

---


Introdução à Ciência de Dados LNCC - IBGE

---

*Introdução a Big Data e Apache Spark*

---



Prof. Fábio Porto  
Abril, 2022.



Laboratório  
Nacional de  
Computação  
Científica  
UNIDADE DE PESQUISA DO MCTI

1

1



## Agenda – 1a Parte: Arcabouço MR



- Modelo Computacional Big Data
- Modelo Map-Reduce
- Hadoop – Map Reduce
- SPARK

2



## O MODELO COMPUTACIONAL BIG DATA

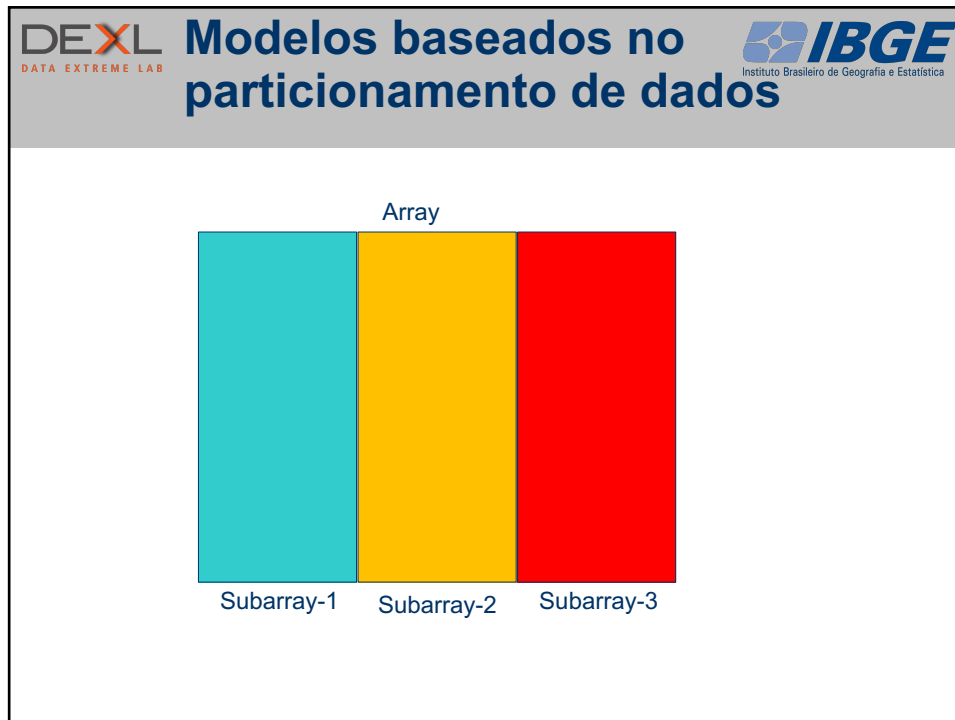
3



## Processamento de Grandes Volumes de Dados

- Processar grandes volumes de dados para tomada de decisão requer eficiência
  - Reduzir o tempo de processamento
  - Paralelismo de tarefas aparece como uma estratégia intuitiva
  - Dados podem ou não estar distribuídos
- Processos sequencias precisam ser modelados de forma paralela segundo o modelo de paralelismo a ser adotado

