TRATAMENTO DE ERROS COM EXCEÇÕES

ACH 2003 — COMPUTAÇÃO ORIENTADA A OBJETOS

Daniel Cordeiro

Escola de Artes, Ciências e Humanidades | EACH | USP

```
Exception in thread "main" java.lang.NullPointerException at
  java.io.Writer.write(Writer.java:157) at
  java.io.PrintStream.write(PrintStream.java:462) at
  java.io.PrintStream.print(PrintStream.java:584) at
  java.io.PrintStream.println(PrintStream.java:700) at
  Main.main(Main.java:21)
```

TRATAMENTO DE ERROS

- Filosofia do Java: “Se o código não estiver bem formado, não o execute”
- Qual o melhor momento para detectar um erro?

TRATAMENTO DE ERROS

- Filosofia do Java: “Se o código não estiver bem formado, não o execute”
- Qual o melhor momento para detectar um erro?
- Em tempo de compilação! Mas nem sempre isso é possível
- Como fazer isso em tempo de execução?

TRATAMENTO DE ERROS

- Filosofia do Java: “Se o código não estiver bem formado, não o execute”
- Qual o melhor momento para detectar um erro?
- Em tempo de compilação! Mas nem sempre isso é possível
- Como fazer isso em tempo de execução?
  - Devolução de valor especial que representa erro
  - Alterar uma *flag* para alertar um erro
  - Problema: programadores tendem a se esquecer de verificar por erros (ou se acham invencíveis)

O QUE FAZ ESSE CÓDIGO?

```
FileInputStream fis = new FileInputStream(fileName);
if (fis == null) {
  switch (errno) {
  case _ENOFILE:
    System.err.println("Arquivo não encontrado: " + ...);
    return -1;
  default:
    System.err.println("Alguma outra coisa ruim aconteceu: " + ...);
    return -1;
  }
}
DataInput dataInput = new DataInputStream(fis);
if (dataInput == null) {
  System.err.println("Erro interno detectado.");
  return -1; // errno > 0 definido em new DataInputStream
}
int i = dataInput.readInt();
if (errno > 0) {
  System.err.println("Erro de leitura em arquivo binário");
  return -1;
} // O slide não tem espaço pro código de fechar arquivo. Paciência.
return i;
```

Quantos de vocês já usaram o `errno.h` em C?

- E2BIG Argument list too long (POSIX.1)
- EACCES Permission denied (POSIX.1)
- EADDRINUSE Address already in use (POSIX.1)
- EADDRNOTAVAIL Address not available (POSIX.1)
- EAFNOSUPPORT Address family not supported (POSIX.1)
- EAGAIN Resource temporarily unavailable (may be the same value as EWOULDBLOCK) (POSIX.1)
- EALREADY Connection already in progress (POSIX.1)
- EBADE Invalid exchange
- EBADF Bad file descriptor (POSIX.1)
- EBADFD File
- EBUSY Device or resource busy (POSIX.1)
- ECANCELED Operation canceled (POSIX.1)
- ECHILD No child processes (POSIX.1)
- ECHRNG Channel number out of range
- ECOMM Communication error on send
- ECONNABORTED Connection aborted (POSIX.1)
- ECONNREFUSED Connection refused (POSIX.1)
- ECONNRESET Connection reset (POSIX.1)
- EDEADLK Resource deadlock avoided (POSIX.1)
- EDEADLOCK Synonym for EDEADLK
- EEXIST File exists (POSIX.1)
- EFAULT Bad address (POSIX.1)
- EFBIG File too large (POSIX.1)
- EHOSTDOWN Host is down
- EHOSTUNREACH Host is unreachable (POSIX.1)
- EIDRM Identifier removed (POSIX.1)
- EILSEQ Illegal byte sequence (POSIX.1, C99)
- EINPROGRESS Operation in progress (POSIX.1)
- EINTR Interrupted function call (POSIX.1);
- EINVAL Invalid argument (POSIX.1)
- EIO Input/output error (POSIX.1)
- EISCONN Socket is connected (POSIX.1)
- EMULTIHOP Multihop attempted (POSIX.1)
- ENAMETOOLONG Filename too long (POSIX.1)
- ENETDOWN Network is down (POSIX.1)
- ENETRESET Connection aborted by network (POSIX.1)
- ENETUNREACH Network unreachable (POSIX.1)
- ENODEV No such device (POSIX.1)
- ENOENT No such file or directory (POSIX.1)
- ENOEXEC Exec format error (POSIX.1)
- ENOKEY Required key not available
- ENOLCK No locks available (POSIX.1)
- ENOLINK Link has been severed

