Root 2009

www.if.usp.br/suaide

Alexandre Suaide

aula 1

Ferramentas para análise de dados

- Paradigma 1
  - Ferramentas prontas para executar tarefas específicas para análise de dados
    - Origin
    - Excel
    - MathCad
    - Mathematica
    - DAMM
    - SCAN
    - Etc
  - A flexibilidade é limitada ao que cada programa oferece

- Paradigma 2
  - Ferramentas que permitem cada usuário criar o próprio ambiente de análise de dados
    - Linguagens de programação
    - PAW
    - ROOT
  - A flexibilidade é muito elevada
  - custo de uma intervenção maior do usuário

Objetivos deste mini-curso

- Mostrar os fundamentos do c++
  - Não é um curso de lógica de programação
  - Programação orientada a objetos
- Introdução ao ROOT
  - ROOT como ferramenta de programação e análise de dados
- 4 aulas
  - Ver http://www.dfn.if.usp.br/~suaide

Programa

- **Aula 1**
  - Introdução ao c++ e ROOT
  - Conceito de classe e objeto
  - Básico de gráficos e funções no ROOT
- **Aula 2**
  - Mais gráficos e funções
  - Histogramas de 1 e 2D
  - Ajustes de funções, legendas, etc.
  - Escrevendo programas simples: Monte Carlo e simulações
- **Aula 3**
  - Referências e ponteiros
  - Nomes e memória
  - Programação mais complexa: mais Monte Carlo
- **Aula 4**
  - I/O no ROOT
  - Mais programação no ROOT
  - Compilando com o ROOT

Instalando o ROOT e documentação

O que é ROOT? (http://root.cern.ch)

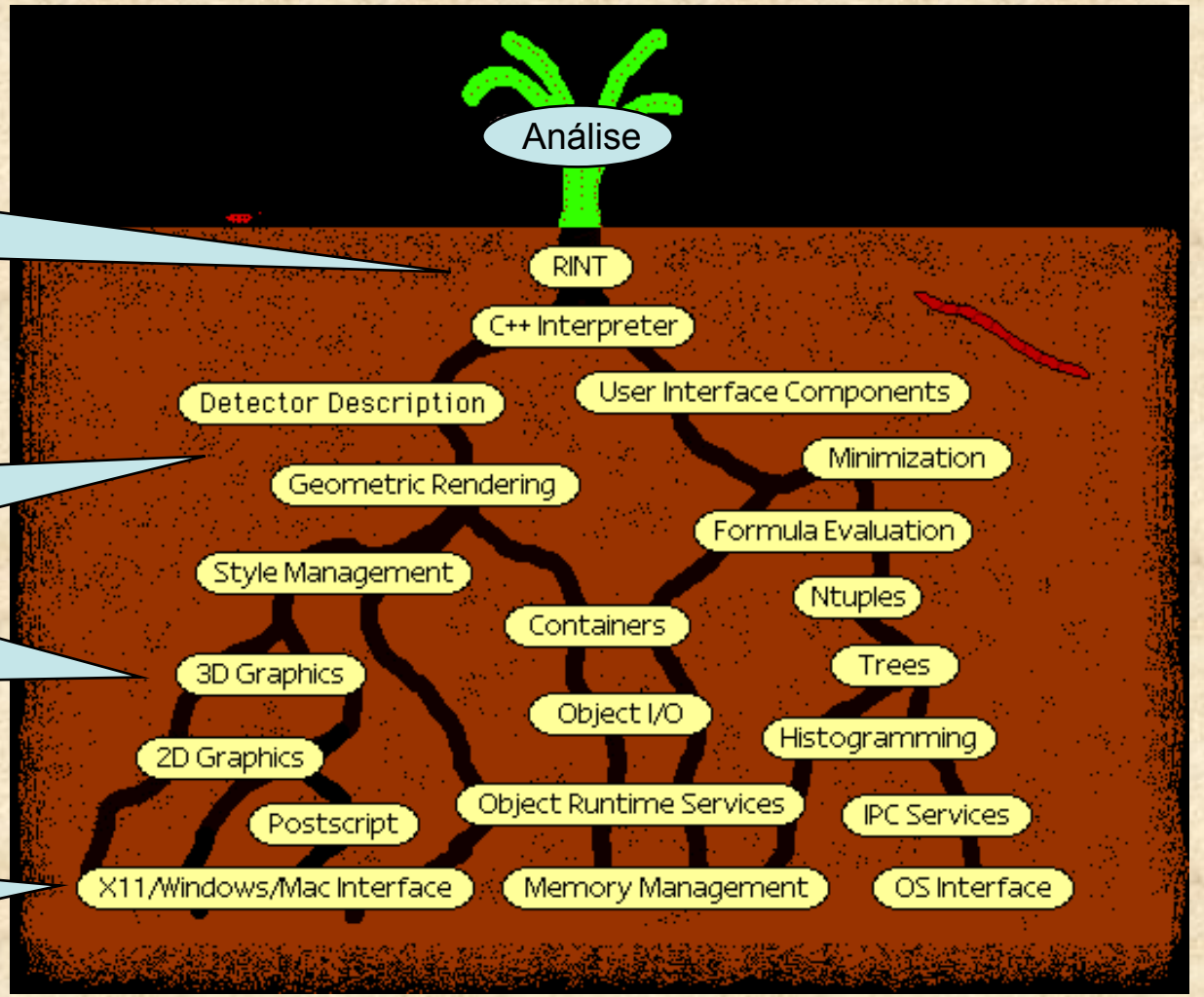
Uma análise sólida se constrói a partir de métodos confiáveis que não imponham limitações à criatividade do pesquisador

Interface entre o usuário e as ferramentas de análise

Ferramentas de visualização e manipulação gráfica

Ferramentas básicas I/O, ferramentas gráficas, métodos de cálculo

Nível mais fundamental. Interface com S.O.