4



5

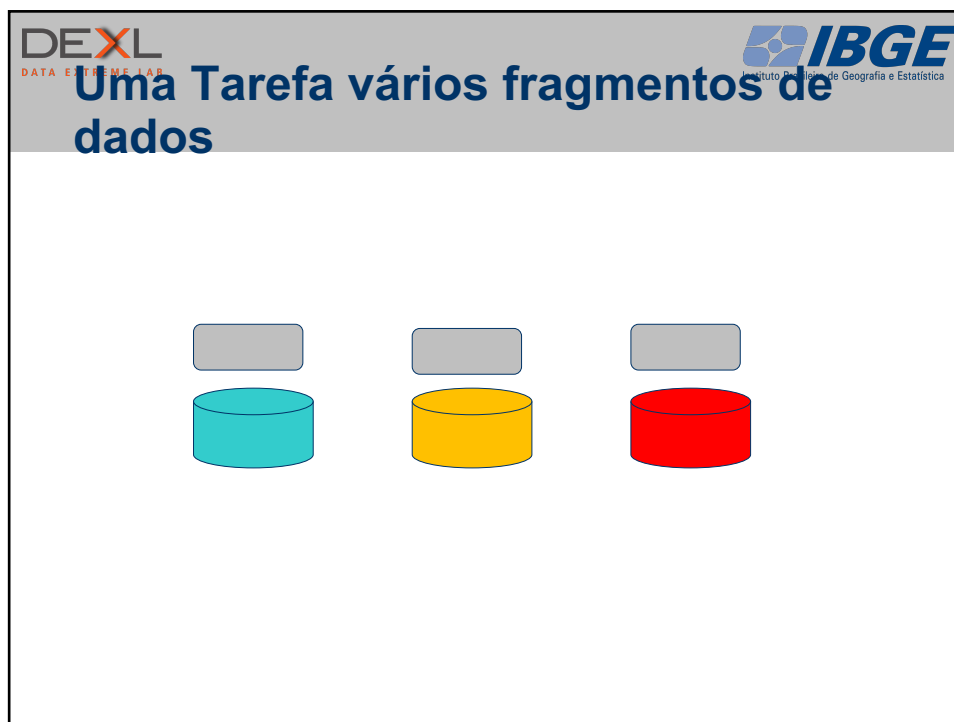
DEXL DATA EXTREME LAB

## Localidade de Dados

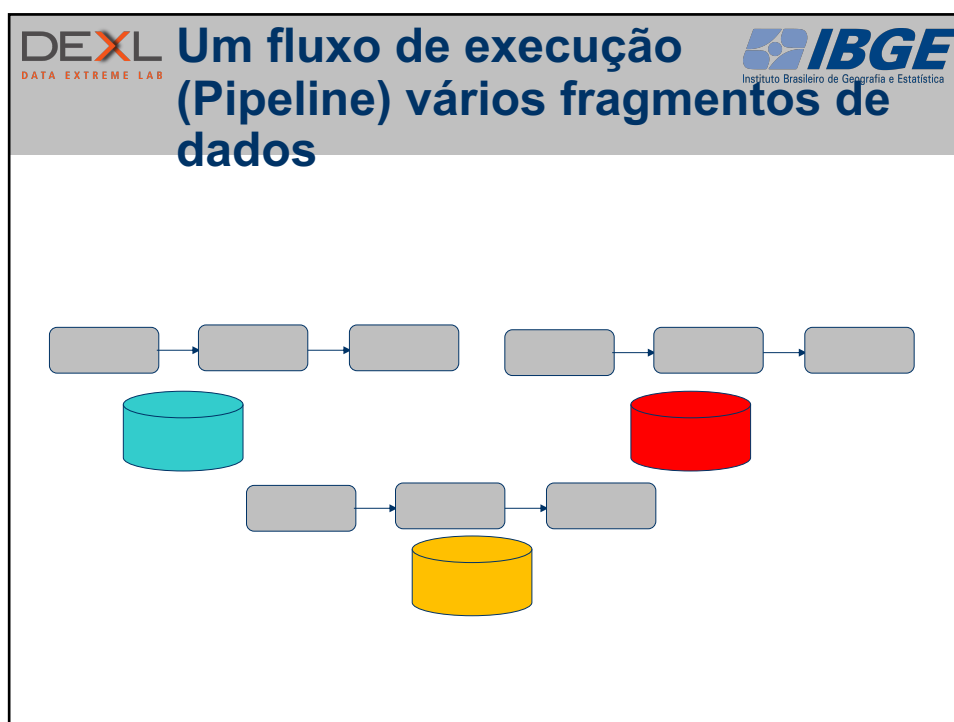
IBGE Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

- No processamento de grandes volumes de dados o custo de transferência pela rede deve ser minimizado
  - Chamamos de *Localidade de dados* ao processo de escalonamento de processos sobre os dados que favorece a execução nos locais em que os dados se encontram, i.e. minimize a movimentação

6



7



8

## Como tirar proveito de dados particionados?


- Modelo de paralelismo define restrições para modelagem de problemas
  - Identificação de fragmentos do pipeline que podem ser executados independentemente;
  - Identificação de ponto de convergência global de dados
- Processamento dividido em
  - Fragmentos locais
  - Fragmentos globais

9


## Limites de Programas M/R

- Algoritmos que requeiram a manutenção de um estado global atualizado a todo tempo
  - Pode ser mapeado para uma série de M/Rs
- Critério de particionamento de dados deve considerar necessidade de localização de dados pela aplicação
  - Estabelecimento de correlação de vizinhança
- Em essência, M/R deve limitar a troca de mensagens entre os nós de computação

10



**DEXL**  
DATA EXTREME LAB




**IBGE**  
Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística


## Linguagem de programação frameworks Big Data

- Problemas implementados na linguagem do framework
  - K-means
  - Regressão Linear
  - Operadores Relacionais: ex:Junção, agregação,...
- Descritos como um fluxo de dados
  - Na sua forma mais simples: Maps-Reduces
- Critério de particionamento influencia no algoritmo
  - Pontos de sincronismo entre os nós de processamento

11




**DEXL**  
DATA EXTREME LAB



**IBGE**  
Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

## Decomposição k-means

Map [key\_i,[centroid]-> [key\_i,centroid\_j]



New\_centroid\_j=Reduce[centroid\_j,[k\_i,k\_i+1,...,k\_n]] -> avg[k\_i,k\_i+1,...,k\_n]

12

**DEXL**  
DATA EXTREME LAB

**IBGE**  
Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

## Decomposição k-means

While not converge centroid\_i <-> new\_centroid\_i  
Map [key\_i,[centroid]-> [key\_i,centroid\_j]


↓

new\_centroid\_j=Reduce[centroid\_j,[k\_i,k\_i+1,...,k\_n]] -> avg[k\_i,k\_i+1,...,k\_n]

13

**DEXL**  
DATA EXTREME LAB

**IBGE**  
Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística




Vamos Praticar!