$ man errno

NOTES

A common mistake is to do

```
    if (somecall() == -1) {
        printf("somecall() failed\n");
        if (errno == ...) { ... }
    }
```

where errno no longer needs to have the value it had upon return from somecall() (i.e., it may have been changed by the printf(3)). If the value of errno should be preserved across a library call, it must be saved:

```
    if (somecall() == -1) {
        int errsv = errno;
        printf("somecall() failed\n");
        if (errsv == ...) { ... }
    }
```

HÁ UM JEITO MELHOR DE FAZER ISSO: EXCEÇÕES

```
FileInputStream fileInput = null;

try {
    fileInput = new FileInputStream(fileName);
    DataInputStream dataInput = new DataInputStream(fileInput);
    return dataInput.readInt();
} catch (IOException e) {
    System.err.println("Não foi possível ler int do arquivo: " + e);
    return DEFAULT_VALUE;
}
```

O QUE É UMA EXCEÇÃO?

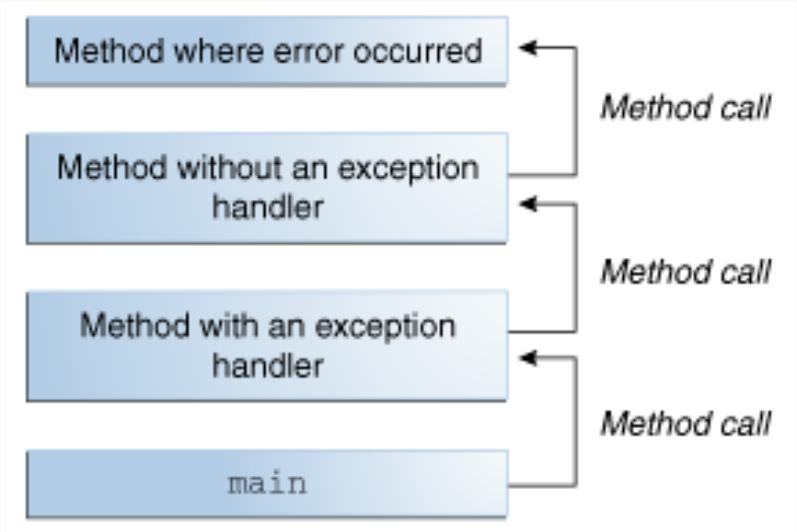
Definição
Uma exceção é um evento que ocorre durante a execução de um programa e que interrompe o seu fluxo normal execução.

- Transforma o erro em um elemento formal da linguagem
- Obriga o tratamento do erro na hora que ele acontece
- Mesmo que você não saiba o que fazer com o erro naquele momento, você para a execução. Alguém, em algum lugar, deve saber o que fazer — *cadeia de comando*
- Exceções permitem escrever todo o código supondo que nada deu errado e tratar os casos de erro separadamente