Então, o que é ROOT?

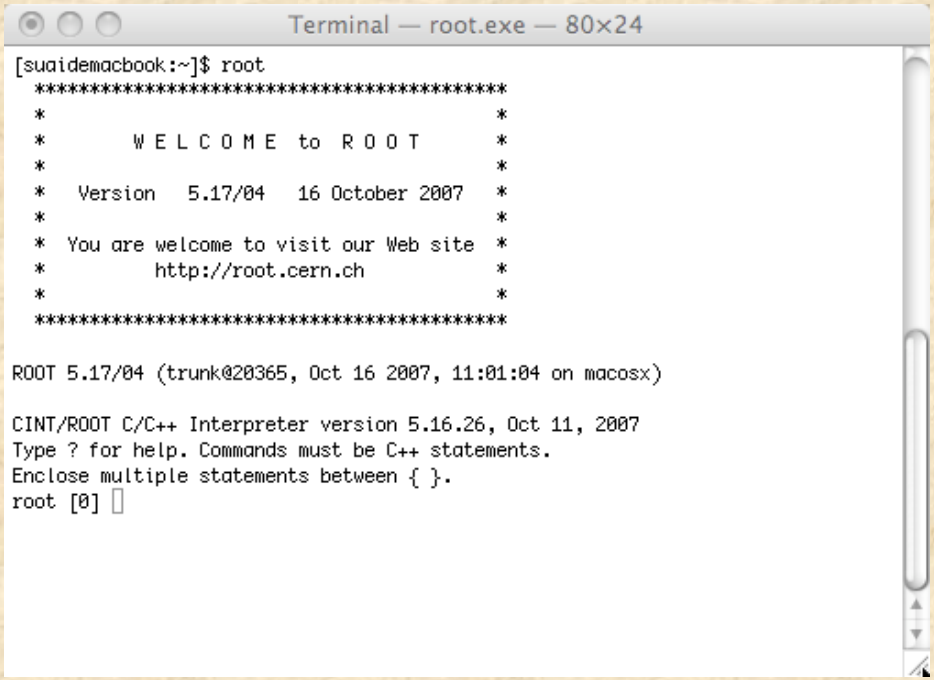
- Conjunto de bibliotecas escritas em c++ cuja finalidade é permitir o desenvolvimento de técnicas de simulação, aquisição e análise de dados
  - As bibliotecas seguem a filosofia de programação orientada a objeto
- A interface com o usuário se faz de três modos
  - Prompt de comando
    - Interpretador c/c++ (CINT)
      - Permite total acesso a funcionalidade do ROOT e c++
      - O prompt de comando atua como um compilador em tempo real.
  - Interface gráfica
    - Permite manipulação de objetos gráficos (histogramas, gráficos, objetos, menus, etc)
  - Compilador c++ (gcc em Linux e VC em windows)
    - Permite compilar programas avançados e criar novos programas específicos, utilizando a funcionalidade do ROOT
      - ScanRoot, SPMRoot
- Necessita conhecimento de c++ para fazer bom proveito do sistema

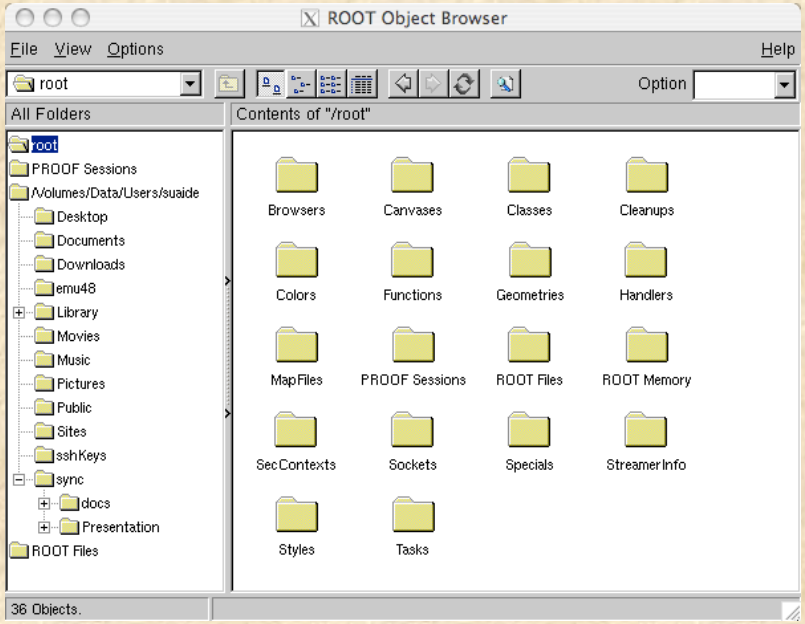
Comandos básicos

- Como iniciar o programa ☺
  - Duplo clique no ícone
  - Linha de comando: digite `root`
- Como sair do ROOT
  - Digite `.q`
    - Estranho, mas como o ROOT é um interpretador c++, os comandos internos do mesmo têm que ser diferenciados. Assim, todos os comandos do ROOT começam com ".". Os comandos mais importantes, alem do .q são
      - `.L` para carregar um programa (macro) na memória
      - `.x` para carregar e executar um programa
      - `.h` para um help dos comandos disponíveis