14

14




**DEXL**  
DATA EXTREME LAB




**IBGE**  
Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

# DATAFLOWS

15



**DEXL**  
DATA EXTREME LAB



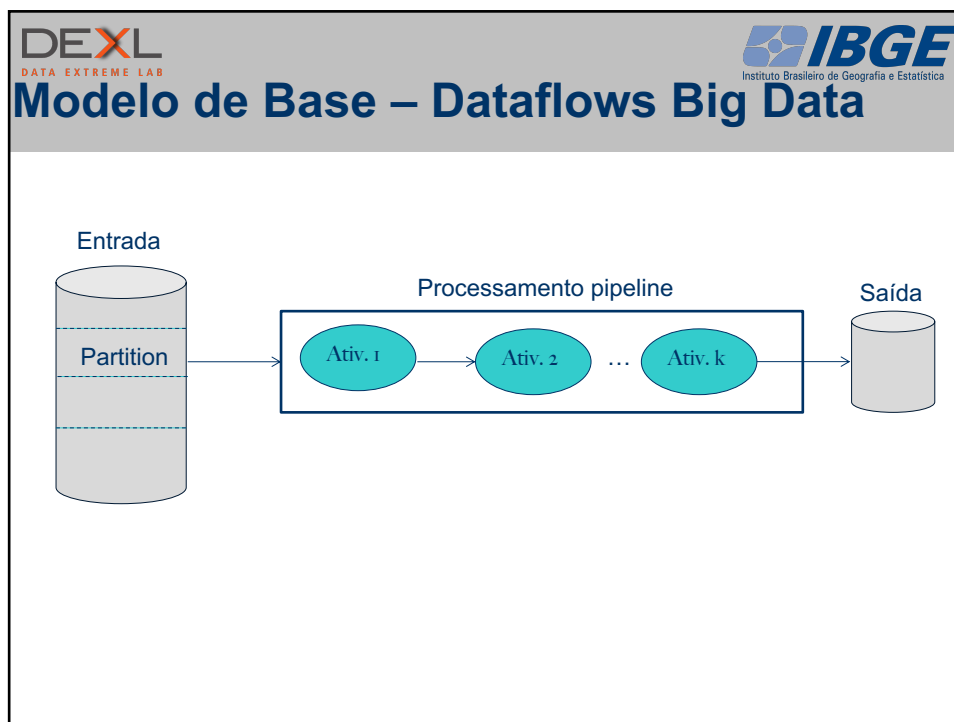
**IBGE**  
Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

## Modelos Computacionais para processamento de grandes volumes de dados

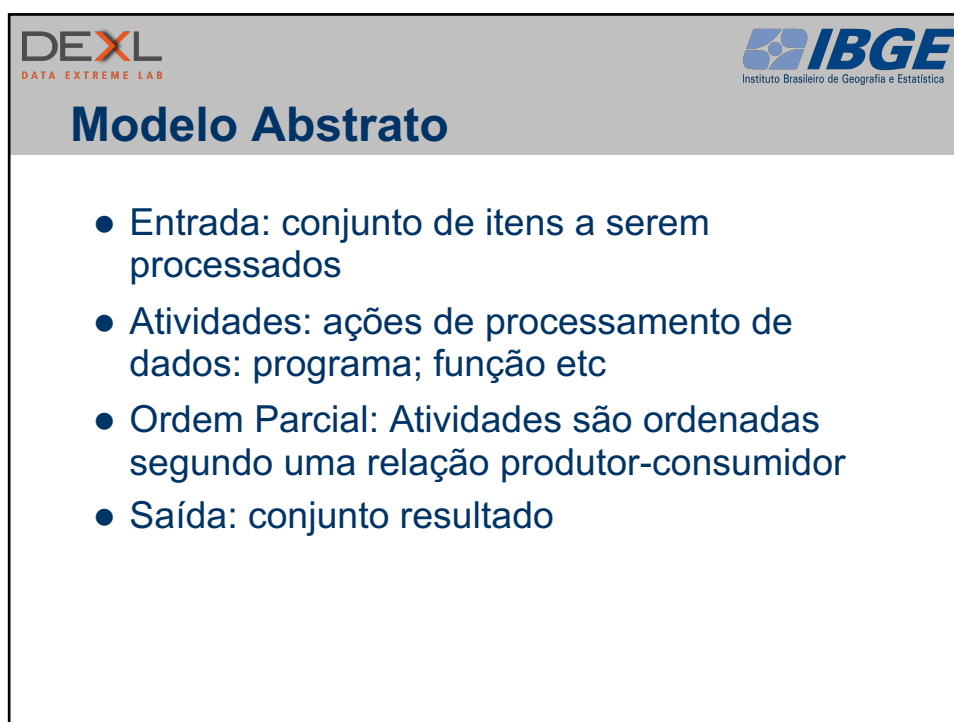
- Workflows científicos – processamento de dados realizado como parte de um experimento científico
  - Nesta apresentação estaremos considerando processos automáticos, i.e., sem intervenção do usuário;
  - Topologia de um grafo direcionado, com ou sem ciclos,  $G=(N,E)$ , onde N representa um conjunto de atividades e E a dependência entre as atividades espelhada na relação produtor/consumidor de dados;
  - Programas desenvolvidos de forma independentes.
  - Processamento de arquivos, sem interface comum
- Dataflows – generalização de workflows científicos para outros domínios de aplicação
  - Uso de linguagem (API) comum
  - Compartilhamento de um Modelo de Dados
  - Pode incluir um pouco mais de conhecimento dos programas e dados, se projetado com componentes internos à instituição;
- Consultas a BDs – processamento dados em função de uma requisição externa (consulta ou atualização);
  - Processamento inteiramente automático
  - Expresso em linguagem de alto nível (SQL – ou variante)
  - Topologia – árvore – profunda ou equilibrada
  - Conhecimento dos dados (modelo e estatísticas) e da semântica das operações (álgebra)
- Event Processing Systems
  - Modelo de Processamento baseado em eventos:
    - Reação a dados de sensores (IoT)
    - streaming
    - processos de negocio
- Frameworks Distribuidos
  - Intensivo de CPU
  - Derivados de implementações em Ciência de Dados
  - Com crescimento do volume de dados analisados evoluíram para framework complexos

