

Linguagens de Programação

Prof. Miguel Elias Mitre Campista

`http://www.gta.ufrj.br/~miguel`

Parte II

Introdução à Programação em C++
(Continuação)

Relembrando da Última Aula...

- Entrada e saída
- Mais exemplos de programação orientada a objetos...

Tratamento de Exceção

- Exceções
 - Indicam problemas ocorridos no programa
 - Ocorrências nem sempre esperadas que não deveriam acontecer
 - Representam comportamento que não é comum
 - Uma "exceção" em um programa que normalmente funciona

Tratamento de Exceção

- Tratamento de exceção
 - Programas que resolvem exceções
 - Continuam a sua execução mesmo em face de um erro
 - Programas que são capazes de continuar execução
 - Término controlado
 - Problemas mais severos podem impedir que um programa continue a sua execução
 - Programas que toleram falhas
 - Ex.: Lidar com um programa que divida por zero

Tratamento de Exceção

- Considere o pseudocódigo:

Realize uma tarefa

Se a tarefa precedente não executou corretamente

Realize processamento de erro

Realize a próxima tarefa

Se a tarefa precedente não executou corretamente

Realize processamento de erro

Tratamento de Exceção

- Considere o pseudocódigo:

Realize uma tarefa

Se a tarefa precedente não executou corretamente

Realize processamento de erro

Realize a próxima tarefa

Se a tarefa precedente não executou corretamente

Realize processamento de erro

Mistura de lógica e tratamento de erro pode tornar o programa difícil de ler/depurar

Tratamento de Exceção

- Tratamento de exceção remove correção de erro da “linha principal” do programa
 - Torna o programa mais claro e melhora a manutenção
 - Programadores podem decidir se tratam:
 - Todas as exceções
 - Exceções de um tipo específico
 - Exceções de tipos relacionados
 - Objetos de classes específicas tratam os erros
 - Possibilidade do uso de **herança e polimorfismo**

Tratamento de Exceção

- Só pode tratar erros síncronos:
 - Aqueles que seguem a "linha de execução" do programa
 - Exs.: divisão por zero, ponteiro nulo
 - Não pode tratar erros assíncronos (independente do programa)
 - Ex.: I/O de disco, mouse, teclado, mensagens de rede que ocorrem em paralelo e de maneira independente do fluxo de controle do programa em execução
 - Erros mais fáceis de tratar

Tratamento de Exceção

- Terminologia
 - Função que tem erros dispara uma exceção (*throws an exception*)
 - Tratamento de exceção (se existir) pode lidar com problema
 - Pega (*catches*) e trata (*handles*) a exceção
 - Se não houver tratamento de exceção, exceção não é pega
 - Pode terminar o programa (*uncaught*)

Tratamento de Exceção

- Código C++

```
try {  
    código que pode provocar uma exceção  
}  
catch (exceptionType) {  
    código para tratar a exceção  
}
```

- Bloco `try` possui código que pode provocar exceção
- Um ou mais blocos `catch` devem ser escritos imediatamente após o bloco `try` correspondente

Bloco catch

- Exceção é tratada em um bloco catch apropriado
 - Blocos catch definem exatamente o tipo de exceção tratada
 - Pode ser o tipo exato ou uma classe base da exceção disparada
- Parâmetro de recebimento do bloco catch
 - Se nomeado, pode acessar objeto de exceção
- Cada bloco catch trata apenas um tipo de exceção
 - Colocar mais de um tipo separado por vírgulas é erro de sintaxe

Bloco catch

- Entre outras funções, ele pode:
 - Reportar a exceção ao usuário
 - Registrar a exceção em um arquivo
 - Terminar o programa corretamente
 - Ou tentar uma estratégia alternativa para lidar com a tarefa que falhou

Tratamento de Exceção

- *Throw point*
 - Local no bloco `try` onde a exceção ocorre
 - Se a exceção for tratada
 - Programa pula o restante do bloco `try`
 - Executa o bloco `catch` correspondente
 - Reinicia depois do bloco `catch`
 - Variáveis locais ao bloco `catch` saem do escopo

Execução do programa não retorna ao ponto onde a exceção foi disparada!

Tratamento de Exceção

- *Throw point*
 - Se a exceção for disparada mas não for tratada por nenhum bloco `catch`
 - Ou se a exceção for disparada em uma sentença que não está em um bloco
 - Função termina imediatamente e o programa tenta encontrar o bloco `try` na função chamadora
- Se não houver exceção
 - Programa termina o bloco `try` e continua a execução após pular todos os blocos `catch`'s
 - Não implica queda de desempenho

Outras Técnicas para Tratamento de Erros

- Ignorar exceção
 - Típico para software pessoal (não comercial)
 - Programa pode falhar
- Abortar programa
 - Frequentemente apropriado
 - Não é apropriado para software de missão crítica
- Teste para condição de erro
 - Chamar função `exit` (`<cstdlib>`) e passar código de erro

Exemplo Simples de Tratamento de Exceção: Divisão por Zero

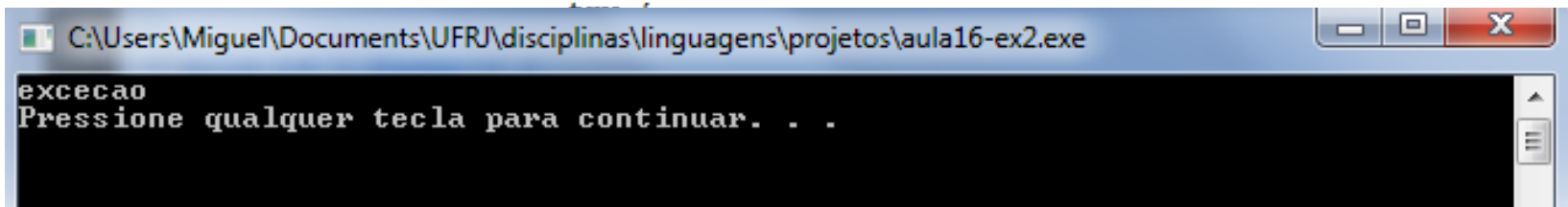
- Palavra-chave: **throw**
 - Dispara uma exceção
 - Usada quando ocorre erro
 - Pode disparar objeto de exceção, inteiro etc.
 - **throw myObject;**
 - **throw 5;**
- Objetos de exceção
 - Classe base exceção (`<exception>`)
 - Construtor pode receber uma string (para descrever a exceção)
 - Função membro **what ()** retorna essa string

Tratamento de Exceção em C++

```
/*  
 * Aula 16 - Exemplo 1  
 * Arquivo Principal  
 * Autor: Miguel Campista  
 */  
#include <iostream>  
#include <string>  
#include <exception>  
  
using namespace std;  
  
int main() {  
    string n = "excecao";  
    try {  
        throw n;  
    }  
  
    catch (string e) {  
        cout << e << endl;  
    }  
  
    return 0;  
}
```

Tratamento de Exceção em C++

```
/*  
 * Aula 16 - Exemplo 1  
 * Arquivo Principal  
 * Autor: Miguel Campista  
 */  
#include <iostream>  
#include <string>  
#include <exception>  
  
using namespace std;  
  
int main() {  
    string n = "excecao";  
    throw n;  
}
```



```
}  
  
return 0;  
}
```

Exemplo Simples de Tratamento de Exceção: Divisão por Zero

- Tratamento de erros por divisão por zero
 - Define nova classe de exceção
 - `DivideByZeroException`
 - Herdada da classe `exception`
 - Na função de divisão
 - Testar denominador
 - Se zero, dispara uma exceção (`throw object`)
 - No bloco `try`
 - Tentativa de dividir
 - Possui associado o bloco `catch`
 - Pega objetos `DivideByZeroException`

Primeiro Exemplo Usando Tratamento de Exceção em C++

Possibilidade 1

```
/*  
 * Aula 16 - Exemplo 1  
 * Programa erroCap16Ex1.h  
 * Autor: Miguel Campista  
 */  
#include <iostream>  
#include <exception>  
  
using namespace std;  
//using std::exception;  
  
// Objetos DivideByZeroException devem ser disparados por funções  
// assim que detectada a exceção de divisão por zero  
class DivideByZeroException : public exception {  
public:  
    // construtor especifica mensagem padrão de erro  
    DivideByZeroException():DivideByZeroException()  
    : exception () {}  
    virtual const char* what() const throw() {  
        return "attempted to divide by zero";  
    }  
};
```

Primeiro Exemplo Usando Tratamento de Exceção em C++

Possibilidade 2

```
/*
 * Aula 16 - Exemplo 1
 * Programa erroCap16Ex1.h
 * Autor: Miguel Campista
 */
#include <iostream>
#include <stdexcept>

using namespace std;
//using std::exception;

// Objetos DivideByZeroException devem ser disparados por funções
// assim que detectada a exceção de divisão por zero
class DivideByZeroException : public runtime_error {
public:
    // construtor especifica mensagem padrão de erro
    DivideByZeroException::DivideByZeroException()
        : runtime_error ( "attempted to divide by zero" ) {}
};
```

Primeiro Exemplo Usando Tratamento de Exceção em C++

```
/*  
 * Aula 16 - Exemplo 1  
 * Programa Principal  
 * Autor: Miguel Campista  
 */  
#include "erroCap16Ex1.h"  
  
// realiza divisão e dispara objeto DivideByZeroException object se  
// uma exceção de divisão por zero ocorrer  
double quotient( int numerator, int denominator ) {  
    // dispara DivideByZeroException se tentar dividir por zero  
    if ( denominator == 0 )  
        throw DivideByZeroException(); // termina a função  
  
    // retorna resultado da divisão  
    return static_cast< double >( numerator ) / denominator;  
}
```