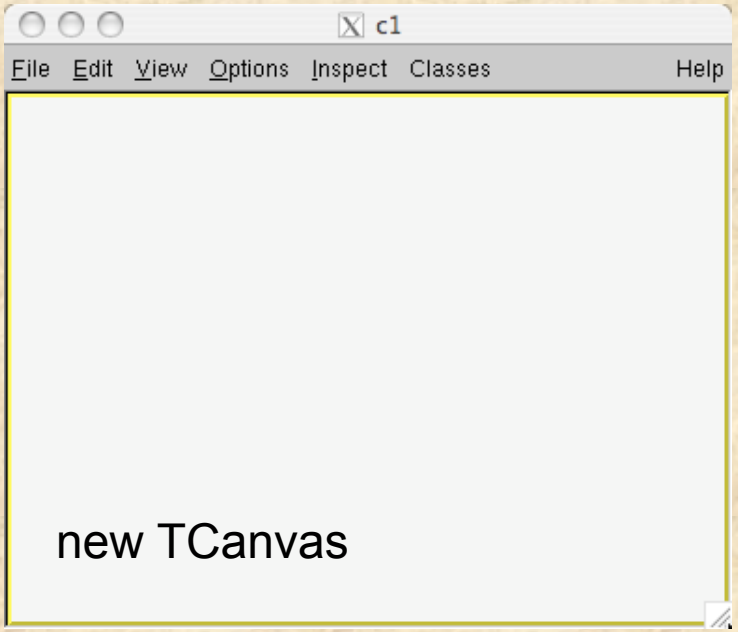
A interface do ROOT

new TBrowser



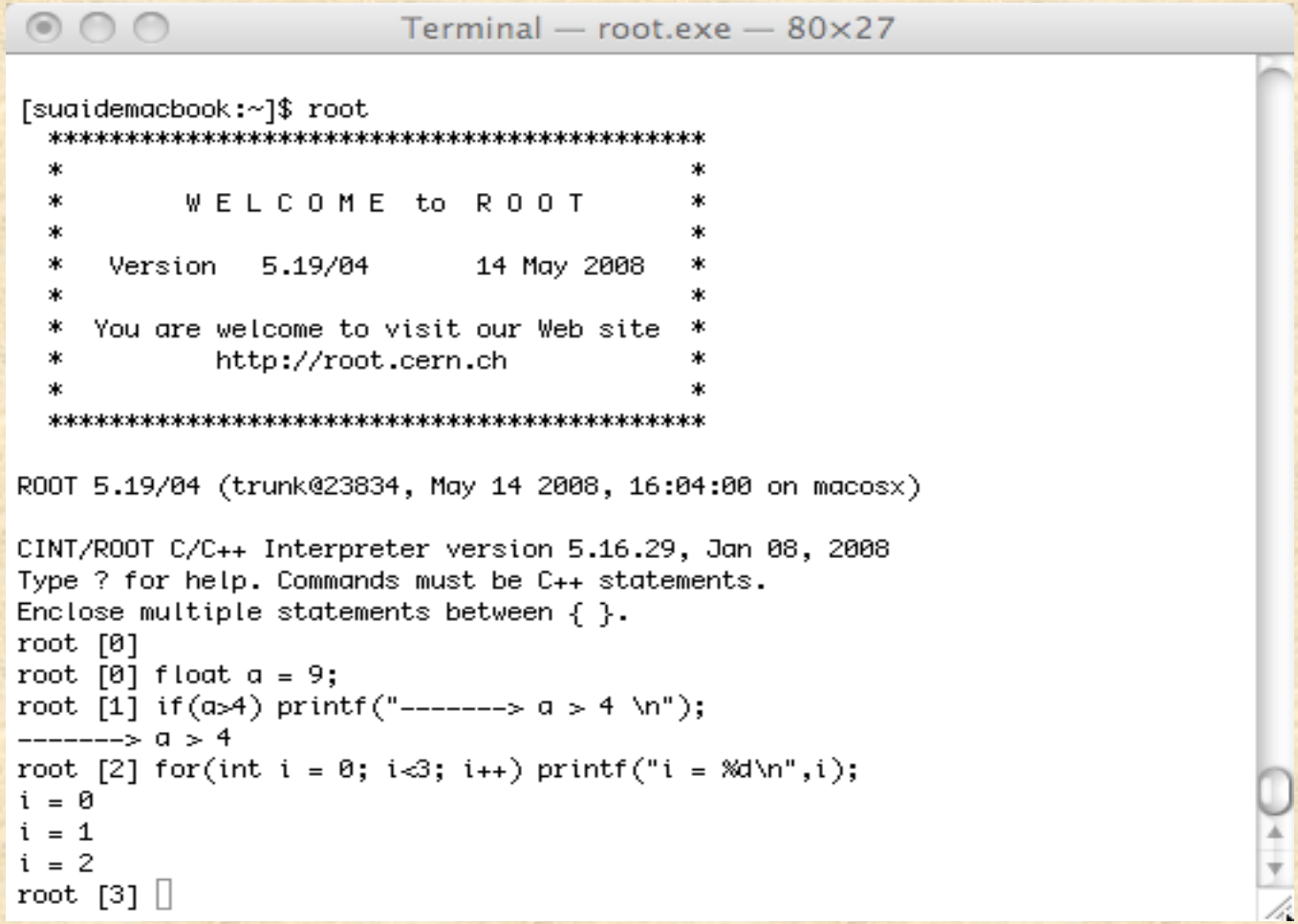


- Use a tecla TAB para obter ajuda
- **root [0]** b = new TB <TAB>
- **root [1]** b = new TBrow<TAB>
- **root [2]** b = new TBrowser(<TAB>
- Útil para descobrir a lista de métodos
- Descobrir também lista de parâmetros