16

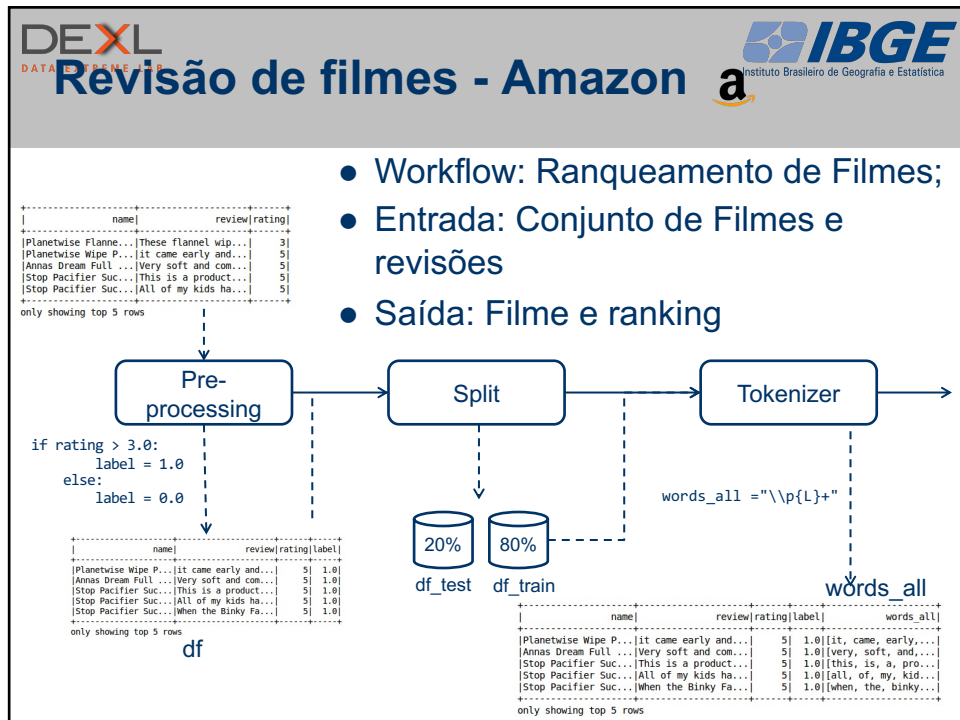




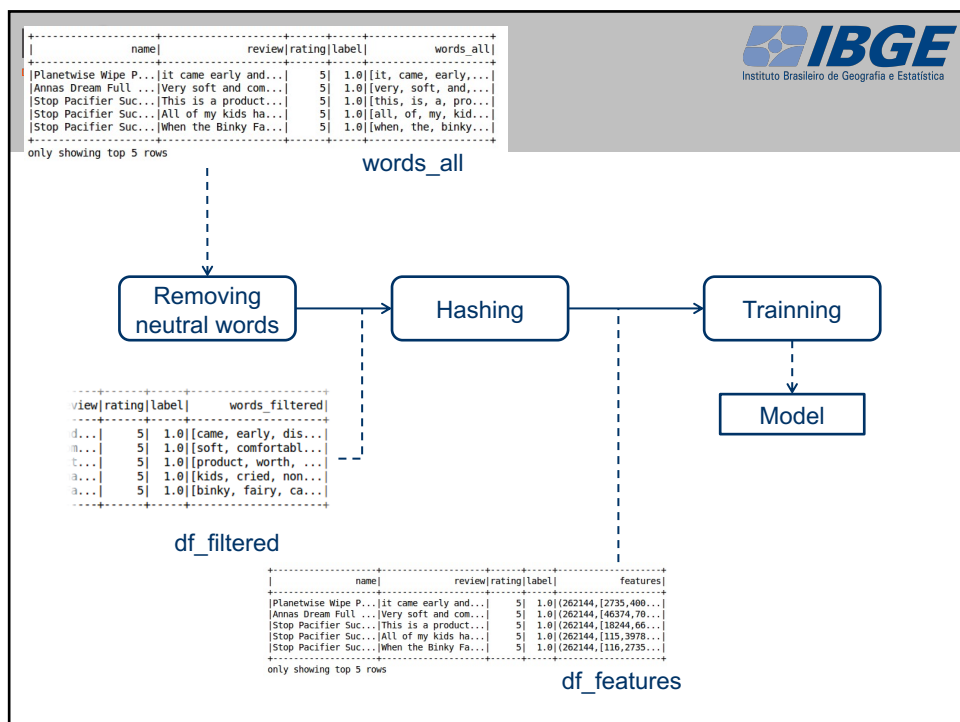
17



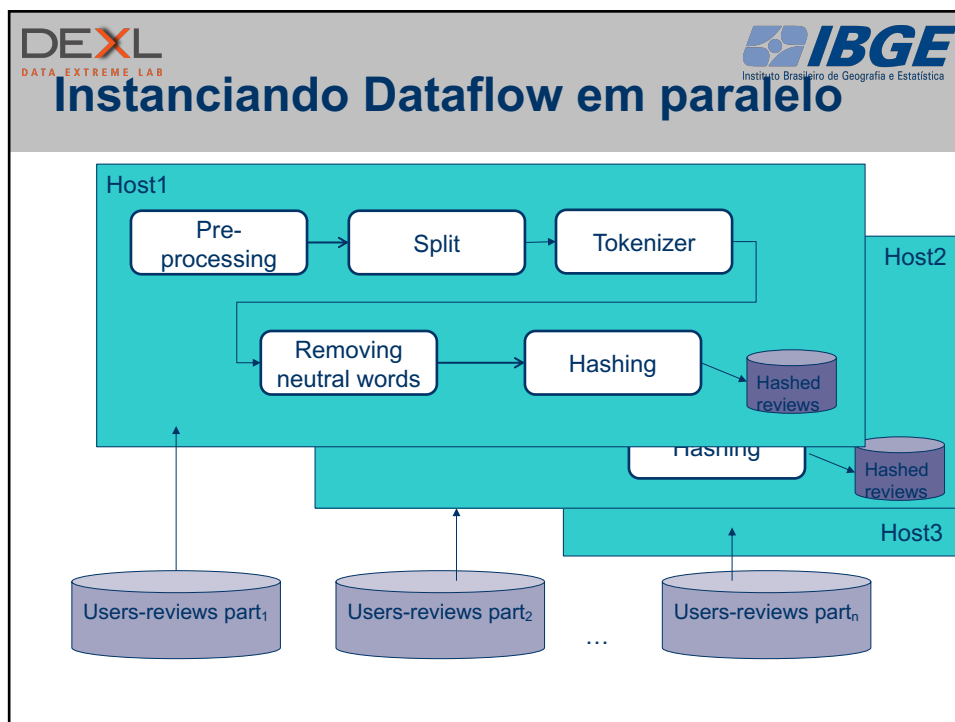
18



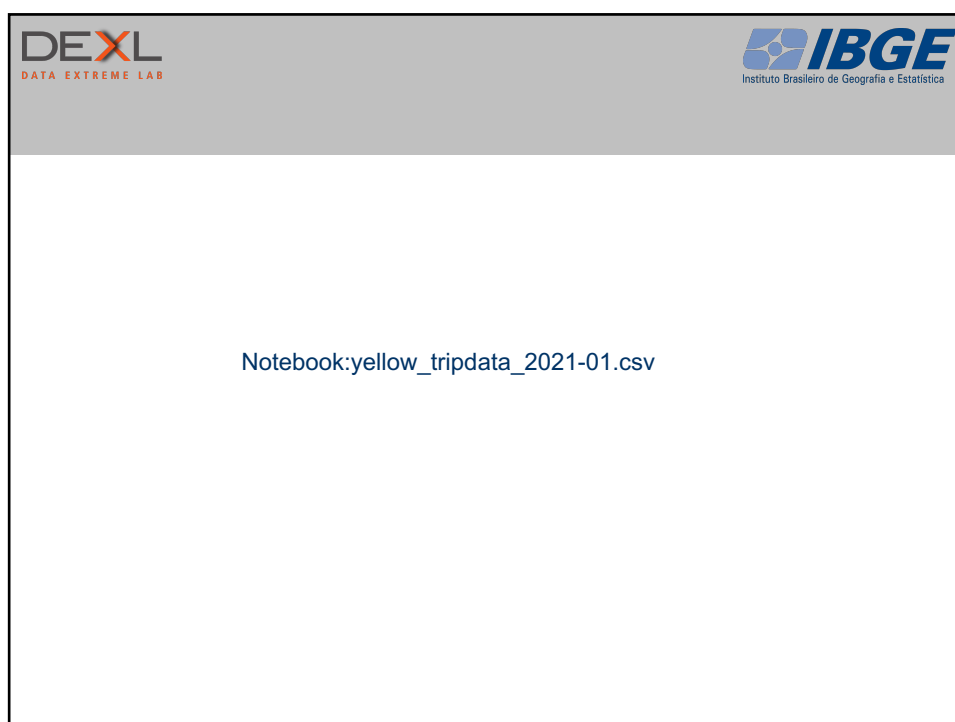
19





20



21





22



# MODELO MAP/REDUCE


23




## Princípios

- MapReduce é:
  - Um modelo de programação
  - Um ambiente de execução para aplicações desenvolvidas sob o modelo
- Map Reduce considera:
  - Uma arquitetura de clusters de máquinas sem compartilhamento
  - Um sistema distribuído executando o modelo (MR) sobre a arquitetura de clusters
  - Um mecanismo de tolerância à falhas