Primeiro Exemplo Usando Tratamento de Exceção em C++

```
int main() {
    int number1;    // numerador definido pelo usuário
    int number2;    // denominador definido pelo usuário
    double result;  // resultado da divisão

    cout << "Enter two integers (end-of-file to end): ";

    // solicita ao usuário entrar com dois números
    while ( cin >> number1 >> number2 ) {

        // bloco try contém código que pode disparar exceção
        // e código que deve não executar se a exceção ocorrer
        try {
            result = quotient( number1, number2 );
            cout << "The quotient is: " << result << endl;
        }

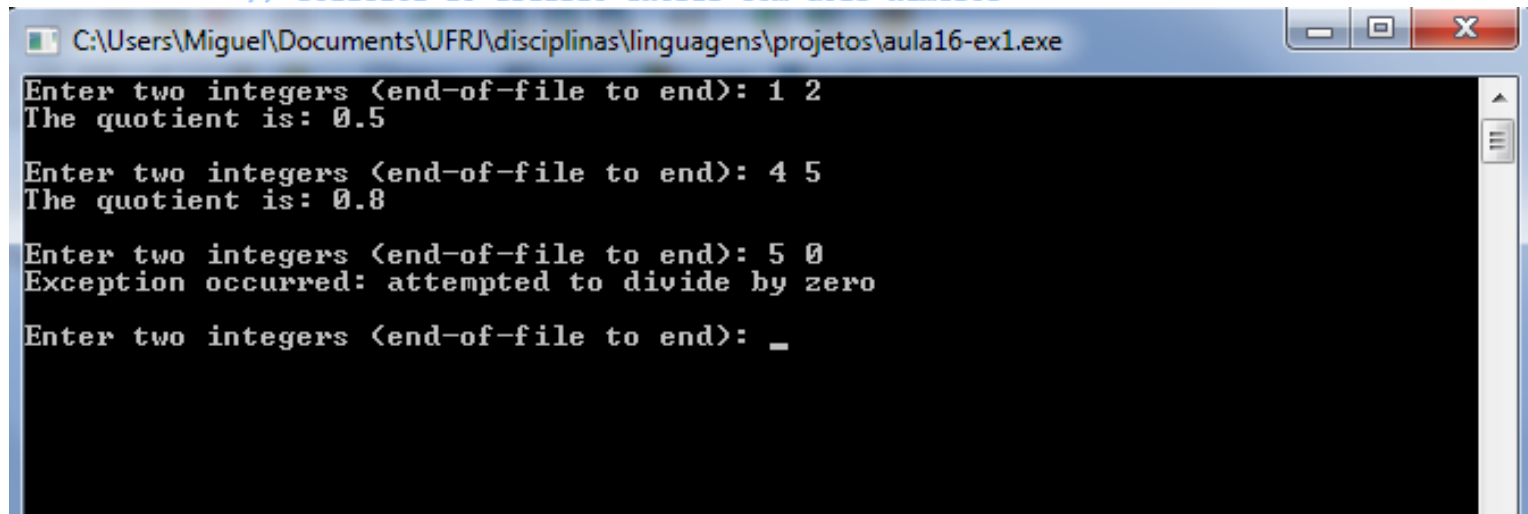
        // tratador de exceção trata uma exceção de divisão por zero
        catch ( DivideByZeroException &divideByZeroException ) {
            cout << "Exception occurred: "
                 << divideByZeroException.what() << endl;
        }

        cout << "\nEnter two integers (end-of-file to end): ";
    }
    cout << endl;

    return 0;
}
```


Primeiro Exemplo Usando Tratamento de Exceção em C++

```
int main() {  
    int number1;    // numerador definido pelo usuário  
    int number2;    // denominador definido pelo usuário  
    double result; // resultado da divisão  
  
    cout << "Enter two integers (end-of-file to end): ";  
  
    // solicita ao usuário entrar com dois números
```



```
C:\Users\Miguel\Documents\UFRJ\disciplinas\linguagens\projetos\aula16-ex1.exe  
Enter two integers (end-of-file to end): 1 2  
The quotient is: 0.5  
  
Enter two integers (end-of-file to end): 4 5  
The quotient is: 0.8  
  
Enter two integers (end-of-file to end): 5 0  
Exception occurred: attempted to divide by zero  
  
Enter two integers (end-of-file to end): _
```

```
        cout << "\nEnter two integers (end-of-file to end): ";  
    }  
    cout << endl;  
  
    return 0;  
}
```

Redisparo de uma Exceção (Rethrow exception)

- Usado quando um tratador de exceção não pode processar a exceção ou quando pode somente processá-la parcialmente
 - Nesses casos, o tratador da exceção pode adiar o tratamento
 - Pode redisparar mesmo após o tratador ter feito algum processamento
 - Pode redisparar uma exceção para um outro tratador
 - Vai para o próximo bloco `try`
 - Blocos `catch` correspondentes tentam tratar

Redisparo de uma Exceção (Rethrow exception)

- Para redisparar
 - Usado com o sentença `throw;`
 - Sem argumentos
 - Termina uma função

Segundo Exemplo Usando Tratamento de Exceção em C++

```
/*
 * Aula 16 - Exemplo 2
 * Arquivo Principal
 * Autor: Miguel Campista
 */
#include <iostream>
#include <exception>

using namespace std;

// dispara, trata e redispara a exceção
void throwException() {
    // dispara exceção e a pega imediatamente
    try {
        cout << "Function throwException throws an exception\n";
        throw exception(); // gera uma exceção
    }

    // trata exceção
    catch ( exception &caughtException ) {
        cout << " Exception handled in function throwException"
             << "\n Function throwException rethrows exception";

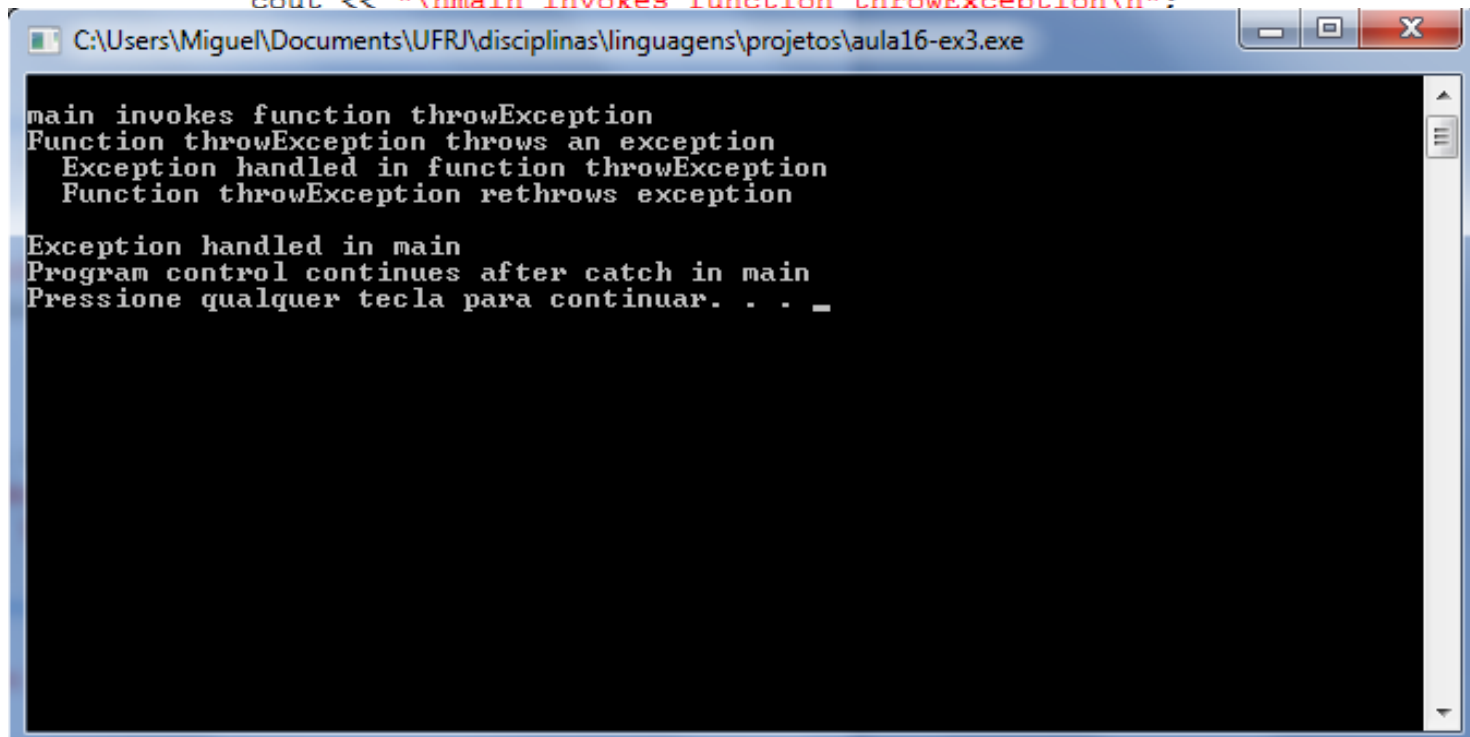
        throw; // redispara a exceção para processamento posterior
    }
    cout << "This also should not print\n";
}
```

Segundo Exemplo Usando Tratamento de Exceção em C++

```
int main() {  
    // dispara exceção  
    try {  
        cout << "\nmain invokes function throwException\n";  
        throwException();  
        cout << "This should not print\n";  
    }  
  
    // trata exceção  
    catch ( exception &caughtException ) {  
        cout << "\n\nException handled in main\n";  
    }  
  
    cout << "Program control continues after catch in main\n";  
  
    return 0;  
}
```

Segundo Exemplo Usando Tratamento de Exceção em C++

```
int main() {  
    // dispara exceção  
    try {  
        cout << "\nmain invokes function throwException\n":
```



```
main invokes function throwException  
Function throwException throws an exception  
Exception handled in function throwException  
Function throwException rethrows exception  
  
Exception handled in main  
Program control continues after catch in main  
Pressione qualquer tecla para continuar. . . _
```

Segundo Exemplo Usando Tratamento de Exceção em C++

- O **redisparo** fez com que...
 - A função `throwException` não continue a sua execução após o `catch`
 - Se não houvesse **redisparo** a execução da função continuaria
 - O bloco `try` da função principal não continue a sua execução após a chamada da função `throwException`
 - Se não houvesse **redisparo** a execução da função continuaria
 - O `catch` da função principal fosse invocado
 - Se não houvesse **redisparo** a execução da função continuaria

Especificação de Exceções

- Tipo de exceção disparada por uma função pode ser limitada
 - Adição de sufixo no protótipo da função

```
float myfunction (char) throw (int);
```

- Se myfunction disparar outro tipo de exceção, essa não é tratada pelo catch de inteiro correspondente
 - Compilador permite disparos de tipos diferentes do definido, entretanto erros podem ocorrer em execução

```
// Exceções não são permitidas  
float myfunction (char) throw ();  
// Todas as exceções são permitidas  
float myfunction (char);
```


Especificação de Exceções

- Lista de exceções que podem ser disparadas
 - Também chamada de "lista de disparo" (*throw list*)

```
int someFunction( double value )  
    throw ( ExceptionA, ExceptionB, ExceptionC ) {  
    // corpo da função  
}
```
 - Pode somente disparar `ExceptionA`, `ExceptionB` e `ExceptionC` (e classes derivadas)
 - Se dispara outro tipo, função `unexpected` é chamada
 - Por padrão, essa função termina o programa

Processamento de Exceções Unexpected

- Função `unexpected`
 - Chamada quando a exceção disparada não se encontra na *throw list*
 - Chama função registrada com `set_unexpected`
 - Definida em `<exception>`
 - Caso nenhuma função tenha sido registrada, função `terminate` é chamada por padrão
 - `set_terminate`
 - Define qual função `terminate` é chamada
 - Por padrão, chama `abort`
 - Se redefinido, ainda chama `abort` depois da nova função terminar