ROOT é um interpretador C++ online

- Qualquer comando c++ digitado no prompt é executado → programação online



Meu primeiro programa em c++

- Utilize o seu editor de textos favorito (vi, nedit, emacs, etc.)
- Entre no root e digite

```
root [0]: .x hello.C
Meu primeiro programa
root [1]: _
```

Tipo de retorno da função

Nome da função. Para ser executada com o comando .x deve ter o mesmo nome do arquivo

Arquivo hello.C

```
void hello()
{
  printf("Meu primeiro programa\n");
  return;
}
```

Separação de comandos são feitas através do **;**

Funções ou blocos de programas são encapsulados com **{ }**

Variáveis

- Float, int, char, etc...
- No ROOT TAMBÉM: Float_t, Int_t, Char_t
  - Para compensar diferenças entre sistemas

- Exemplos de definição de variáveis

```
int a;
```
Definição simples

```
int i,j,k;
```
Definição múltipla

```
float pi=3.1415, r0=1.2;
```
Definição c/inicialização

```
double a[10], b[5][20];
```
Definição de vetores

```
float c[5] = {1,2,3,4,5};
```
Definição c/inicialização

```
float d[3][2] = {{1,2,3},{4,5,6}};
char texto[20] = "testando";
```

Loops

- for (cond. inicial; condição de teste; alteração) { comandos }

```
for(int i=0; i<10; i++)
{
  int a = i*i;
  cout << i << "*" << i << " = " << a << endl;
}
```

- do { alguma coisa } while (condição de teste);

```
int i = 0;
do
{
  int a = i*i;
  cout << i << "*" << i << " = " << a << endl;
  i++;
} while (i<10);
```

- while (condição de teste) { alguma coisa }

```
int i = 0;
while (i<10)
{
  int a = i*i;
  cout << i << "*" << i << " = " << a << endl;
  i++;
}
```

if ... else

- **Condições**

```
if ( condição ) comando;
else outroComando;

if ( condição )
{
   comando1;
   comando2;
}
else
{
   comando1;
   comando2;
}
```

O comando **else** é opcional

```
if (a<10) cout << "a é menor que 10" << endl;
else cout << "não é menor que 10" << endl;

if(a>10 && a<20) cout <<"a entre 10 e 20"<<endl;

if(a!=10) cout <<"a é diferente de 10"<<endl;
```

- Operadores condicionais

  == (igual), != (diferente), || (or), && (and), ! (not), etc.

Funções em c++

- Funções permitem a compactação de um programa, fazendo com que blocos repetitivos sejam tratados de forma isolada

```
tipo nome(parametros)
{
  comandos;
  return valor;
}
```

- Exemplo: cálculo da área de um retângulo

```
float area(float lado1, float lado2)
{
  float a = lado1*lado2;
  return a;
}
float l1,l2;
cout << "Entre os lados do retângulo ";
cin >> l1 >> l2;
cout << "A área desse retângulo é " << area(l1,l2) <<endl;
```

Polimorfismo

- Uma característica interessante em c é o polimorfismo. É possível definir funções com mesmo nome mas parâmetros distintos.
  - *O c se encarrega de decidir qual função chamar.*