EXCEÇÃO

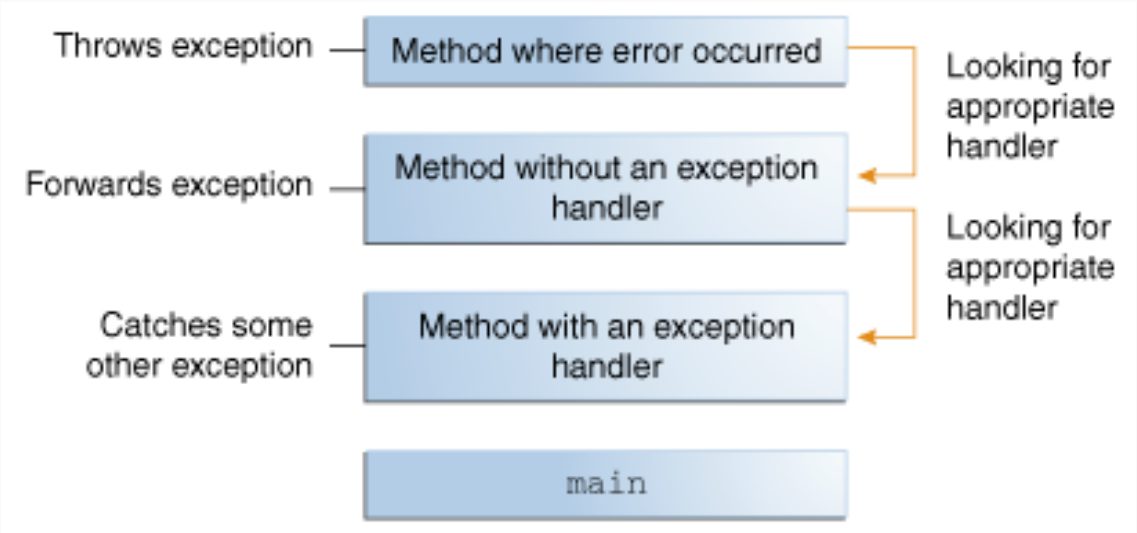
- Um erro é sinalizado pro interpretador pelo código que detectou o erro
- O programa cria um objeto, chamado objeto de exceção (*exception object*), que contém informações sobre o erro:
  - tipo do erro;
  - estado do programa quando o erro aconteceu;
  - etc.
- O ato de criar um objeto de exceção e passá-lo para o sistema de execução é chamado de lançar uma exceção (*throwing an exception*)

- Após o lançamento da exceção, o sistema de execução tenta encontrar “algo” para tratá-la
- A lista dos candidatos a tratadores de exceção é a lista ordenada dos métodos que foram sendo chamados até que o erro ocorreu — a pilha de execução



TRATAMENTO DE EXCEÇÕES

- O sistema de execução procura na pilha de execução pelo código que pode tratar a exceção
- Esse bloco de dados é chamado de tratador de exceção (*exception handler*)
- A busca começa no método que gerou o erro e segue pela pilha de execução em ordem reversa até que o tratador de exceção apropriado (aquele que sabe tratar exceções de um tipo de objeto de exceção) seja encontrado
- Dizemos que o tratador captura a exceção



HÁ UM JEITO MELHOR DE FAZER ISSO: EXCEÇÕES

```
FileInputStream fileInput = null;

try {
    fileInput = new FileInputStream(fileName);
    DataInputStream dataInput = new DataInputStream(fileInput);
    return dataInput.readInt();
} catch (IOException e) {
    System.err.println("Não foi possível ler int do arquivo: " + e);
    return DEFAULT_VALUE;
}
```

CAPTURAR OU ESPECIFICAR

Um código em Java válido precisa honrar o requisito de *Capturar ou Especificar* exceções:

- Ou o método captura a exceção, usando uma expressão `try`
- Ou diz explicitamente que ele pode gerar uma exceção, com a palavra-chave `throws`

TRÊS TIPOS DE EXCEÇÕES

Exceção verificada (*checked exception*) são exceções relacionadas à aplicação que um código bem escrito sabe antecipar e tratar. Ex: `java.io.FileNotFoundException`

Erro indicam situações excepcionais externas às aplicações, que normalmente não são antecipadas e nem podem ser corrigidas. Ex: `java.io.IOError`

Exceção de execução (*runtime exception*) são relacionadas à aplicação, mas que não podem ser tratadas. Normalmente indicam um *bug* ou uso impróprio de uma API. Ex: `java.lang.NullPointerException`

Observação:
Exceções verificadas sempre devem ser capturadas ou especificadas.

TRÊS TIPOS DE EXCEÇÕES

Os tipos de exceções são especificados pelas suas classes pai.

Exceção verificada : `java.lang.Exception`

Erro : `java.lang.Error`

Exceção de execução : `java.lang.RuntimeException`

Observação:
Exceções verificadas sempre devem ser capturadas ou especificadas.