Processamento de Exceções Unexpected

- Argumentos para as funções de definição:
`set_unexpected` e `set_terminate`
 - Recebe ponteiro para função
 - Função não deve receber argumentos
 - Retorna `void`

Segundo Exemplo Usando Tratamento de Exceção em C++

```
/*
 * Aula 16 - Exemplo 2.1
 * Arquivo Principal
 * Autor: Miguel Campista
 */
#include <iostream>
#include <exception>

using namespace std;

void myunexpected () {
    cerr << "unexpected called\n";
    throw 0;    // dispara int (na especificação de exceção)
}

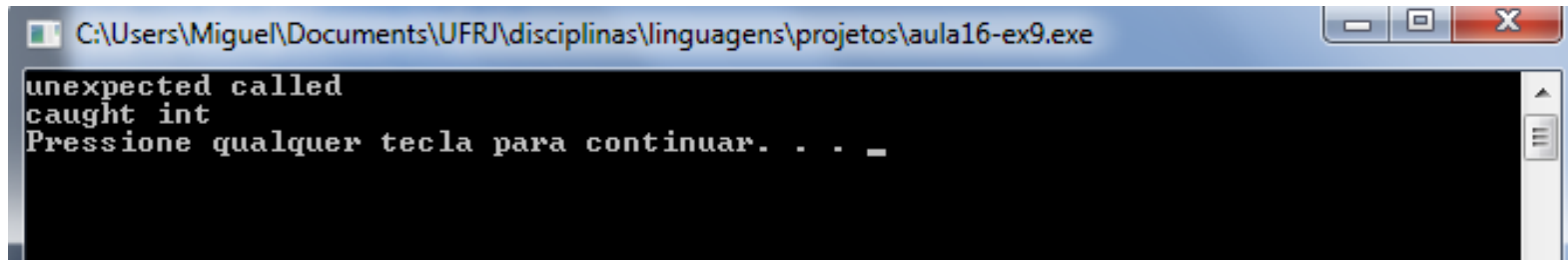
void myfunction () throw (int) {
    throw 'x';    // dispara char (não na especificação de exceção)
}

int main () {
    set_unexpected (myunexpected);
    try {
        myfunction();
    }
    catch (int) { cerr << "caught int\n"; }

    return 0;
}
```

Segundo Exemplo Usando Tratamento de Exceção em C++

```
/*  
 * Aula 16 - Exemplo 2.1  
 * Arquivo Principal  
 * Autor: Miguel Campista  
 */  
#include <iostream>  
#include <exception>  
  
using namespace std;
```



```
C:\Users\Miguel\Documents\UFRJ\disciplinas\linguagens\projetos\aula16-ex9.exe  
unexpected called  
caught int  
Pressione qualquer tecla para continuar. . . _
```

```
}  
  
int main () {  
    set_unexpected (myunexpected);  
    try {  
        myfunction();  
    }  
    catch (int) { cerr << "caught int\n"; }  
  
    return 0;  
}
```

Segundo Exemplo Usando Tratamento de Exceção em C++

```
/*
 * Aula 16 - Exemplo 2.1
 * Arquivo Principal
 * Autor: Miguel Campista
 */
#include <iostream>
#include <exception>

using namespace std;

void myunexpected () {
    cerr << "unexpected called\n";
    throw 0;    // dispara int (na especificação de exceção)
}

void myfunction () throw (int) {
    throw 'x';  // dispara char (não na especificação de exceção)
}

int main () {
```

E se inserirmos o tipo char na *throw list*?

```
    myfunction();
}
catch (int) { cerr << "caught int\n"; }

return 0;
}
```

Segundo Exemplo Usando Tratamento de Exceção em C++

```
/*
 * Aula 16 - Exemplo 2.1
 * Arquivo Principal
 * Autor: Miguel Campista
 */
#include <iostream>
#include <exception>

using namespace std;

void myunexpected () {
    cerr << "unexpected called\n";
    throw 0;    // dispara int (na especificação de exceção)
}

void myfunction () throw (int, char) {
    throw 'x'; // dispara char (na especificação de exceção)
}
```

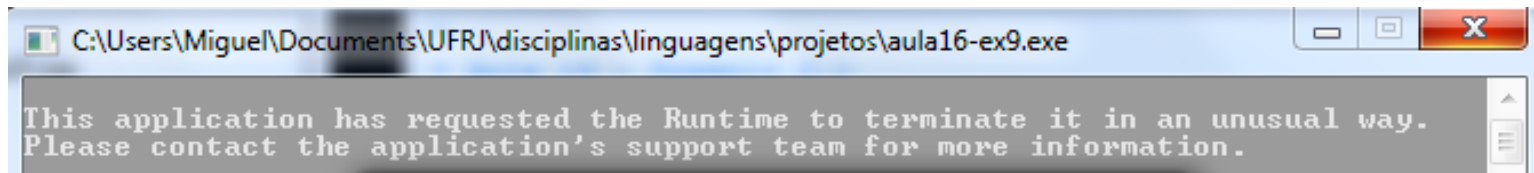
Funciona?

```
    myfunction();
}
catch (int) { cerr << "caught int\n"; }

return 0;
}
```

Segundo Exemplo Usando Tratamento de Exceção em C++

```
/*  
 * Aula 16 - Exemplo 2.1  
 * Arquivo Principal  
 * Autor: Miguel Campista  
 */  
#include <iostream>  
#include <exception>
```



```
}  
  
void myfunction () throw (int, char) {  
    throw 'x'; // dispara char (não na especificação de exceção)  
}
```

Por que não?

```
        myfunction();  
    }  
    catch (int) { cerr << "caught int\n"; }  
  
    return 0;  
}
```

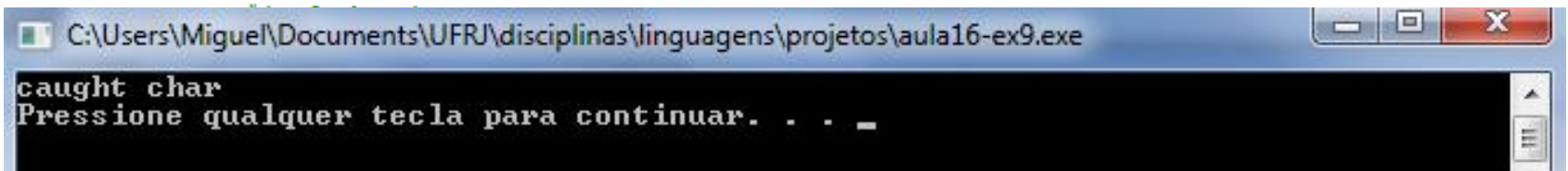

Segundo Exemplo Usando Tratamento de Exceção em C++

Faltava definir o bloco catch correspondente?

```
/*  
 * Aula 16 - Exemplo 2.1  
 */  
  
#include <iostream>  
#include <exception>  
  
using namespace std;  
  
void myunexpected () {  
    cerr << "unexpected called\n";  
    throw 0;    // dispara int (na especificação de exceção)  
}  
  
void myfunction () throw (int, char) {  
    throw 'x';    // dispara char (não na especificação de exceção)  
}  
  
int main () {  
    set_unexpected (myunexpected);  
    try {  
        myfunction();  
    }  
    catch (int) { cerr << "caught int\n"; }  
    catch (char) { cerr << "caught char\n"; }  
  
    return 0;  
}
```

Segundo Exemplo Usando Tratamento de Exceção em C++

```
/*  
 * Aula 16 - Exemplo 2.1  
 * Arquivo Principal  
 * Autor: Miguel Campista  
 */
```



```
C:\Users\Miguel\Documents\UFRJ\disciplinas\linguagens\projetos\aula16-ex9.exe  
caught char  
Pressione qualquer tecla para continuar. . . _
```

```
void myunexpected () {  
    cerr << "unexpected called\n";  
    throw 0;    // dispara int (na especificação de exceção)  
}  
  
void myfunction () throw (int, char) {  
    throw 'x';    // dispara char (não na especificação de exceção)  
}  
  
int main () {  
    set_unexpected (myunexpected);  
    try {  
        myfunction();  
    }  
    catch (int) { cerr << "caught int\n"; }  
    catch (char) { cerr << "caught char\n"; }  
  
    return 0;  
}
```

Segundo Exemplo Usando Tratamento de Exceção em C++

```
/*
 * Aula 16 - Exemplo 2.1
 * Arquivo Principal
 * Autor: Miguel Campista
 */

#include <iostream>
#include <exception>
using namespace std;

void myterminate () {
    cerr << "my terminate\n";
    exit (0);
}

void myunexpected () {
    cerr << "unexpected called\n";
    throw 'y'; // dispara cha
}

void myfunction () throw (int) {
    throw 'x'; // dispara char (não na especificação de exceção)
}

int main () {
    set_terminate (myterminate);
    set_unexpected (myunexpected);
    try {
        myfunction();
    }
    catch (int) { cerr << "caught int\n"; }

    return 0;
}
```

Provocando erro para chamada da função definida em `set_terminate`. A função não causa chamada recursiva pois a função `myunexpected` pode disparar qualquer exceção

Segundo Exemplo Usando Tratamento de Exceção em C++

```
/*  
 * Aula 16 - Exemplo 2.1  
 * Arquivo Principal  
 * Autor: Miguel Campista  
 */
```

```
#include <iostream>  
#include <exception>  
using namespace std;
```

```
void myterminate () {  
    cerr << "my terminate\n";  
    exit (0);  
}
```

```
void myunexpected () {  
    cerr << "unexpected called\n";  
    throw 'y';    // dispara char (provoca o erro novamente)  
}
```

```
void myfunction () throw (int) {  
    throw 'x';    // dispara char (não na especificação de exceção)  
}
```

```
int main () {  
    set_terminate (myterminate);  
    set_unexpected (myunexpected);  
    try {  
        myfunction();  
    }  
    catch (int) { cerr << "caught int\n"; }  
  
    return 0;  
}
```

Término controlado, caso contrário, é chamada a função abort diretamente

Segundo Exemplo Usando Tratamento de Exceção em C++

```
/*  
 * Aula 16 - Exemplo 2.1  
 * Arquivo Principal  
 * Autor: Miguel Campista  
 */
```

```
#include <iostream>  
#include <exception>  
using namespace std;
```

```
void myterminate () {  
    cerr << "my terminate\n";  
    exit (0);  
}
```

```
void myunexpected () {  
    cerr << "unexpected called\n";  
    throw 'y';    // dispara char (provoca o erro novamente)  
}
```

```
void myfunction () throw (int) {
```