- Exemplo: cálculo da área de um retângulo e quadrado

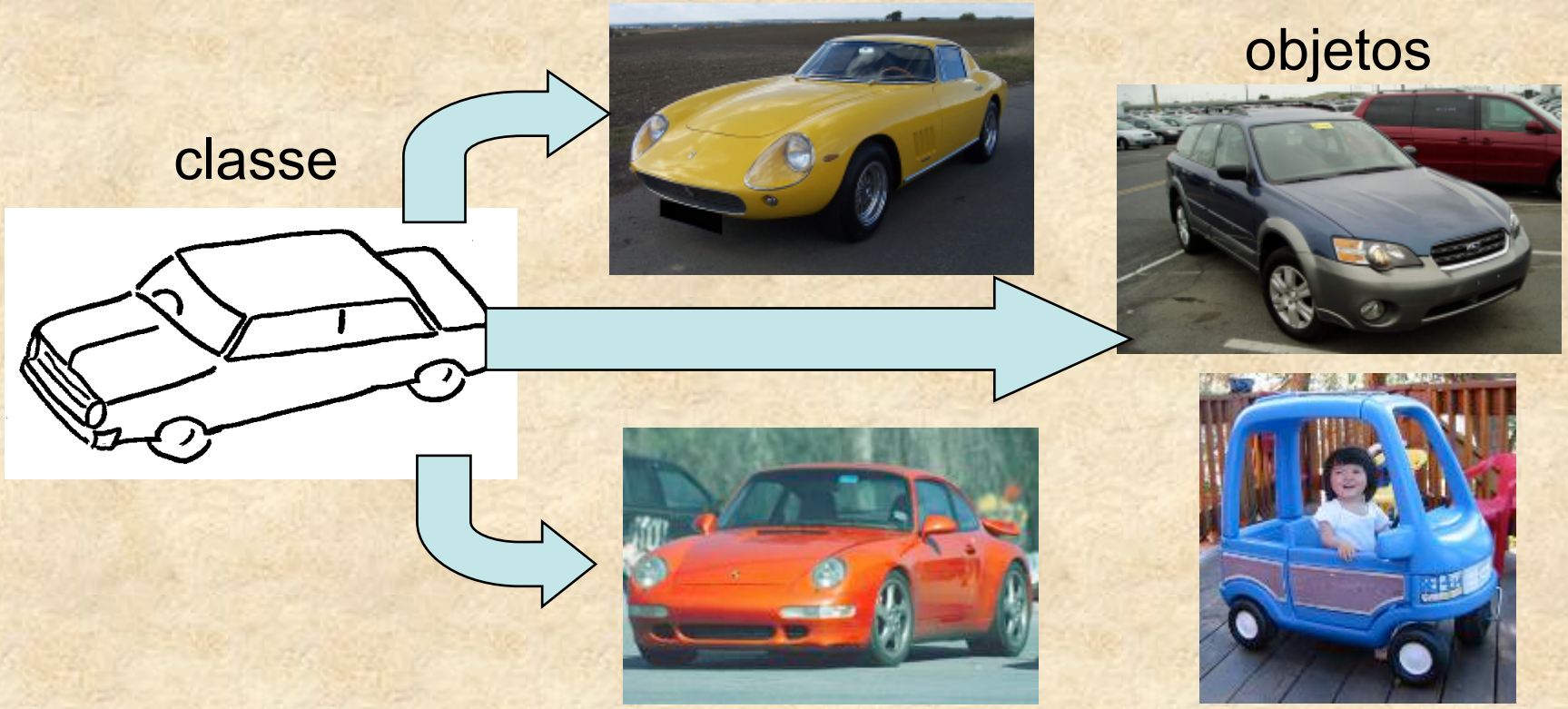
```
float area(float lado1, float lado2)
{
  float a = lado1*lado2;
  return a;
}
float area(float lado)
{
  float a = lado*lado;
  return a;
}
...
float area1 = area(10,20);
float area2 = area(10);
```

Linguagens orientadas a objetos.
Classes em c++

- Classe
  - É a descrição de algum conceito abstrato
  - Classes possuem membros
    - Membros podem ser variáveis ou funções.
    - Os membros podem ser públicos, privados ou protegidos. O usuário tem acesso somente aos membros públicos
  - Classes podem derivar de outras classes.
- Objeto
  - É a "coisa" real criada na memória do computador que tem sua estrutura definida pela classe
- Ponteiro
  - Contém o endereço de um objeto na memória
    - É uma espécie de atalho para uma certa região de memória do computador

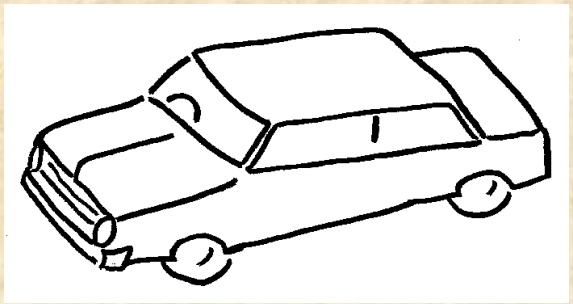
Classes e objetos em c++

- Classes são os moldes para criação de um objeto em c++
- Objetos são entidades concretas (espaço em memória) criados e organizados com estrutura definida pelas classes

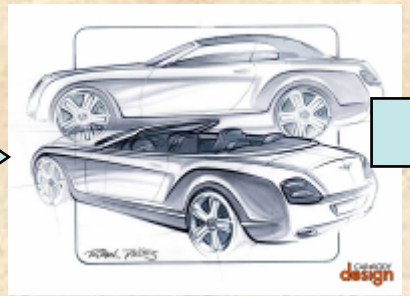


Classes podem ser derivadas de outras classes

- Em c++ há o conceito de derivação onde classes mais genéricas são criadas e funções/atributos muito específicos de um sub-conjunto são definidas em classes derivadas