CAPTURA E TRATAMENTO DE EXCEÇÃO

```java
// Nota: Essa classe não compila
import java.io.*; import java.util.List; import java.util.ArrayList;

public class ListOfNumbers {
    private List<Integer> list;
    private static final int SIZE = 10;

    public ListOfNumbers () {
        list = new ArrayList<Integer>(SIZE);
        for (int i = 0; i < SIZE; i++) {
            list.add(new Integer(i));
        }
    }

    public void writeList() {
        // O construtor FileWriter pode lançar uma IOException,
        // que deve ser capturada
        PrintWriter out = new PrintWriter(new FileWriter("OutFile.txt"));

        for (int i = 0; i < SIZE; i++) {
            // get(int) pode lançar uma IndexOutOfBoundsException
            out.println("Valor em: " + i + " = " + list.get(i));
        }
        out.close();
    }
}
```

O BLOCO TRY

```
try {
    // código que pode gerar exceção
}
blocos catch e finally . . .
```

- O primeiro passo para tratar uma exceção é colocar o código que pode gerar a exceção dentro de um bloco `try`
- Você pode colocar um `try` para cada linha de código que pode gerar uma exceção e escrever o tratador de exceção para cada um deles
- Ou você pode colocar várias linhas em um único `try` e associar múltiplos tratadores

O BLOCO TRY

```
private List<Integer> list;
private static final int SIZE = 10;

public void writeList() {
    PrintWriter out = null;
    try {
        System.out.println("Entrou no bloco try");
        out = new PrintWriter(new FileWriter("OutFile.txt"));
        for (int i = 0; i < SIZE; i++) {
            out.println("Valor em: " + i + " = " + list.get(i));
        }
    }
    blocos catch e finally  . . .
}
```

OS BLOCOS CATCH

```
try {
  // código que pode gerar vários tipos de exceções
} catch (TipoDaExceção nome) {
  // código que trata o primeiro tipo de exceção
} catch (TipoDaExceção nome) {
  // código que trata o outro tipo de exceção
}
```

- O bloco `catch` implementa o código de tratamento da exceção
- `TipoDaExceção` (qualquer subclasse de `Throwable`) declara o tipo de exceção que aquele bloco sabe tratar
- O tratador tem acesso ao objeto de exceção pela variável `nome`

OS BLOCOS CATCH

```
try {
    // método writeList() do exemplo anterior
} catch (IndexOutOfBoundsException e) {
    System.err.println("IndexOutOfBoundsException: "
        + e.getMessage());
} catch (IOException e) {
    System.err.println("Capturou um IOException: "
        + e.getMessage());
}
```

OBSERVAÇÃO SOBRE CATCH

Em Java ≥ 7, se você tiver um único tratador para vários tipos de exceções, você pode listar os múltiplos tipos de exceções separados por "|" para reduzir código duplicado.

```
catch (IOException|SQLException ex) {
    logger.log(ex);
    throw ex;
}
```

O BLOCO FINALLY

- Um bloco `finally` sempre é executado depois que o bloco `try` termina
- Ele serve pra garantir que o código seja executado mesmo que uma exceção inesperada ocorra
- `finally` pode ser usado em outras situações, para garantir que o programador não se esqueça de executar "código de limpeza" após um `return`, `continue` ou `break`

FINALLY E O EXEMPLO

- O exemplo abre um arquivo usando a classe `PrintWriter`
- O programa deve sempre fechar o arquivo antes de sair do método `writeList`
- Porém o método pode terminar de três modos diferentes:
  1. se o `new FileWriter` lançar uma `IOException`
  2. se `list.get(i)` falhar e lançar um `IndexOutOfBoundsException`
  3. ou se tudo funcionar e o bloco `try` terminar normalmente

```
try {
    // método writeList() do exemplo anterior
} catch (IndexOutOfBoundsException e) {
    System.err.println("IndexOutOfBoundsException: "
        + e.getMessage());
} catch (IOException e) {
    System.err.println("Capturou um IOException: "
        + e.getMessage());
}
```

FINALLY E O EXEMPLO

- O exemplo abre um arquivo usando a classe `PrintWriter`
- O programa deve sempre fechar o arquivo antes de sair do método `writeList`
- Porém o método pode terminar de três modos diferentes:
  1. se o `new FileWriter` lançar uma `IOException`
  2. se `list.get(i)` falhar e lançar um `IndexOutOfBoundsException`
  3. ou se tudo funcionar e o bloco `try` terminar normalmente