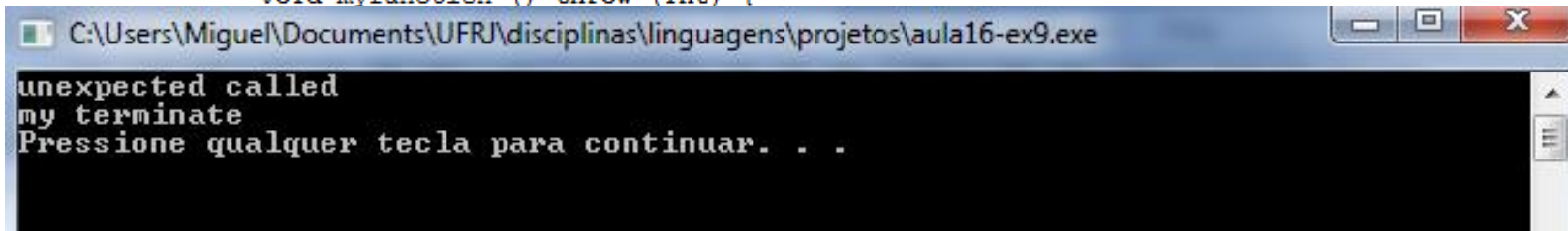
```
    myfunction();
```

```
    }  
    catch (int) { cerr << "caught int\n"; }
```

```
    return 0;
```

```
}
```

Término controlado, caso contrário, é chamada a função abort diretamente



```
C:\Users\Miguel\Documents\UFRJ\disciplinas\linguagens\projetos\aula16-ex9.exe  
unexpected called  
my terminate  
Pressione qualquer tecla para continuar. . .
```

```
    catch (int) { cerr << "caught int\n"; }
```

```
    return 0;
```

```
}
```

Liberação da Pilha

- Se exceção dispara mas não é pega
 - Termina função atual
 - Libera chamada da função da pilha de execução
 - Procura try/catch que pode tratar a exceção
 - Se nenhuma for encontrada, libera novamente
- Se exceção nunca for pega
 - Chama terminate

Terceiro Exemplo usando Tratamento de Exceção em C++

```
/*
 * Aula 16 - Exemplo 3
 * Arquivo Principal
 * Autor: Miguel Campista
 */
#include <iostream>
#include <stdexcept>

using namespace std;

// função3 dispara erro run-time
void function3() throw ( runtime_error ) {
    throw runtime_error( "runtime_error in function3" ); // quarto
}

// função2 invoca função3
void function2() throw ( runtime_error ) {
    function3(); // terceiro
}

// função1 invoca função2
void function1() throw ( runtime_error ) {
    function2(); // segundo
}
```

Terceiro Exemplo usando Tratamento de Exceção em C++

```
/*  
 * Aula 16 - Exemplo 3
```

Blocos try/catch não são encontrados em nenhuma das funções, a execução das funções é terminada...

```
using namespace std;  
  
// função3 dispara erro run-time  
void function3() throw ( runtime_error ) {  
    throw runtime_error( "runtime_error in function3" ); // quarto  
}  
  
// função2 invoca função3  
void function2() throw ( runtime_error ) {  
    function3(); // terceiro  
}  
  
// função1 invoca função2  
void function1() throw ( runtime_error ) {  
    function2(); // segundo  
}
```

Função 3 dispara exceção que não é pega nem na própria função, nem na função 2 e nem na função 1

Terceiro Exemplo usando Tratamento de Exceção em C++

```
// demonstra liberação de pilha
int main() {
    // invoca função1
    try {
        function1(); // primeiro
    }

    // trata erro run-time
    catch ( runtime_error &error ) { // quinto
        cout << "Exception occurred: " << error.what() << endl;
    }

    return 0;
}
```

Terceiro Exemplo usando Tratamento de Exceção em C++

```
// demonstra liberação de pilha
int main() {
    // invoca função1
    try {
        function1(); // primeiro
    }

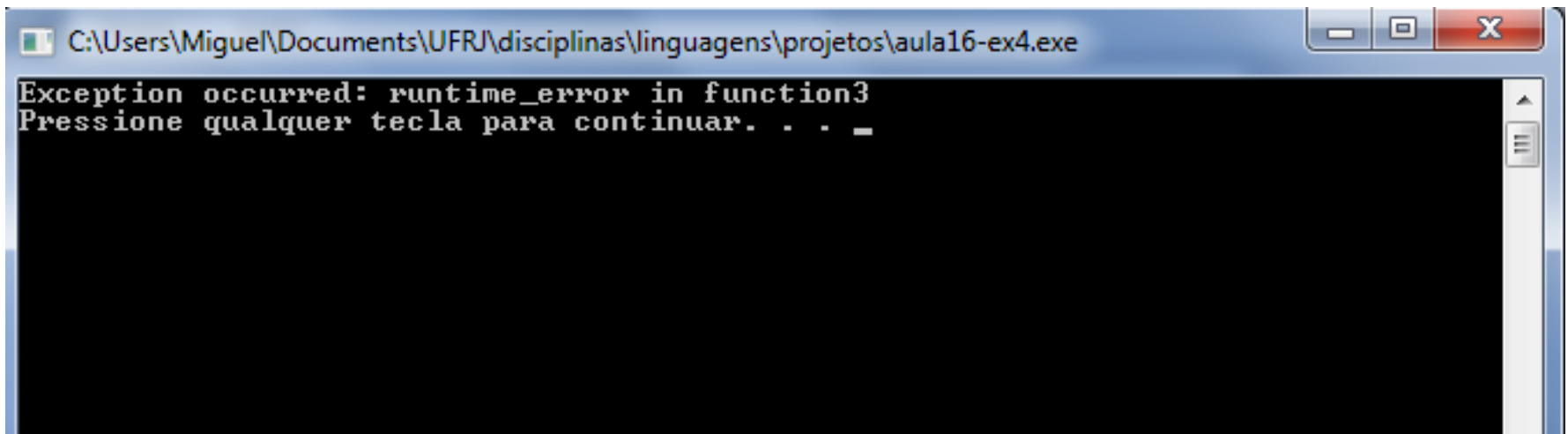
    // trata erro run-time
    catch ( runtime_error &error ) { // quinto
        cout << "Exception occurred: " << error.what() << endl;
    }

    return 0;
}
```

Exceção só é pega na função principal...

Terceiro Exemplo usando Tratamento de Exceção em C++

```
// demonstra liberação de pilha
int main() {
    // invoca função1
    try {
        function1(); // primeiro
    }
}
```



The screenshot shows a Windows command prompt window titled "C:\Users\Miguel\Documents\UFRJ\disciplinas\linguagens\projetos\aula16-ex4.exe". The window contains the following text:

```
Exception occurred: runtime_error in function3
Pressione qualquer tecla para continuar. . . _
```

Terceiro Exemplo usando Tratamento de Exceção em C++

```
/*
 * Aula 16 - Exemplo 3
 * Arquivo Principal
 * Autor: Miguel Campista
 */
#include <iostream>
#include <stdexcept>

using namespace std;

// função3 dispara erro run-time
void function3() throw ( runtime_error ) {
    throw runtime_error( "runtime_error in function3" ); // quarto
}

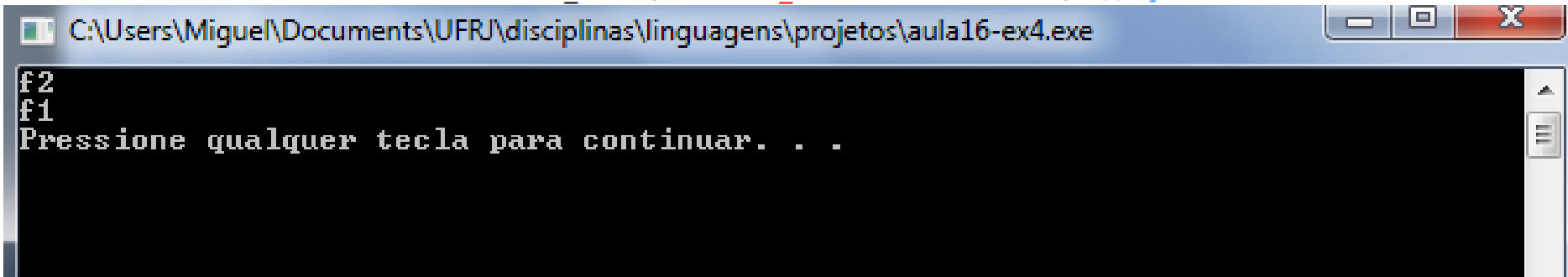
// função2 invoca função3
void function2() throw ( runtime_error ) {
    try {
        function3();
    } // terceiro
    catch (runtime_error &e) {
        cout << "f2" << endl;
    }
}

// função1 invoca função2
void function1() throw ( runtime_error ) {
    function2(); // segundo
    cout << "f1\n";
}
}
```

E se fosse assim?

Terceiro Exemplo usando Tratamento de Exceção em C++

```
/*  
 * Aula 16 - Exemplo 3  
 * Arquivo Principal  
 * Autor: Miguel Campista  
 */  
#include <iostream>  
#include <stdexcept>  
  
using namespace std;  
  
// função3 dispara erro run-time  
void function3() throw ( runtime_error ) {  
    throw runtime_error( "runtime_error in function3" ); // quarto
```



```
C:\Users\Miguel\Documents\UFRJ\disciplinas\linguagens\projetos\aula16-ex4.exe  
f2  
f1  
Pressione qualquer tecla para continuar. . .
```

```
    }  
  
// função1 invoca função2  
void function1() throw ( runtime_error ) {  
    function2(); // segundo  
    cout << "f1\n";  
}
```

Terceiro Exemplo usando Tratamento de Exceção em C++

```
/*
 * Aula 16 - Exemplo 3
 * Arquivo Principal
 * Autor: Miguel Campista
 */
#include <iostream>
#include <stdexcept>

using namespace std;

// função3 dispara erro run-time
void function3() throw ( runtime_error ) {
    throw runtime_error( "runtime_error in function3" ); // quarto
}

// função2 invoca função3
void function2() throw ( runtime_error ) {
    try {
        function3();
    } // terceiro
    catch (runtime_error &e) {
        cout << "f2" << endl;
        throw;
    }
}

// função1 invoca função2
void function1() throw ( runtime_error ) {
    function2(); // segundo
    cout << "f1\n";
}
}
```

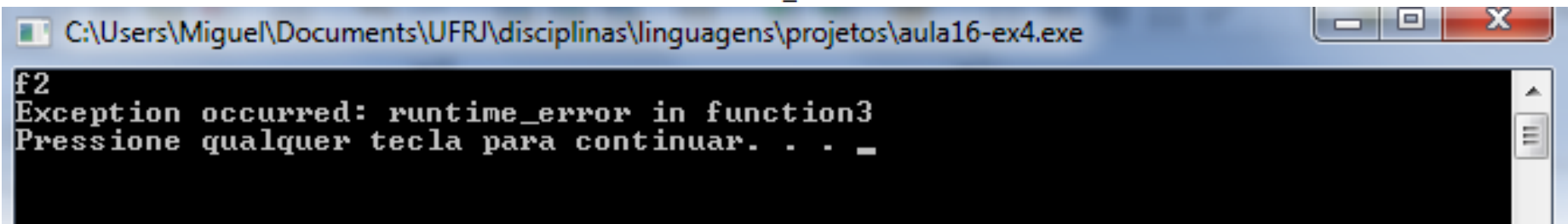
E se fosse assim?