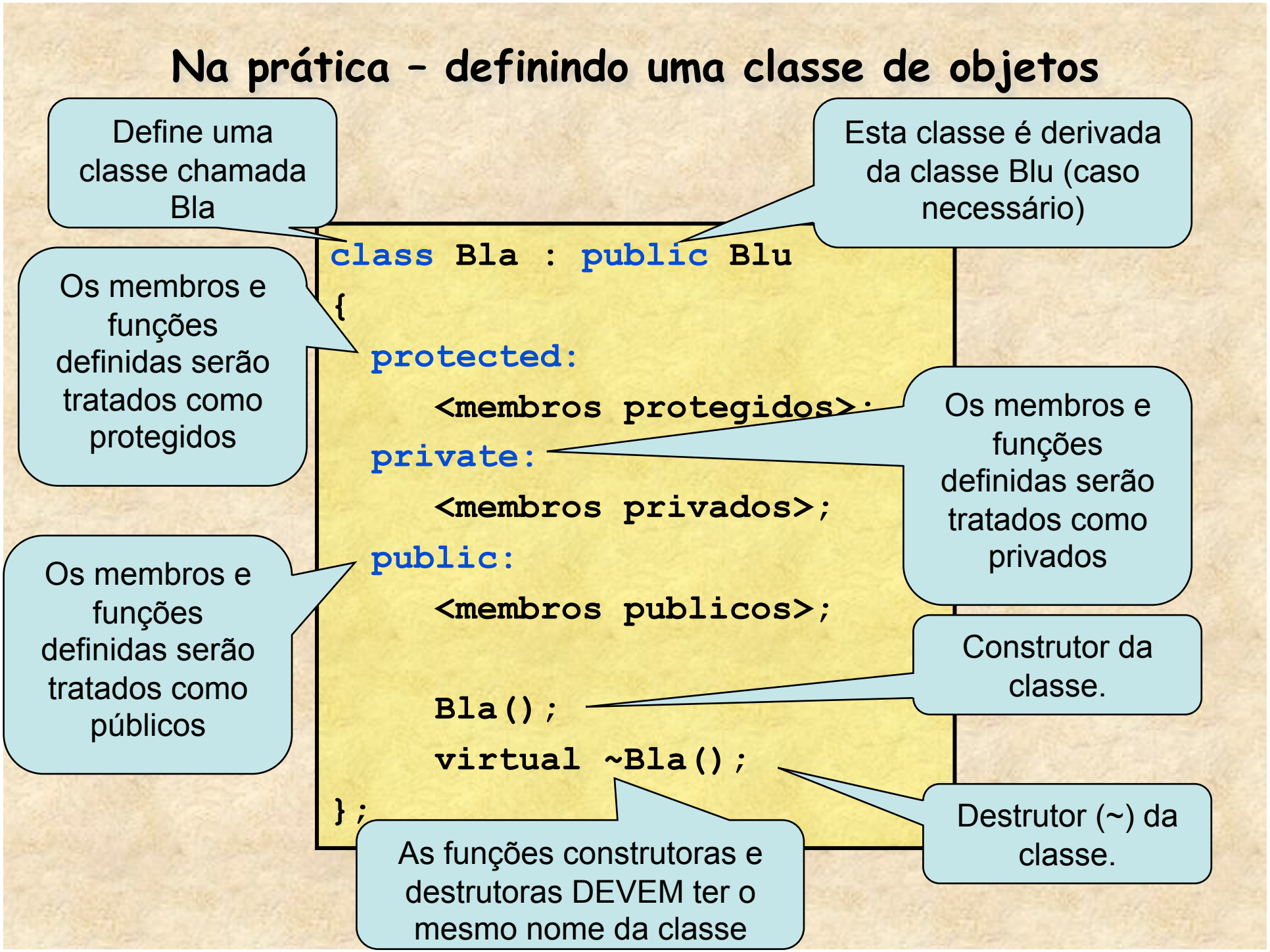
Classe genérica



Classes derivadas

Objetos

Na prática - definindo uma classe de objetos



Membros de uma classe

- Os membros de uma classe podem ser variáveis, funções, ponteiros ou até mesmo objetos de outras classes
  - Dependem da tarefa a ser executada
- Membros podem ser potected, private ou public
  - Public
    - Não há restrições no acesso a estes membros, sejam em classes derivadas ou pelo usuário
  - Protected
    - Só podem ser acessados pela própria classe ou classes derivadas
  - Private
    - Só podem ser acessados pela própria classe
- Existe um tipo de classe chamada "friend" que pode acessar todos os membros de outra classe mas o seu uso não é recomendado.

Acessando e criando objetos

- Para saber os métodos (funções) acessíveis de um objeto deve-se olhar a sua definição (classe). Os métodos públicos são acessíveis
  - Os métodos com o mesmo nome da classe são denominados construtores e são utilizados para criar o objeto

```
class TGraph : public TNamed, public TAttLine, public TAttFill,
   public TAttMarker
{
  public:
            TGraph();
            TGraph(Int_t n);
            TGraph(Int_t n, const Int_t* x, const Int_t* y);
            TGraph(Int_t n, const Float_t* x, const Float_t* y);
            TGraph(Int_t n, const Double_t* x, const Double_t* y);
   Double_t GetErrorX(Int_t bin);
   Double_t GetErrorY(Int_t bin);
   Double_t GetCovariance();
   void     SetTitle(const char* title = "");
...
};
```

Classes das quais esse objeto também faz parte. Métodos públicos dessas classes também são acessíveis

construtores

Métodos diversos

Criando e destruindo objetos

- **Criando objetos no stack**

```
void exemplo_obj_1()
 {
   TH1F h("hist","histograma",100,0,10);
   h.SetLineColor(1);
   h.Draw();
 }
```

Parâmetros para criação do objeto

Construtor do objeto

  - *O objeto `h` deixa de existir quando a função termina*

- **Criando objetos no heap (`new` e `delete`)**

```
void exemplo_obj_2()
 {
   TH1F* h = new TH1F("hist","histograma",100,0,10);
   h->SetLineColor(1);
   h->Draw();
 }
```

  - *Objetos no heap são acessados com ponteiros*
  - *O objeto `h` só deixa de existir com o `delete h;`*