Solução:

```
finally {
    if (out != null) {
        System.out.println("Fechando PrintWriter");
        out.close();
    } else {
        System.out.println("PrintWriter não foi aberto");
    }
}
```

TRY-COM-RECURSOS

- Expressões do tipo *try-com-recursos* são usadas para declarar recursos que devem ser fechados depois de serem usados
- A expressão garante que todos os recursos serão fechados após serem utilizados
- Qualquer objeto que implemente a interface `java.lang.AutoCloseable` pode ser usado como recurso

Se Java ≥ 7:

```
static String readFirstLineFromFile(String path)
                                        throws IOException {
    try (BufferedReader br =
            new BufferedReader(new FileReader(path))) {
        return br.readLine();
    }
}
```

TRY-COM-RECURSOS

- Expressões do tipo *try-com-recursos* são usadas para declarar recursos que devem ser fechados depois de serem usados
- A expressão garante que todos os recursos serão fechados após serem utilizados
- Qualquer objeto que implemente a interface `java.lang.AutoCloseable` pode ser usado como recurso

Se Java < 7:

```
static String rflffWithFinallyBlock(String path)
                                        throws IOException {
    BufferedReader br = new BufferedReader(
                            new FileReader(path));
    try { return br.readLine(); }
    finally {
        if (br != null) br.close();
    }
}
```

O QUE É EXECUTADO SE OCORRER UMA EXCEÇÃO?

```
public void writeList() {
    PrintWriter out = null;

    try {
        System.out.println("Entrou no bloco try");

        out = new PrintWriter(new FileWriter("OutFile.txt"));
        for (int i = 0; i < SIZE; i++) {
            out.println("Valor em: " + i + " = " + list.get(i));
        }
    } catch (IndexOutOfBoundsException e) {
        System.err.println("Capturou um IndexOutOfBoundsException: "
                           +  e.getMessage());
    } catch (IOException e) {
        System.err.println("Capturou um IOException: " +  e.getMessage());

    } finally {
        if (out != null) {
            System.out.println("Fechando PrintWriter");
            out.close();
        }
        else { System.out.println("PrintWriter não estava aberto"); }
    }
}
```

COMO INDICAR QUE UM MÉTODO PODE LANÇAR EXCEÇÃO?

- No exemplo anterior nós sabíamos como tratar as possíveis exceções
- Mas em alguns casos é melhor deixar um outro método na pilha de execução trata a exceção
- A assinatura de um método pode indicar quais são as exceções que devem ser verificadas pelos outros métodos que o chamarem

No exemplo faríamos[1]:

```
public void writeList() throws IOException,
                                IndexOutOfBoundsException
{
    // código do método sem o bloco try
}
```

[1] `IndexOutOfBoundsException` não é uma exceção verificada e pode ser omitida da declaração do método.

COMO LANÇAR EXCEÇÕES?