Terceiro Exemplo usando Tratamento de Exceção em C++

```
/*
 * Aula 16 - Exemplo 3
 * Arquivo Principal
 * Autor: Miguel Campista
 */
#include <iostream>
#include <stdexcept>

using namespace std;

// função3 dispara erro run-time
void function3() throw ( runtime_error ) {
```

A screenshot of a Windows command prompt window. The title bar shows the file path: C:\Users\Miguel\Documents\UFRJ\disciplinas\linguagens\projetos\aula16-ex4.exe. The window content shows the output of a program: f2, followed by the message "Exception occurred: runtime_error in function3" and "Pressione qualquer tecla para continuar. . . _".

```
f2
Exception occurred: runtime_error in function3
Pressione qualquer tecla para continuar. . . _
```

```
    catch (runtime_error &e) {
        cout << "f2" << endl;
        throw;
    }
}

// função1 invoca função2
void function1() throw ( runtime_error ) {
    function2(); // segundo
    cout << "f1\n";
}
```

Construtores, Destrutores e Tratamento de Exceção

- Erro no construtor
 - new falha
 - Por exemplo: não pode alocar memória
 - Construtor não pode retornar um valor: Como informar o usuário?
 - Espera-se que o usuário examine o objeto e note os erros?
 - Uso de variáveis globais?
 - Boa alternativa: disparar uma exceção
 - Liberação da pilha

Quarto Exemplo usando Tratamento de Exceção em C++

```
#include <iostream>
#include <stdexcept>

using namespace std;

class Cadastro {
public:
    Cadastro () throw (runtime_error) {
        throw runtime_error ("erro no construtor\n");
    }
};

int main() {
    try {
        Cadastro *cad = new Cadastro;
    }
    catch (runtime_error &e) {
        cout << e.what ();
    }

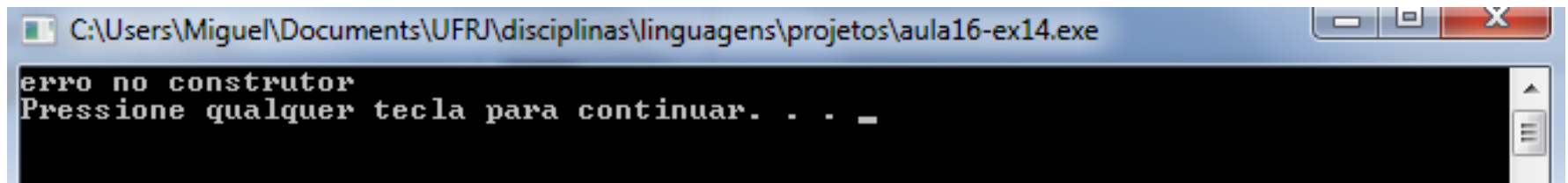
    return 0;
}
```

Quarto Exemplo usando Tratamento de Exceção em C++

```
#include <iostream>
#include <stdexcept>

using namespace std;

class Cadastro {
public:
    Cadastro () throw (runtime_error) {
        throw runtime_error ("erro no construtor\n");
    }
}
```



```
C:\Users\Miguel\Documents\UFRJ\disciplinas\linguagens\projetos\aula16-ex14.exe
erro no construtor
Pressione qualquer tecla para continuar. . . _
```

```
}
catch (runtime_error &e) {
    cout << e.what ();
}

return 0;
}
```

Exceções e Herança

- Classes de exceção
 - Podem ser derivadas de uma classe base
 - Por exemplo, **exception**
 - Se `catch` pode tratar classe base, pode tratar classes derivadas
 - Programação polimórfica

Processamento de Novas Falhas

- Quando o `new` falha para alocar memória...
 - Deve-se disparar exceção do tipo `bad_alloc`
 - Definida em `<new>`
 - Alguns compiladores têm `new` retornando 0 (zero)
 - Resultado depende do compilador

Quarto Exemplo usando Tratamento de Exceção em C++

```
/*
 * Aula 16 - Exemplo 4
 * Arquivo Principal
 * Autor: Miguel Campista
 */
#include <iostream>

using namespace std;

int main() {
    double *ptr[ 100 ];

    // aloca memória para ptr
    for ( int i = 0; i < 100; i++ ) {
        ptr[ i ] = new double[ 5000000 ];

        // new retorna 0 em caso de falha para alocar memória
        if ( ptr[ i ] == 0 ) {
            cout << "Memory allocation failed for ptr[ "
                << i << " ]\n";
            break;
        } else
            // alocação bem sucedida de memória
            cout << "Allocated 5000000 doubles in ptr[ "
                << i << " ]\n";
    }

    return 0;
}
```

Quarto Exemplo usando Tratamento de Exceção em C++

```
/*  
 * Aula 16 - Exemplo 4  
 * Arquivo Principal  
 * Autor: Miguel Campista
```

```
C:\Users\Miguel\Documents\UFRJ\disciplinas\linguagens\projetos\aula16-ex5.exe  
Allocated 5000000 doubles in ptr[ 30 ]  
Allocated 5000000 doubles in ptr[ 31 ]  
Allocated 5000000 doubles in ptr[ 32 ]  
Allocated 5000000 doubles in ptr[ 33 ]  
Allocated 5000000 doubles in ptr[ 34 ]  
Allocated 5000000 doubles in ptr[ 35 ]  
Allocated 5000000 doubles in ptr[ 36 ]  
Allocated 5000000 doubles in ptr[ 37 ]  
Allocated 5000000 doubles in ptr[ 38 ]  
Allocated 5000000 doubles in ptr[ 39 ]  
Allocated 5000000 doubles in ptr[ 40 ]  
Allocated 5000000 doubles in ptr[ 41 ]  
Allocated 5000000 doubles in ptr[ 42 ]  
Allocated 5000000 doubles in ptr[ 43 ]  
Allocated 5000000 doubles in ptr[ 44 ]  
Allocated 5000000 doubles in ptr[ 45 ]  
Allocated 5000000 doubles in ptr[ 46 ]  
Allocated 5000000 doubles in ptr[ 47 ]  
Allocated 5000000 doubles in ptr[ 48 ]  
Allocated 5000000 doubles in ptr[ 49 ]  
Allocated 5000000 doubles in ptr[ 50 ]  
  
This application has requested the Runtime to terminate it in an unusual way.  
Please contact the application's support team for more information.
```

```
    cout << "Allocated 5000000 doubles in ptr["  
        << i << " ]\n";  
}  
  
return 0;  
}
```

Quinto Exemplo usando Tratamento de Exceção em C++

```
/*
 * Aula 16 - Exemplo 5
 * Arquivo Principal
 * Autor: Miguel Campista
 */
#include <iostream>
#include <new>

using namespace std;

int main() {
    double *ptr[ 100 ];

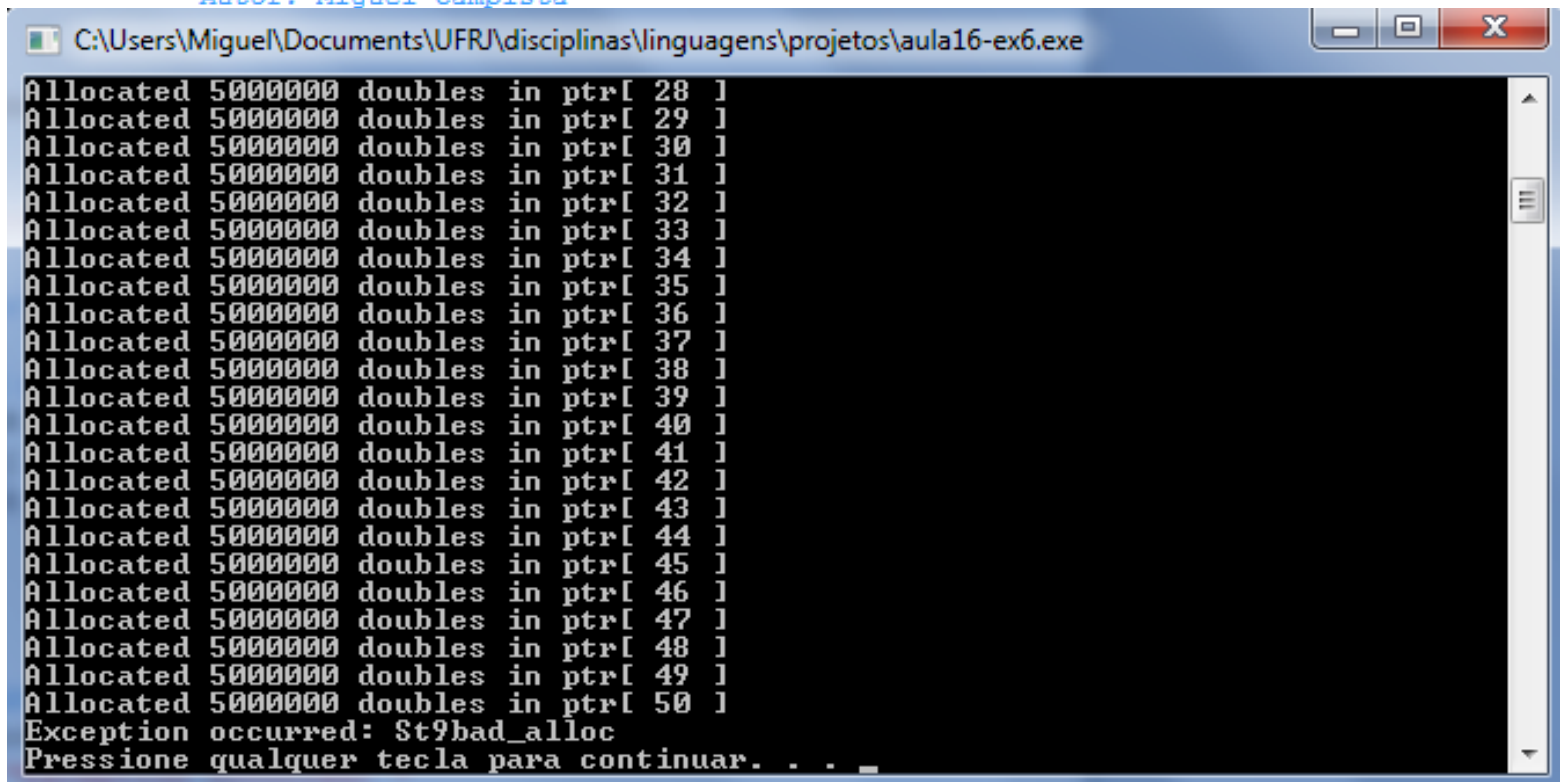
    // tenta alocar memória
    try {
        // aloca memória para ptr; new dispara bad_alloc em caso de falha
        for ( int i = 0; i < 100; i++ ) {
            ptr[ i ] = new double[ 5000000 ];
            cout << "Allocated 5000000 doubles in ptr[ "
                 << i << " ]\n";
        }
    }

    // trata exceção bad_alloc
    catch (bad_alloc &memoryAllocationException) {
        cout << "Exception occurred: "
             << memoryAllocationException.what() << endl;
    }

    return 0;
}
```