Gráficos e histogramas no ROOT

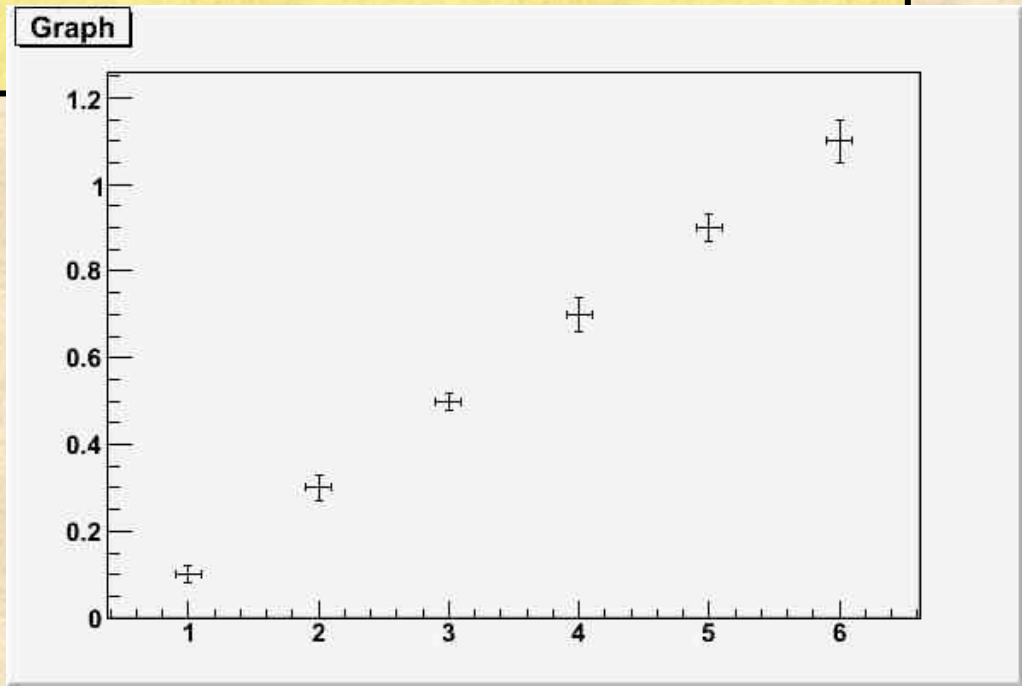
- **Gráficos e histogramas**
  - O ROOT possui uma quantidade enorme de classes para tratar objetos gráficos
  - Gráficos
    - TGraph – Gráficos de X e Y simples
    - TGraphErrors – Gráficos com barras de erro
  - Funções
    - TF1 – Função de 1 variável F=F(x)
    - TF2 – Função em 2 variáveis F=F(x,y)
  - Histogramas
    - TH1 – Histogramas de 1 dimensão
      - TH1I, TH1S, TH1F, TH1D, ... (estabelece a precisão do eixo)
    - TH2 – Histogramas de 2 dimensões
    - TH3 – Histogramas de 3 dimensões

Gráficos X-Y

- **Criar gráficos a partir de uma tabela é como tirar doce da mão de criança...**
- **TGraph e TGraphError**
  - ... = new TGraph(N,x,y);
  - ... = new TGraphErrors(N,x,y,ex,ey);
- **Onde**
  - N = **número de pontos**
  - x, y **são ponteiros para os vetores com os dados**
  - ex, ey **são ponteiros para os vetores com os erros**

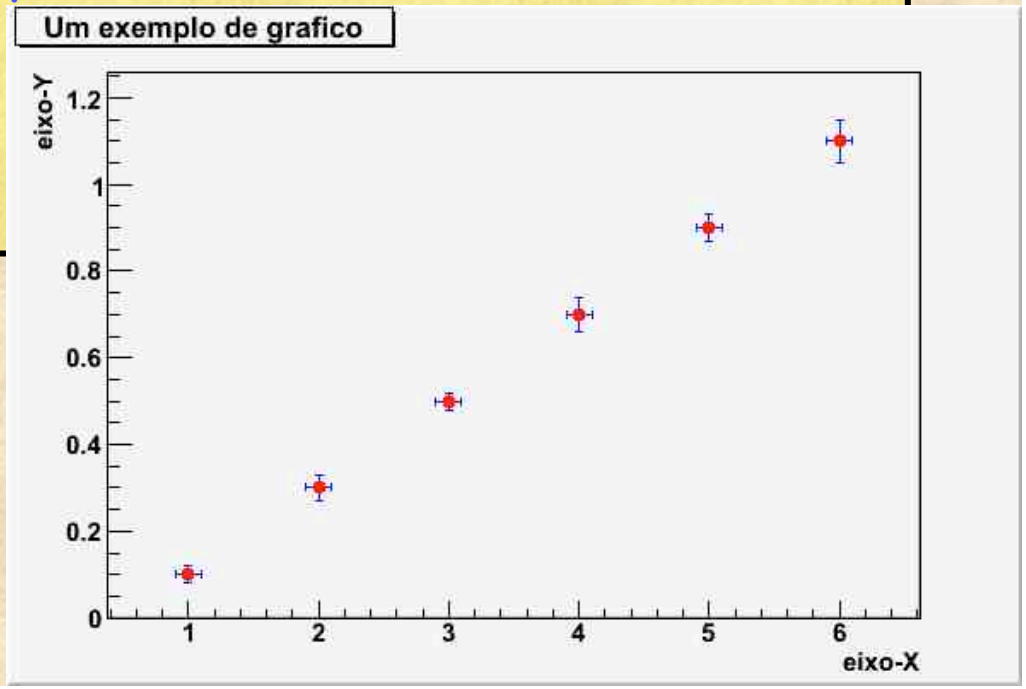
Um exemplo de gráfico (exemplo_Tgraph_1.C)

```
void exemplo_Tgraph_1()
{
  float x[]  = {1,2,3,4,5,6};
  float y[]  = {0.1,0.3,0.5,0.7,0.9,1.1};
  float ex[] = {0.1,0.1,0.1,0.1,0.1,0.1};
  float ey[] = {0.02,0.03,0.02,0.04,0.03,0.05};
  TGraphErrors *g = new TGraphErrors(6,x,y,ex,ey);
  g->Draw("AP"); // A desenha os eixos, P desenha pontos
  return;
}
```