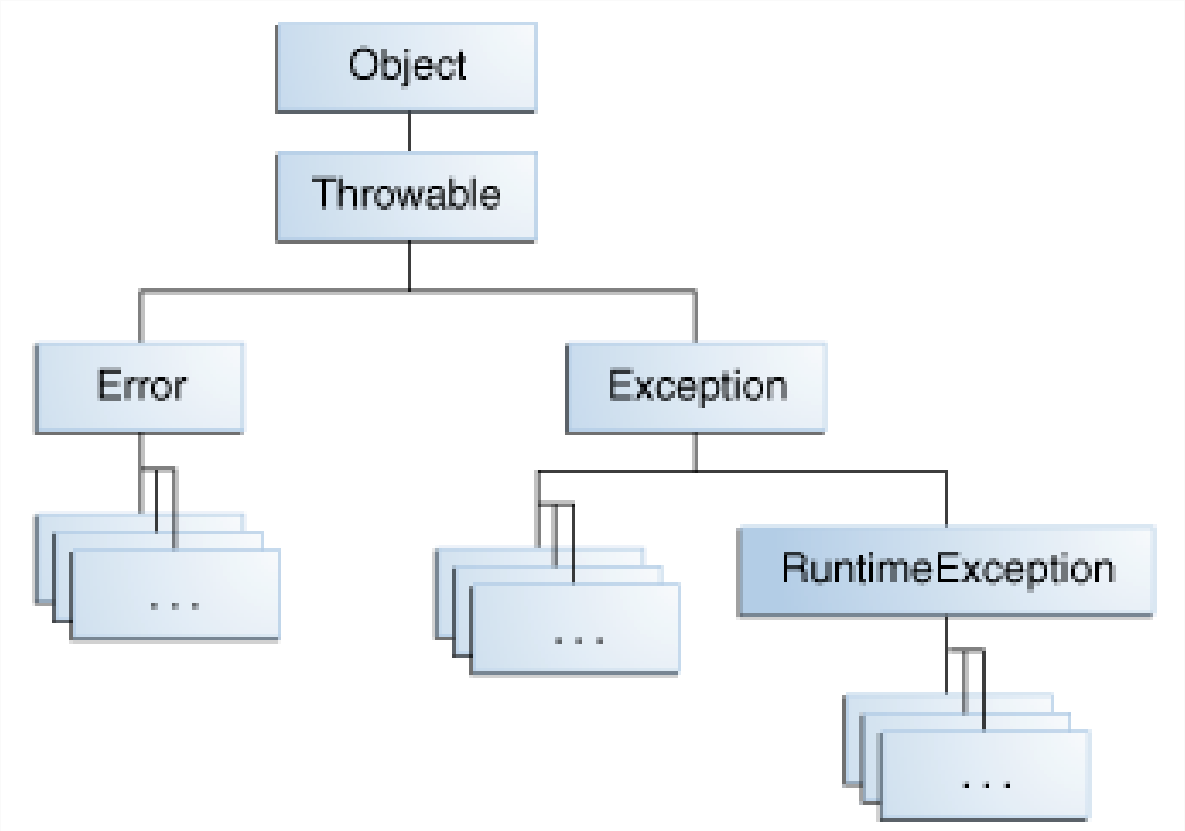
- Antes de poder tratar uma exceção, você precisa poder criar e lançar a exceção
- Um objeto de exceção é lançado com a expressão `throw`
- Você pode criar seus próprios tipos de exceção, criando subclasses de `Throwable`

```
public Object pop() throws EmptyStackException {
    Object obj;

    if (size == 0) {
        throw new EmptyStackException();
    }

    obj = objectAt(size - 1);
    setObjectAt(size - 1, null);
    size--;
    return obj;
}
```

A CLASSE THROWABLE E SUAS SUBCLASSES



- Programas capturam subclasses de `Exception`; elas indicam que um problema ocorreu, mas que ele não é muito sério (maioria das exceções de Java)
- Já um `Error` indica um problema sério que uma aplicação não deveria tentar capturar

EXCEÇÕES ENCADEADAS

- É comum que o tratamento de uma exceção seja o lançamento de uma nova exceção
- A primeira exceção *causa* a segunda
- Para saber qual a causa de uma exceção, Java permite encadear as exceções com a ajuda dos seguintes métodos:

```
Throwable getCause()
Throwable initCause(Throwable)
Throwable(String, Throwable)
Throwable(Throwable)
```

Exemplo:

```
try {
  // ...
} catch (IOException e) {
    throw new SampleException("Outra IOException", e);
}
```

CRIAÇÃO DE NOVOS TIPOS DE EXCEÇÕES

- Quando decidir que seu código deve lançar uma exceção, você pode lançar uma das exceções definidas pela plataforma Java ou criar uma nova
- Você deveria criar uma nova se responder “sim” a alguma dessas perguntas:
  - eu preciso de um tipo de exceção que não é representada pelas exceções de Java?
  - meus usuários gostariam de poder diferenciar as suas exceções das exceções dos outros?
  - o seu código lança 2 ou mais exceções relacionadas?
  - se você usar as exceções criadas por outra pessoa, seus usuários terão acesso a elas? Equivalente a: meu pacote deve ser independente e autocontido?

Vantagens do uso de exceções

1: separar o tratamento de erro do resto do código

```
lêArquivo
    abre o arquivo;
    calcula seu tamanho;
    aloca memória suficiente pro arquivo;
    copia o conteúdo do arquivo na memória;
    fecha o arquivo;
```

1: separar o tratamento de erro do resto do código

O que acontece:

- se o arquivo não puder ser aberto?
- se o tamanho do arquivo não puder ser determinado?
- se não houver memória suficiente disponível?
- se ocorrer um erro na leitura?
- se o arquivo não puder ser fechado?