Quinto Exemplo usando Tratamento de Exceção em C++

```
/*  
 * Aula 16 - Exemplo 5  
 * Arquivo Principal  
 * Autor: Miguel Campista
```



The screenshot shows a Windows command prompt window titled "C:\Users\Miguel\Documents\UFRJ\disciplinas\linguagens\projetos\aula16-ex6.exe". The window contains the following output:

```
Allocated 5000000 doubles in ptr[ 28 ]  
Allocated 5000000 doubles in ptr[ 29 ]  
Allocated 5000000 doubles in ptr[ 30 ]  
Allocated 5000000 doubles in ptr[ 31 ]  
Allocated 5000000 doubles in ptr[ 32 ]  
Allocated 5000000 doubles in ptr[ 33 ]  
Allocated 5000000 doubles in ptr[ 34 ]  
Allocated 5000000 doubles in ptr[ 35 ]  
Allocated 5000000 doubles in ptr[ 36 ]  
Allocated 5000000 doubles in ptr[ 37 ]  
Allocated 5000000 doubles in ptr[ 38 ]  
Allocated 5000000 doubles in ptr[ 39 ]  
Allocated 5000000 doubles in ptr[ 40 ]  
Allocated 5000000 doubles in ptr[ 41 ]  
Allocated 5000000 doubles in ptr[ 42 ]  
Allocated 5000000 doubles in ptr[ 43 ]  
Allocated 5000000 doubles in ptr[ 44 ]  
Allocated 5000000 doubles in ptr[ 45 ]  
Allocated 5000000 doubles in ptr[ 46 ]  
Allocated 5000000 doubles in ptr[ 47 ]  
Allocated 5000000 doubles in ptr[ 48 ]  
Allocated 5000000 doubles in ptr[ 49 ]  
Allocated 5000000 doubles in ptr[ 50 ]  
Exception occurred: St9bad_alloc  
Pressione qualquer tecla para continuar. . . _
```

```
        << memoryAllocationException.what() << endl;  
    }  
  
    return 0;  
}
```


Processamento de Novas Falhas

- `set_new_handler`
 - Cabeçalho `<new>`
 - Registra função para chamar quando `new` falha
 - Usa ponteiro de função para funções que:
 - Não possui parâmetros
 - Retorna `void`
 - Uma vez registrada, função é chamada ao invés de disparar exceção

Sexto Exemplo usando Tratamento de Exceção em C++

```
/*
 * Aula 16 - Exemplo 6
 * Arquivo Principal
 * Autor: Miguel Campista
 */
#include <iostream>
#include <new>
#include <cstdlib>

using namespace std;

void customNewHandler() {
    cerr << "customNewHandler was called";
    abort();
}

// usando set_new_handler para tratar falha na alocação de memória
int main() {
    double *ptr[ 100 ];
    // especifica que customNewHandler deve ser chamada em caso de falha
    // de alocação de memória
    set_new_handler( customNewHandler );

    // aloca memória para ptr[ i ]; customNewHandler será
    // chamado em caso de falha de memória
    for ( int i = 0; i < 100; i++ ) {
        ptr[ i ] = new double[ 5000000 ];
        cout << "Allocated 5000000 doubles in ptr[ "
             << i << " ]\n";
    }

    return 0;
}
```

Sexto Exemplo usando

Tran

```
Allocated 5000000 doubles in ptr[ 4 ]
Allocated 5000000 doubles in ptr[ 5 ]
Allocated 5000000 doubles in ptr[ 6 ]
Allocated 5000000 doubles in ptr[ 7 ]
Allocated 5000000 doubles in ptr[ 8 ]
Allocated 5000000 doubles in ptr[ 9 ]
Allocated 5000000 doubles in ptr[ 10 ]
Allocated 5000000 doubles in ptr[ 11 ]
Allocated 5000000 doubles in ptr[ 12 ]
Allocated 5000000 doubles in ptr[ 13 ]
Allocated 5000000 doubles in ptr[ 14 ]
Allocated 5000000 doubles in ptr[ 15 ]
Allocated 5000000 doubles in ptr[ 16 ]
Allocated 5000000 doubles in ptr[ 17 ]
Allocated 5000000 doubles in ptr[ 18 ]
Allocated 5000000 doubles in ptr[ 19 ]
Allocated 5000000 doubles in ptr[ 20 ]
Allocated 5000000 doubles in ptr[ 21 ]
Allocated 5000000 doubles in ptr[ 22 ]
Allocated 5000000 doubles in ptr[ 23 ]
Allocated 5000000 doubles in ptr[ 24 ]
Allocated 5000000 doubles in ptr[ 25 ]
Allocated 5000000 doubles in ptr[ 26 ]
Allocated 5000000 doubles in ptr[ 27 ]
Allocated 5000000 doubles in ptr[ 28 ]
Allocated 5000000 doubles in ptr[ 29 ]
Allocated 5000000 doubles in ptr[ 30 ]
Allocated 5000000 doubles in ptr[ 31 ]
Allocated 5000000 doubles in ptr[ 32 ]
Allocated 5000000 doubles in ptr[ 33 ]
Allocated 5000000 doubles in ptr[ 34 ]
Allocated 5000000 doubles in ptr[ 35 ]
Allocated 5000000 doubles in ptr[ 36 ]
Allocated 5000000 doubles in ptr[ 37 ]
Allocated 5000000 doubles in ptr[ 38 ]
Allocated 5000000 doubles in ptr[ 39 ]
Allocated 5000000 doubles in ptr[ 40 ]
Allocated 5000000 doubles in ptr[ 41 ]
Allocated 5000000 doubles in ptr[ 42 ]
Allocated 5000000 doubles in ptr[ 43 ]
Allocated 5000000 doubles in ptr[ 44 ]
Allocated 5000000 doubles in ptr[ 45 ]
Allocated 5000000 doubles in ptr[ 46 ]
Allocated 5000000 doubles in ptr[ 47 ]
Allocated 5000000 doubles in ptr[ 48 ]
Allocated 5000000 doubles in ptr[ 49 ]
Allocated 5000000 doubles in ptr[ 50 ]
customNewHandler was called
C:\Users\Migue1\Documents\UFRJ\disciplinas\linguagens\projetos>
```

++

Classe `auto_ptr` e Alocação Dinâmica de Memória

- Declarar ponteiro, alocar memória com `new`
 - E se a memória for alocada corretamente, mas a exceção ocorrer antes de liberar (`delete`) o objeto?
 - Vazamento de memória

Classe auto_ptr e Alocação Dinâmica de Memória

- Classe template auto_ptr
 - Cabeçalho <memory>
 - Quando ponteiro sai do escopo, chama-se delete
 - Previne vazamento de memória
 - Sobrecarrega ponteiros regulares (* e ->)
 - Objeto auto_ptr pode ser usado como um ponteiro

```
auto_ptr< MyClass > newPointer( new MyClass() );  
\\ newPointer aponta para objeto alocado dinamicamente
```

Sétimo Exemplo usando Tratamento de Exceção em C++

```
/*
 * Aula 16 - Exemplo 7
 * Arquivo Principal
 * Autor: Miguel Campista
 */
#include <iostream>
#include <memory>

using namespace std;

class Integer {
public:
    // Construtor de Integer constructor
    Integer( int i = 0 ) : value( i ) {
        cout << "Constructor for Integer " << value << endl;
    }
    // Destrutor de Integer
    ~Integer() {
        cout << "Destructor for Integer " << value << endl;
    }
    // Função para atribuir Integer
    void setInteger( int i ) { value = i; }
    // Função para retornar Integer
    int getInteger() const { return value; }
private:
    int value;
};
```