  - Um sistema de arquivo distribuído com particionamento de arquivos

24



DATA EXTREME LAB




Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística


## Quanto à linguagem: Problema

- Como integrar novas funcionalidades de um domínio à linguagens de programação?
  - DSL – Domain Specific language
    - Integração à linguagens de proposito geral
      - Externas
        - SQL – sintaxe e semântica próprias
      - Embedded
        - DSL integrada à linguagem de propósito geral
          - Spark, Flink

25

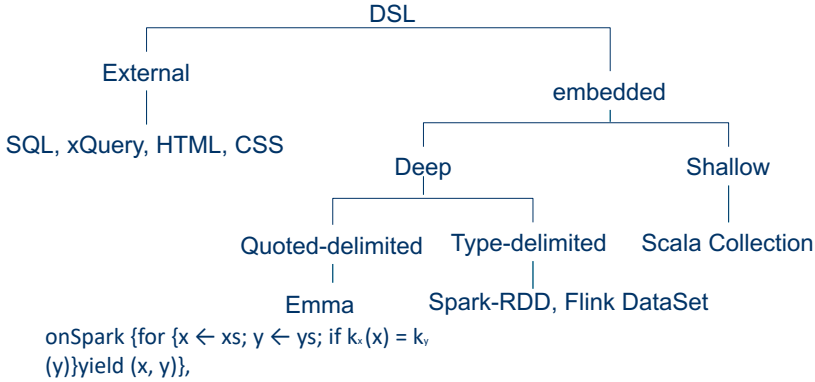


