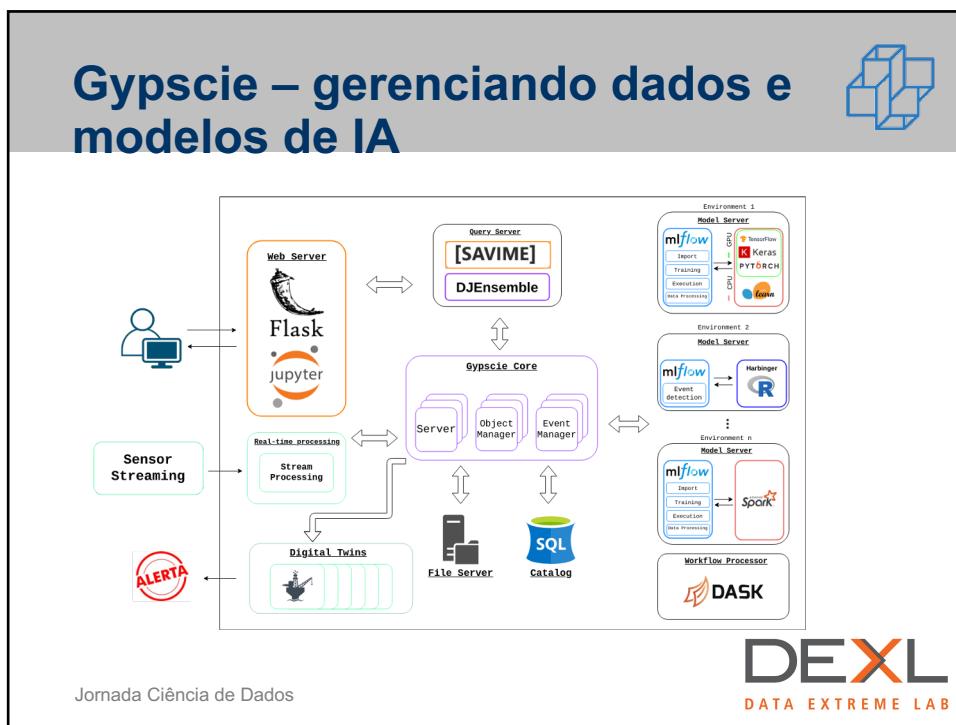
55



56



57



58

Gypscie: Gerencia do ciclo de vida de modelos de Aprendizagem de Máquina



- Registro e armazenamento de dados crus
- Preprocessamento de dados
- Transformação para formato padrão
- Uso de dados
 - Exploratorio (SAVIME)
 - Treinamento
- Treinamento em diferentes ambientes
- Publicação e Comitês de Modelos automático

Jornada Ciência de Dados



59



Solution	Integrated Data System	Model Training	Experimentation	Evaluation	Deployment
SageMaker	No (Bring your own data store: e.g., S3, EBS, EFS)	Yes	Yes	Yes	Yes
Azure ML	No (Bring your own data store)	Yes	Yes	Yes	Yes
Cloud AI	No (Bring your own data store: e.g., Google Cloud Storage)	Yes	Yes	Yes	Yes
TensorFlow	N/A	Yes	No	No	Yes
Keras	N/A	Yes	No	No	No
PyTorch	N/A	Yes	No	No	No
Michelangelo	No (HDFS data lake, Cassandra)	Yes	Yes	Yes	Yes
FBLearner Flow	N/A	No	Yes	No	Yes
Colaboratory	N/A	No	Yes	Yes	No
Databricks	N/A	No	Yes	Yes	No
MLdp	Yes	Integrated with major ML frameworks	Integrated with in-house execution clusters, as well as public elastic compute cloud	Integrated with an in-house solution	Integrated with an in-house solution

Jornada Ciência de Dados

60

Classes de Armazenamento



- Estrutura em níveis
 - Tier 0 – dados extraídos das fontes
 - Tier 1 – dados pré-processados e disponibilizados online
 - Tier 2 – dados agregados, por ex. por regiões
 - Tier 3 – dados offline
- Métodos de armazenamento
 - Na nuvem, No Edge
 - Em sistemas de arquivos distribuídos
 - Em sistemas de gerência de bancos de dados
 - Sem Persistência

Jornada Ciência de Dados

DEXL
DATA EXTREME LAB

61

**FIM da parte 1/
Perguntas**

Jornada Ciência de Dados

62