1: SEPARAR O TRATAMENTO DE ERRO DO RESTO DO CÓDIGO

```
errorCodeType lêArquivo {
    initialize errorCode = 0;
    abre o arquivo;
    if (theFileIsOpen) {
        calcula o tamanho do arquivo;
        if (gotTheFileLength) {
            aloca memória suficiente pro arquivo;
            if (gotEnoughMemory) {
                copia o conteúdo do arquivo na memória;
                if (readFailed) {
                    errorCode = -1;
                }
            } else {
                errorCode = -2;
            }
        } else {
            errorCode = -3;
        }
        fecha o arquivo;
        if (theFileDidntClose && errorCode == 0) {
            errorCode = -4;
        } else { errorCode = errorCode and -4;
        }
    } else { errorCode = -5; }
    return errorCode;
}
```

1: SEPARAR O TRATAMENTO DE ERRO DO RESTO DO CÓDIGO

```
lêArquivo {
    try {
       abre o arquivo;
       calcula seu tamanho;
       aloca memória suficiente pro arquivo;
       copia o conteúdo do arquivo na memória;
       fecha o arquivo;
    } catch (aberturaArquivoFalhou) {
       façaAlgo;
    } catch (calcularTamanhoFalhou) {
       façaAlgo;
    } catch (alocarMemóriaFalhou) {
       façaAlgo;
    } catch (leituraFalhou) {
       façaAlgo;
    } catch (fechamentoFalhou) {
       façaAlgo;
    }
}
```

2: PROPAGAÇÃO DE ERROS PELA PILHA DE EXECUÇÃO

Suponha o exemplo:

```
método1 {
    chama método2;
}

método2 {
    chama método3;
}

método3 {
    chama lêArquivo;
}
```

2: PROPAGAÇÃO DE ERROS PELA PILHA DE EXECUÇÃO

Suponha que o método1 seja o único interessado nos erros de lêArquivo

```
método1 {
    TipoDoCódigoErro erro;
    erro = chama método2;
    if (erro)
        tratamentoDoErro;
    else
        prossiga;
}
```

```
TipoDoCódigoErro método2 {
    TipoDoCódigoErro erro;
    erro = chama método3;
    if (erro)
        return erro;
    else
        prossiga;
}
TipoDoCódigoErro método3 {
    TipoDoCódigoErro erro;
    erro = chama lêArquivo;
    if (erro)
        return erro;
    else
        prossiga;
}
```

2: PROPAGAÇÃO DE ERROS PELA PILHA DE EXECUÇÃO

Em Java:

```
método1 {
    try {
        chama método2;
    } catch (exception e) {
        tratamentoDoErro;
    }
}

método2 throws exception {
    chama método3;
}

método3 throws exception {
    chama lêArquivo;
}
```

3: AGRUPAMENTO E DIFERENCIAÇÃO DE TIPOS DE ERROS

- Exceções são objetos. Categorização dos erros é uma consequência natural da hierarquia de classes
- Um bom exemplo é o `java.io.IOException` e seus descendentes
- Se eu quero tratar um erro específico, eu posso fazer:

```
catch (FileNotFoundException e) {
    ...
}
```

- Mas se eu quiser capturar todos os erros de E/S, independentemente do tipo, e tratá-los do mesmo jeito:

```
catch (IOException e) {
    // A saída vai para System.err.
    e.printStackTrace();
    // Envia a saída para stdout.
    e.printStackTrace(System.out);
}
```

```
Exception in thread "main" java.lang.NullPointerException at
  java.io.Writer.write(Writer.java:157) at
  java.io.PrintStream.write(PrintStream.java:462) at
  java.io.PrintStream.print(PrintStream.java:584) at
  java.io.PrintStream.println(PrintStream.java:700) at
  Main.main(Main.java:21)
```

BIBLIOGRAFIA

- The Java™ Tutorials – Exceptions: `http://docs.oracle.com/javase/tutorial/essential/exceptions/`