DATA EXTREME LAB



Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

## Introdução de Linguagens Específicas de Domínio



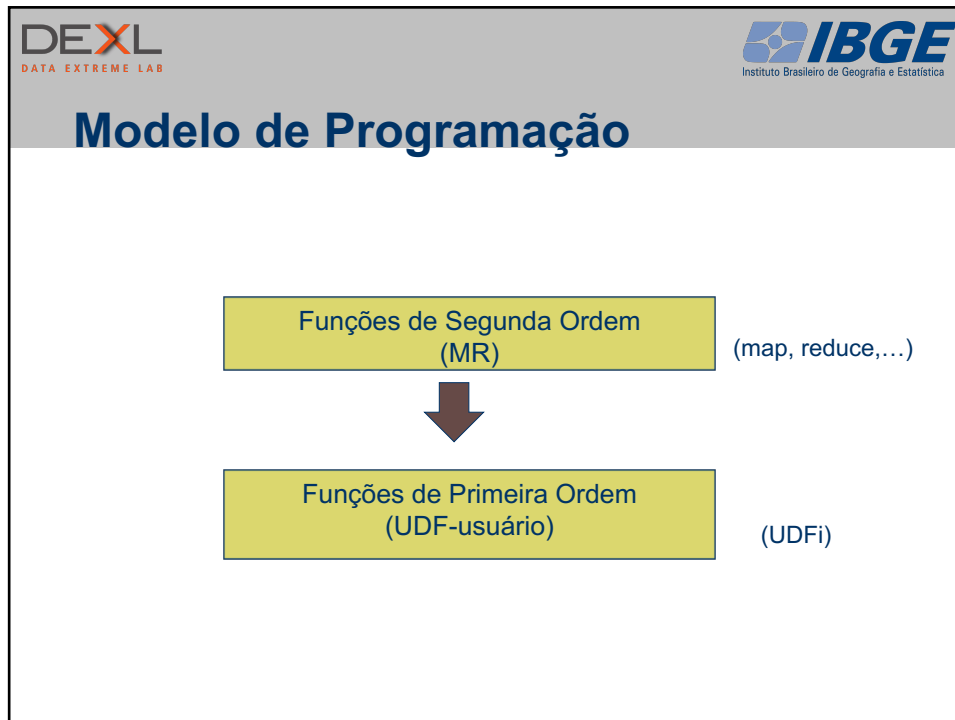
```

graph TD
    DSL --> External
    DSL --> embedded
    External --> SQL_xQuery_HTML_CSS[SQL, xQuery, HTML, CSS]
    embedded --> Deep
    embedded --> Shallow
    Deep --> Quoted-delimited
    Deep --> Type-delimited
    Shallow --> Scala_Collection[Scala Collection]
    Quoted-delimited --> Emma
    Type-delimited --> Spark_RDD_Flink_DataSet[Spark-RDD, Flink DataSet]
    
```