Sétimo Exemplo usando Tratamento de Exceção em C++

```
int main() {
    cout << "Creating an auto_ptr object that points to an "
         << "Integer\n";
    // "aponta" auto_ptr a um objeto Integer
    auto_ptr< Integer > ptrToInteger( new Integer( 7 ) );

    cout << "\nUsing the auto_ptr to manipulate the Integer\n";

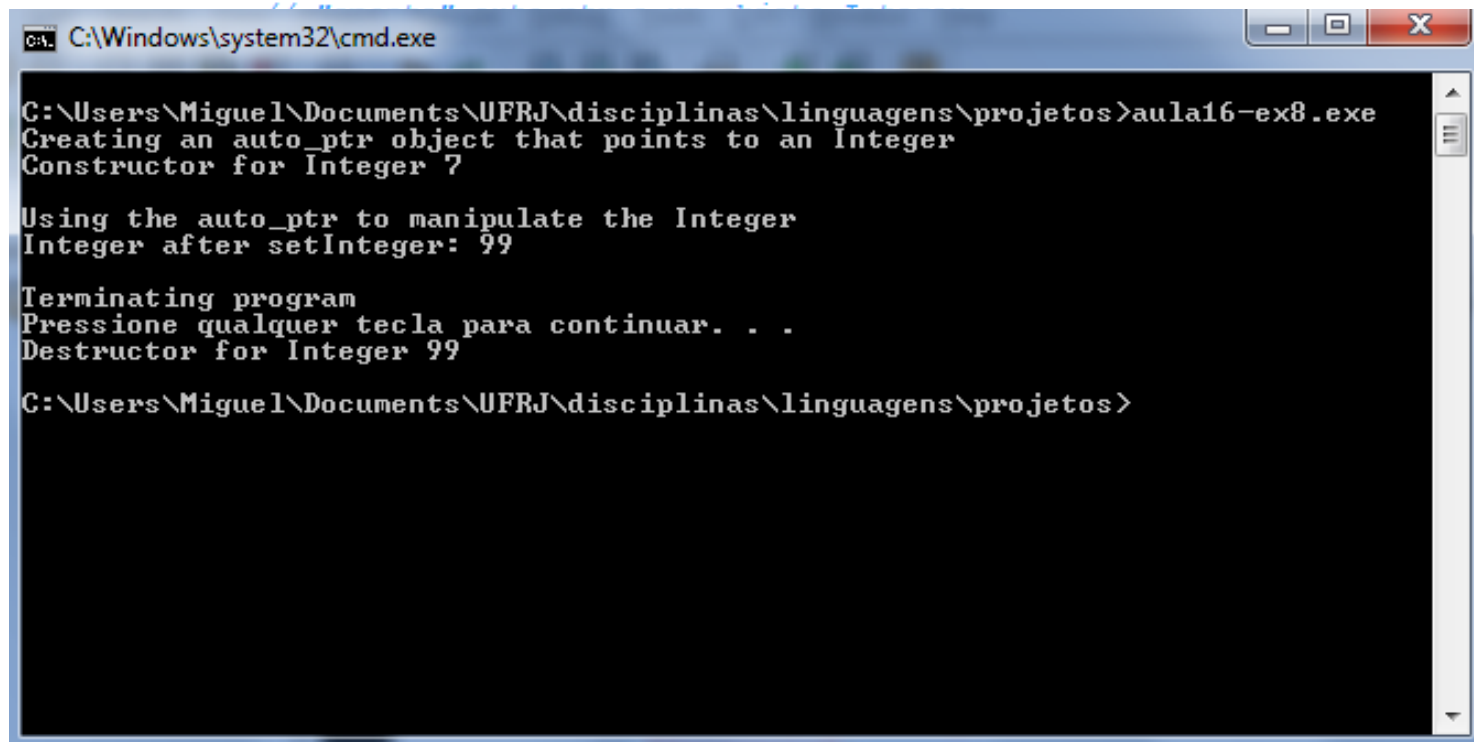
    // use auto_ptr para atribuir valor a Integer
    ptrToInteger->setInteger( 99 );

    // use auto_ptr para obter o valor Integer
    cout << "Integer after setInteger: "
         << ( *ptrToInteger ).getInteger()
         << "\n\nTerminating program" << endl;

    return 0;
}
```

Sétimo Exemplo usando Tratamento de Exceção em C++

```
int main() {  
    cout << "Creating an auto_ptr object that points to an "  
        << "Integer\n";  
}
```



```
C:\Windows\system32\cmd.exe  
C:\Users\Miguel\Documents\UFRJ\disciplinas\linguagens\projetos>aula16-ex8.exe  
Creating an auto_ptr object that points to an Integer  
Constructor for Integer ?  
  
Using the auto_ptr to manipulate the Integer  
Integer after setInteger: 99  
  
Terminating program  
Pressione qualquer tecla para continuar. . .  
Destructor for Integer 99  
  
C:\Users\Miguel\Documents\UFRJ\disciplinas\linguagens\projetos>
```


Hierarquia da Biblioteca Padrão de Exceção

- Hierarquia de exceção
 - Classe base de exceção (`<exception>`)
 - Função virtual `what`, sobrescrita para prover mensagens de erro
 - Classes derivadas
 - `runtime_error`, `logic_error`
 - `bad_alloc`, `bad_cast`, `bad_typeid`
 - Disparada por `new`, `dynamic_cast` e `typeid`
- Para pegar todas as exceções
 - `catch(...)`
 - `catch(exception AnyException)`
 - Não irá pegar exceções definidas por usuários que não foram derivadas da classe `exception`

Oitavo Exemplo usando Tratamento de Exceção em C++

```
/*
 * Aula 16 - Exemplo 8
 * Arquivo Principal
 * Autor: Miguel Campista
 */
#include <iostream>
#include <exception>

using namespace std;

void myunexpected () {
    cerr << "unexpected called\n";
    throw 0;    // dispara int (na especificação de exceção)
}

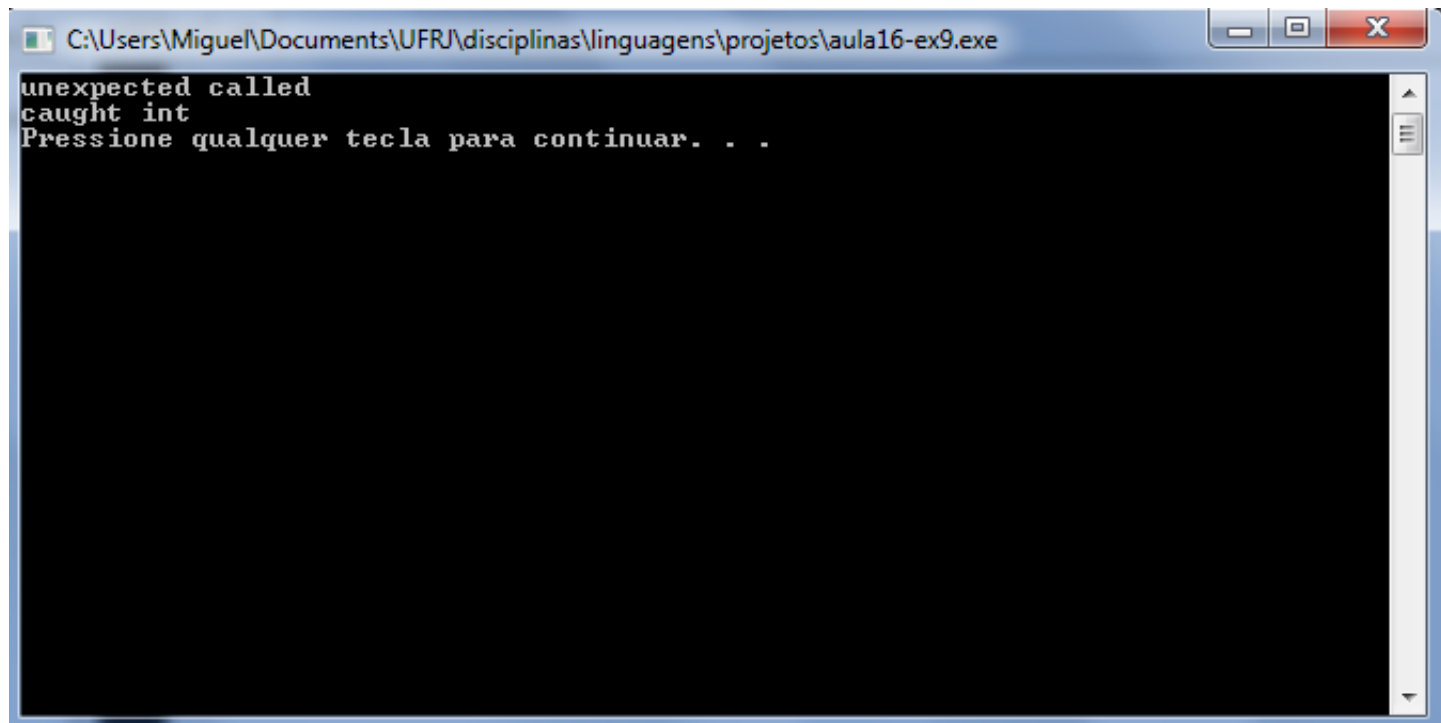
void myfunction () throw (int) {
    throw 'x'; // dispara char (não na especificação de exceção)
}

int main (void) {
    set_unexpected (myunexpected);
    try {
        myfunction();
    }
    catch (int) { cerr << "caught int\n"; }
    catch (...) {
        cerr << "caught other exception (non-compliant compiler?)\n";
    }

    return 0;
}
```

Oitavo Exemplo usando Tratamento de Exceção em C++

```
/*  
 * Aula 16 - Exemplo 8  
 * Arquivo Principal  
 * Autor: Miguel Campista  
 */  
#include <iostream>  
#include <exception>
```



The screenshot shows a Windows command prompt window titled "C:\Users\Miguel\Documents\UFRJ\disciplinas\linguagens\projetos\aula16-ex9.exe". The window contains the following text:

```
unexpected called  
caught int  
Pressione qualquer tecla para continuar. . .
```

```
return 0;
```

```
}
```

Exemplo 1

- Escreva um programa que dispare uma exceção caso haja uma tentativa de acesso a uma posição fora do escopo definido em um `vector`. Utilize um objeto da classe `out_of_range` para pegar a exceção.



Exemplo 1

```
/*
 * Aula 16 - Exemplo 9
 * Arquivo Principal
 * Autor: Miguel Campista
 */
#include <iostream>
#include <stdexcept>
#include <vector>

using namespace std;

int main (void) {
    vector<int> myvector(10);

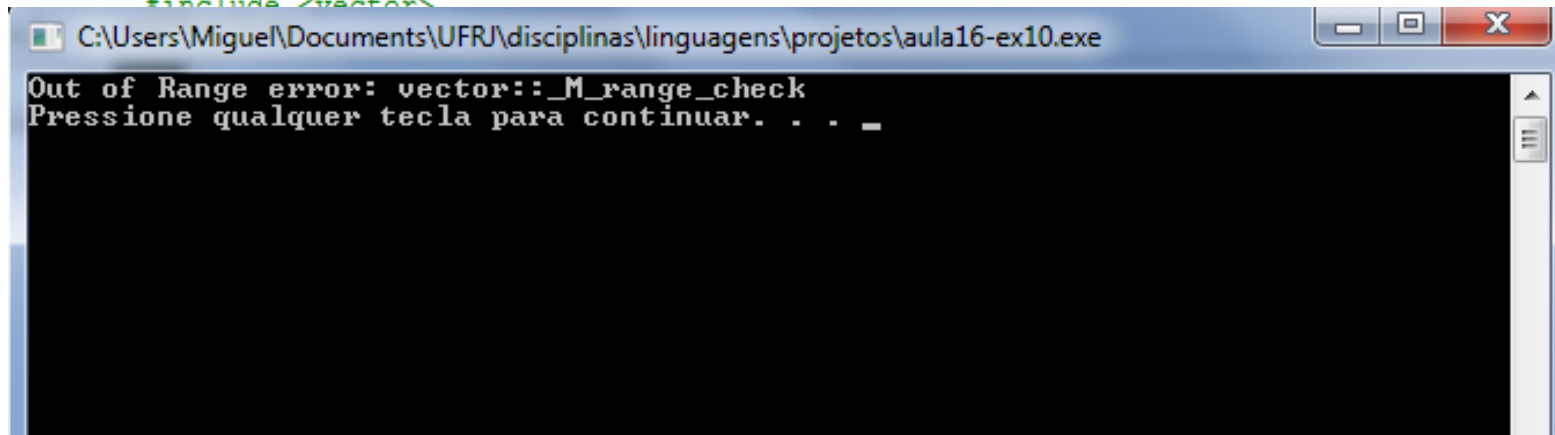
    try {
        myvector.at(20) = 100;    // vector dispara um tratamento
    }

    catch (out_of_range& oor) {
        cerr << "Out of Range error: " << oor.what() << endl;
    }

    return 0;
}
```

Exemplo 1

```
/*  
 * Aula 16 - Exemplo 9  
 * Arquivo Principal  
 * Autor: Miguel Campista  
 */  
#include <iostream>  
#include <stdexcept>  
#include <vector>
```



The screenshot shows a Windows command prompt window titled "C:\Users\Miguel\Documents\UFRJ\disciplinas\linguagens\projetos\aula16-ex10.exe". The window displays the following error message: "Out of Range error: vector::_M_range_check" followed by "Pressione qualquer tecla para continuar. . . _".

```
    cerr << "Out of Range error: " << out.what() << endl;  
  }  
  
  return 0;  
}
```

Exemplo 2

- Escreva um programa que dispare uma exceção não listada nos especificadores da exceção (lista de disparo) e redisparada usando o tipo `bad_exception`.