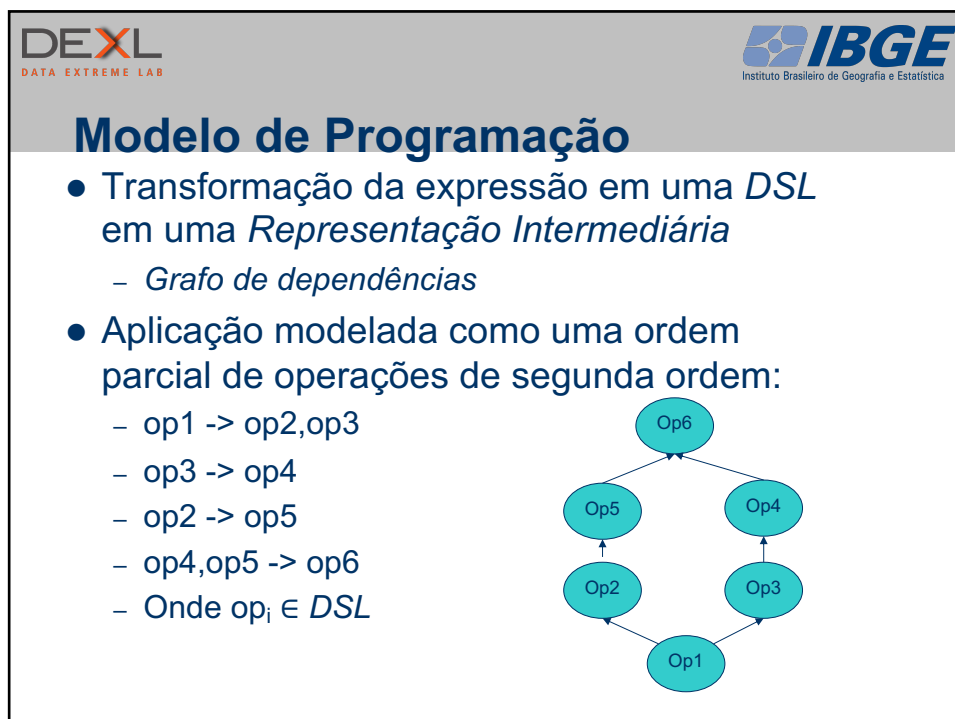
onSpark {for {x ← xs; y ← ys; if  $k_x(x) = k_y(y)$ } yield (x, y)},

Alexandrov, A, et al., Representations and Optimizations for Embedded Parallel Dataflow Languages, TODS, 2019

26



27



28

## Desafio quanto à aplicação

- Modelar como uma combinação das primitivas do modelo (API).
- No caso MapReduce, essencialmente:
  - map()
  - reduce()
  - combine()

29

## Modelo de Programação

- Modelo **funcional** de programação
  - Semântica de transformações implementada como funções
- Funções de primeira ordem implementadas pelos usuários:
  - **map** ((in\_key, in\_value), *F*) -> (inter\_key, inter\_value list)
  - **reduce** ((inter\_key, inter\_value list), *F*) -> (out\_key, out\_value list)
  - **combine** ((inter\_key, inter\_value list), *F*) -> (out\_key, out\_value list)

30

## Funções Primeira ordem

```
function writeWords(key, value){
    StringTokenizer itr = new StringTokenizer(value.toString());

    while (itr.hasMoreTokens()) {
        word.set(itr.nextToken());
        context.write(word, one )
    }
}
```

31

## função *writeWord* com segunda ordem Map

```
Public static class LineToWordMapper
    extends Mapper <LongWritable, Text, Text, IntWritable>{

    private final static IntWritable one = new IntWritable(1);
    private Text word = new Text();

    Public void map(LongWritable key, Text value, Context context) throws IOException,
    InterruptedException {


        StringTokenizer itr = new StringTokenizer(value.toString());


        while (itr.hasMoreTokens()) {

            word.set(itr.nextToken());
            context.write(word, one);    /* gera um par (chave: "word", valor:one) */
        }
    }
}
```

32









## A semântica da função map (k,v) corresponde a

- *for each* line in fileIn
  - for each** key in line
    - write(key, 1)
- Veja que o primeiro “for” que varre as linhas do dataset de entrada é implícito no Framework
  - As funções map/reduce operam sobre uma coleção cuja iteração é realizada pela implementação da função de segunda ordem

33






## Função primeira ordem conta-palavras

```


function conta-palavra(key, values) {
    int sum = 0;
    for (IntWritable val : values) {
        sum += val.get();
    }
    write(key, sum);
}
  