Exemplo 2

```
/*
 * Aula 16 - Exemplo 10
 * Arquivo Principal
 * Autor: Miguel Campista
 */
#include <iostream>
#include <exception>

using namespace std;

void myunexpected () {
    cerr << "unexpected handler called\n";
    throw;
}

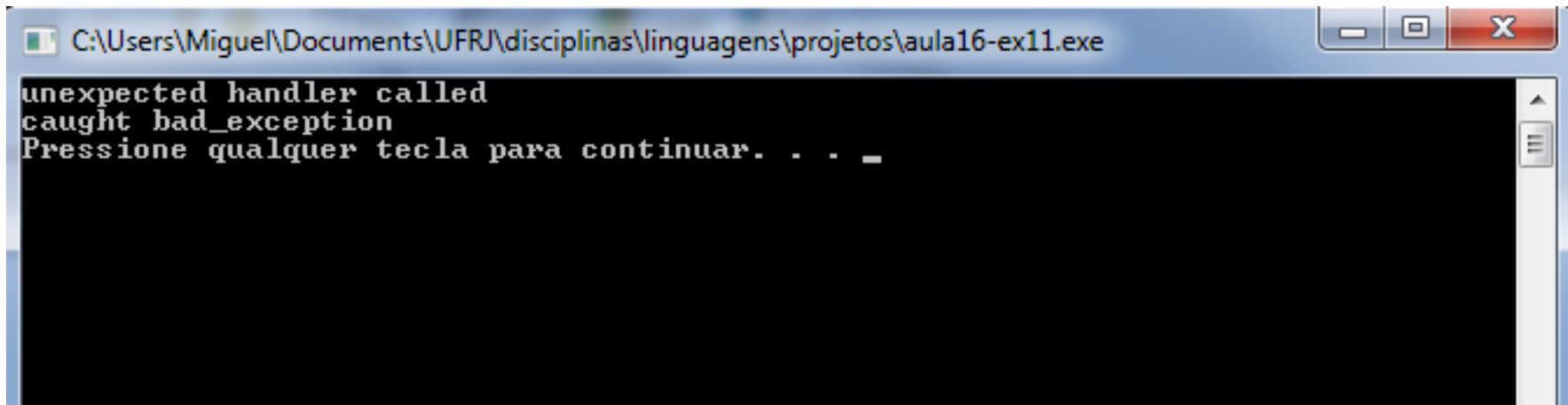
void myfunction () throw (int, bad_exception) {
    throw 'x'; // dispara char (não está na especificação da exceção)
}

int main () {
    set_unexpected (myunexpected);
    try {
        myfunction();
    }
    catch (int) { cerr << "caught int\n"; }
    catch (bad_exception be) { cerr << "caught bad_exception\n"; }
    catch (...) {
        cerr << "caught other exception (non-compliant compiler?)\n";
    }

    return 0;
}
```


Exemplo 2

```
/*  
 * Aula 16 - Exemplo 10  
 * Arquivo Principal  
 * Autor: Miguel Campista  
 */  
#include <iostream>  
#include <exception>
```



The screenshot shows a Windows command prompt window titled "C:\Users\Miguel\Documents\UFRJ\disciplinas\linguagens\projetos\aula16-ex11.exe". The window contains the following text:

```
unexpected handler called  
caught bad_exception  
Pressione qualquer tecla para continuar. . . _
```

```
try {  
    myfunction();  
}  
catch (int) { cerr << "caught int\n"; }  
catch (bad_exception be) { cerr << "caught bad_exception\n"; }  
catch (...) {  
    cerr << "caught other exception (non-compliant compiler?)\n";  
}  
  
return 0;  
}
```

Exemplo 3

- Escreva um programa que dispare uma exceção se a idade do cadastro for menor que 18 anos. Para isso crie uma Classe Cadastro que recebe um nome e uma idade e utilize um objeto da Classe UnderAgeException para disparar uma exceção.



Exemplo 3

```
/*
 * Aula 16 -- Exemplo 11
 * Arquivo cadastroCap16Ex12.h
 * Autor: Miguel Campista
 */
#include <iostream>
#include <string>

using namespace std;

class Cadastro {
public:
    Cadastro (string, int);
    void setName (string);
    void setAge (int);
    string getName () const;
    int getAge () const;
private:
    string name;
    int age;
};
```

Exemplo 3

```
/*
 * Aula 16 -- Exemplo 11
 * Arquivo cadastroCap16Ex12.cpp
 * Autor: Miguel Campista
 */
#include "cadastroCap16Ex12.h"
#include "underageexceptCap16Ex12.h"

Cadastro::Cadastro (string n, int a) : name (n) {
    age = 0;
    setAge (a);
}

void Cadastro::setName (string n) { name = n; }

void Cadastro::setAge (int a) {
    try {
        if (a < 18)
            throw UnderAgeException ();
        else
            age = a;
    }
    catch (UnderAgeException &e) {
        cout << "\n\n*** Error: " << e.what () << " ***" << endl;
        cout << "*** Age not set for " << name << "! ***\n" << endl;
    }
}

string Cadastro::getName () const { return name; }

int Cadastro::getAge () const { return age; }
```

Exemplo 3

```
/*  
 * Aula 16 -- Exemplo 11  
 * Arquivo underageexceptCap16Ex12.h  
 * Autor: Miguel Campista  
 */  
#include <exception>  
  
class UnderAgeException : public exception {  
    public:  
        virtual const char * what () const throw () {  
            return "Under Age";  
        }  
};
```

Exemplo 3

```
/*
 * Aula 16 -- Exemplo 11
 * Arquivo Principal
 * Autor: Miguel Campista
 */
#include "cadastroCap16Ex12.h"

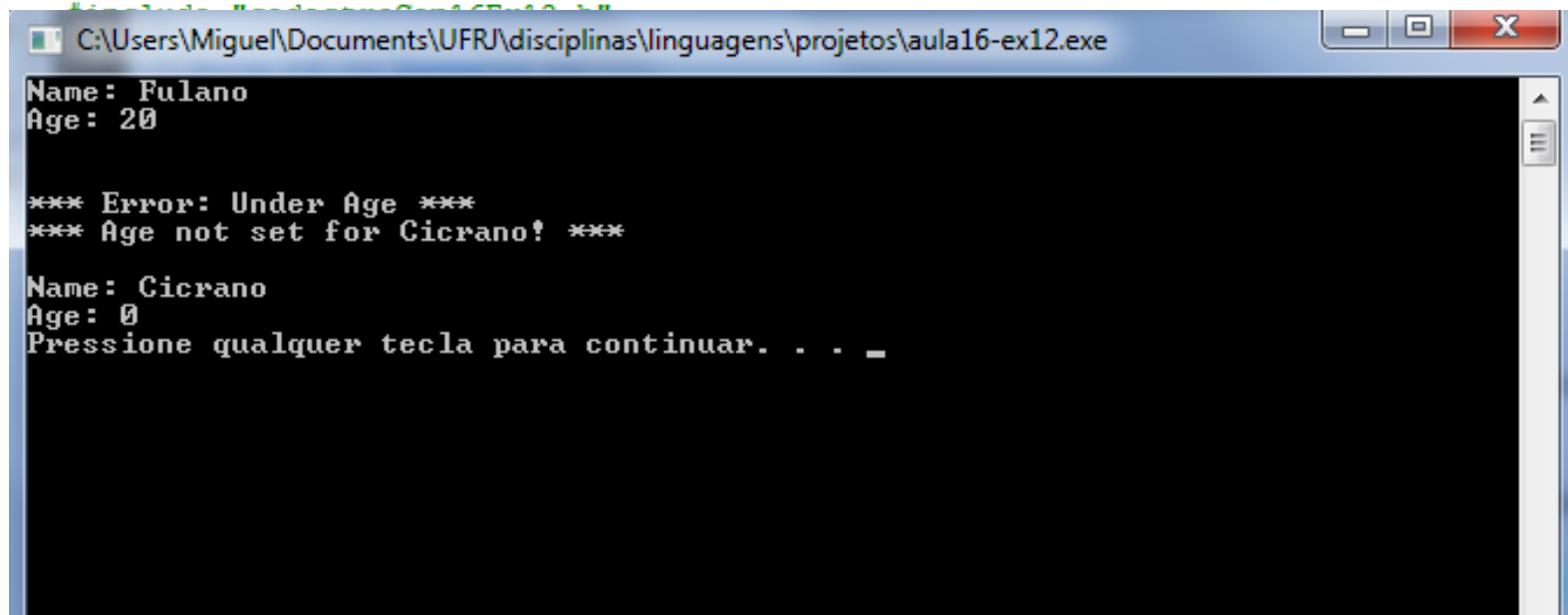
int main() {
    Cadastro cad1 ("Fulano", 20);
    cout << "Name: " << cad1.getName () << "\nAge: " << cad1.getAge () << endl;

    Cadastro cad2 ("Cicrano", 17);
    cout << "Name: " << cad2.getName () << "\nAge: " << cad2.getAge () << endl;

    return 0;
}
```

Exemplo 3

```
/*  
 * Aula 16 -- Exemplo 11  
 * Arquivo Principal  
 * Autor: Miguel Campista  
*/
```



The screenshot shows a Windows command prompt window titled "C:\Users\Miguel\Documents\UFRJ\disciplinas\linguagens\projetos\aula16-ex12.exe". The window contains the following text:

```
Name: Fulano  
Age: 20  
  
*** Error: Under Age ***  
*** Age not set for Cicrano! ***  
  
Name: Cicrano  
Age: 0  
Pressione qualquer tecla para continuar. . . _
```

Leitura Recomendada

- Capítulos 16 do livro
 - Deitel, "*C++ How to Program*", 5th edition, Editora Prentice Hall, 2005