```

34



DATA EXTREME LAB

## Uma função conta-palavras em primeira ordem do tipo Reduce



Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

```

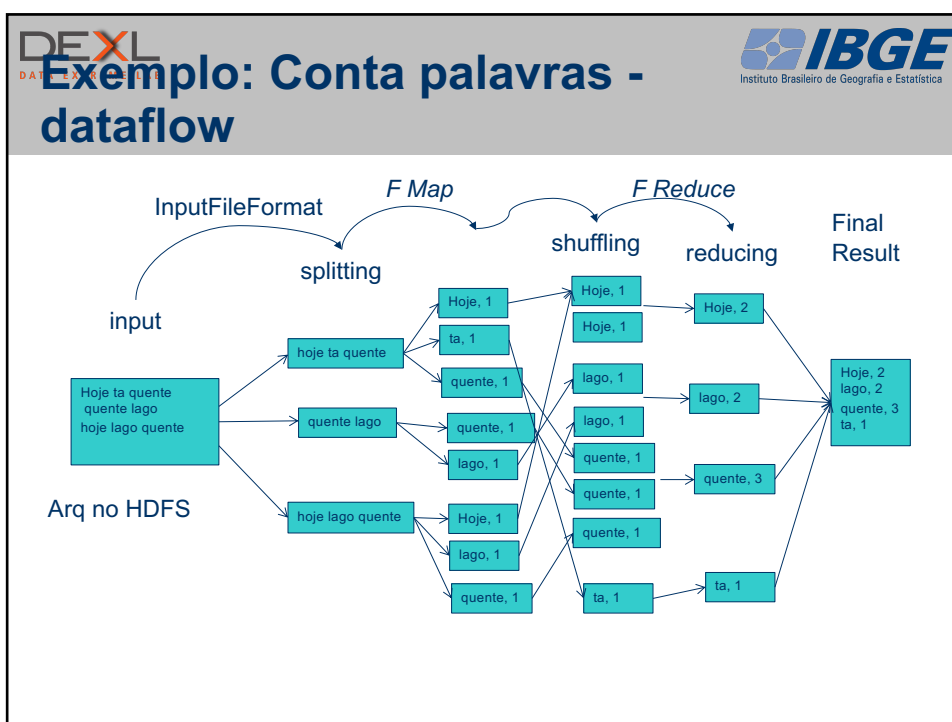
public static class FrequencyReducer extends
    Reducer<Text,IntWritable,Text,IntWritable> {

    private IntWritable result = new IntWritable();

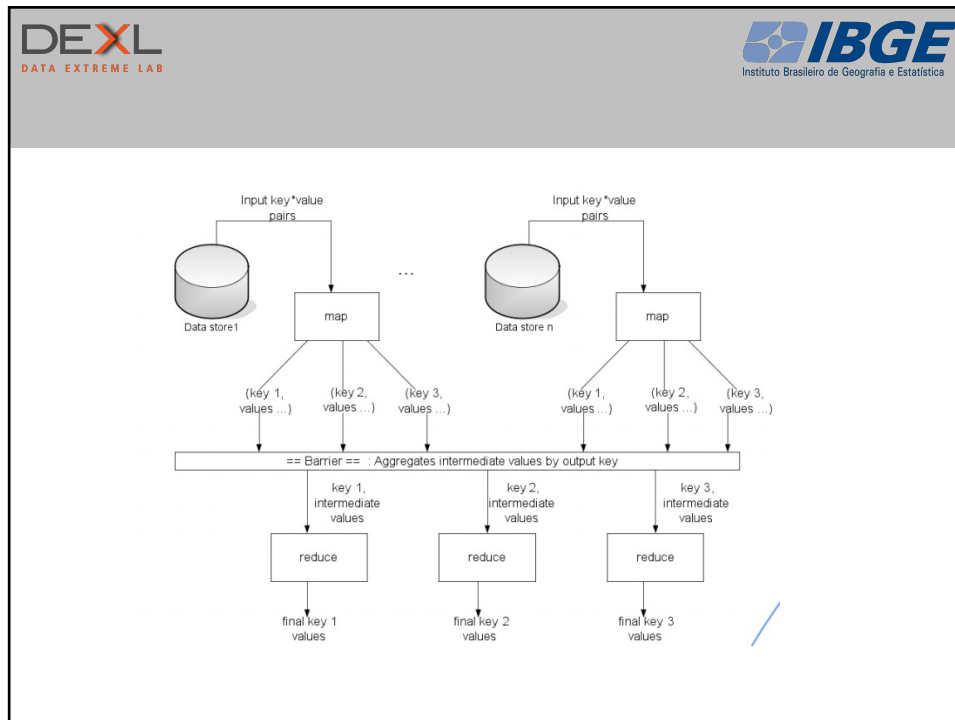
    public void reduce(Text key, Iterable<IntWritable> values, Context context) throws
        IOException, InterruptedException {
        int sum = 0;
        for (IntWritable val : values) {
            sum += val.get();
        }
        result.set(sum);
        context.write(key, result);
    }
}

```


35




36



37





## Restrições do modelo MapReduce para Dataflows





- Poucas funções
  - semântica sobrecarregada:
    - map pode : 1 -1; 1-n;
- Dataflow modelado como vários “jobs” MR
- Dataflow requer gravação de arquivos entre jobs (i.e. entre atividades)
  - ineficiência

38



- Exemplo wordcount()
  - notebook

39



Fim da 2a parte  
Questões ?

40