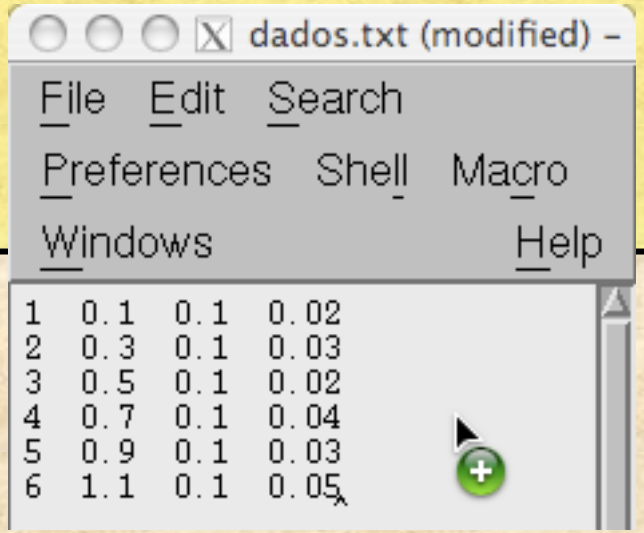
Um exemplo de gráfico (exemplo_Tgraph_2.C)

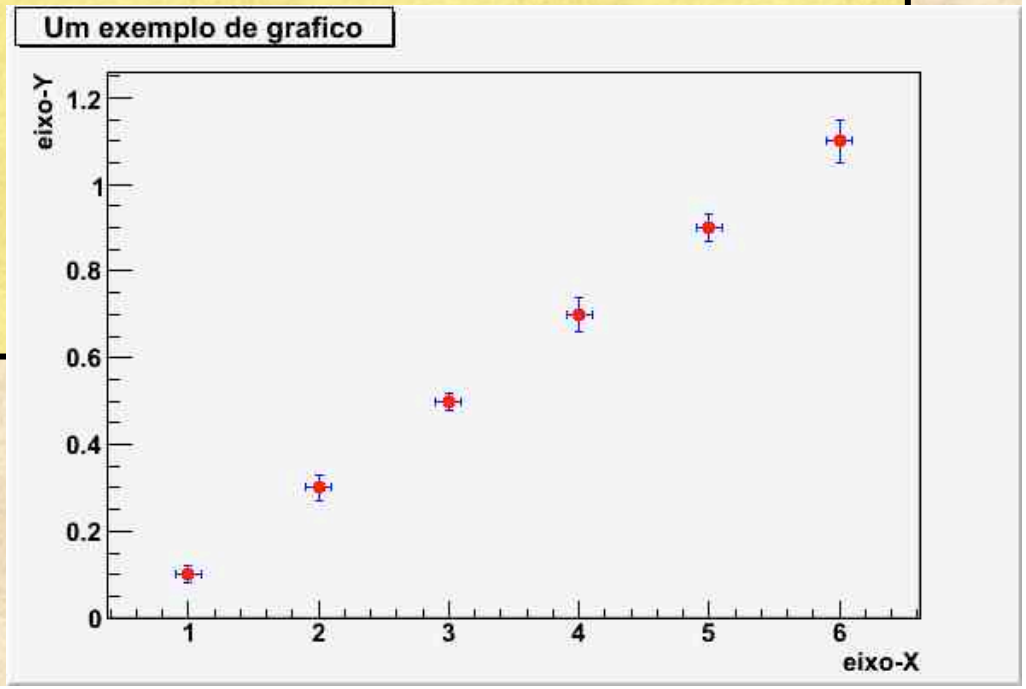
```
void exemplo_Tgraph_2()
{
 float x[]  = {1,2,3,4,5,6};
 float y[]  = {0.1,0.3,0.5,0.7,0.9,1.1};
 float ex[] = {0.1,0.1,0.1,0.1,0.1,0.1};
 float ey[] = {0.02,0.03,0.02,0.04,0.03,0.05};
 TGraphErrors *g = new TGraphErrors(6,x,y,ex,ey);
 g->Draw("AP"); // A desenha os eixos, P desenha pontos
 g->SetMarkerStyle(20); // estilo do ponto 20 = circulo
 g->SetMarkerColor(2);
 g->SetLineColor(4);
 g->SetTitle("Um exemplo de grafico");
 g->GetXaxis()->SetTitle("eixo-X");
 g->GetYaxis()->SetTitle("eixo-Y");
 return;
}
```



Um exemplo de gráfico

```
void exemplo_TGraph_3()
{
 TGraphErrors *g = new TGraphErrors("dados.txt", "%lg %lg %lg %lg");
 g->Draw("AP"); // A desenha os eixos, P desenha pontos
 g->SetMarkerStyle(20); // estilo do ponto 20 = circulo
 g->SetMarkerColor(2);
 g->SetLineColor(4);
 g->SetTitle("Um exemplo de grafico");
 g->GetXaxis()->SetTitle("eixo-X");
 g->GetYaxis()->SetTitle("eixo-Y");
 return;
}
```





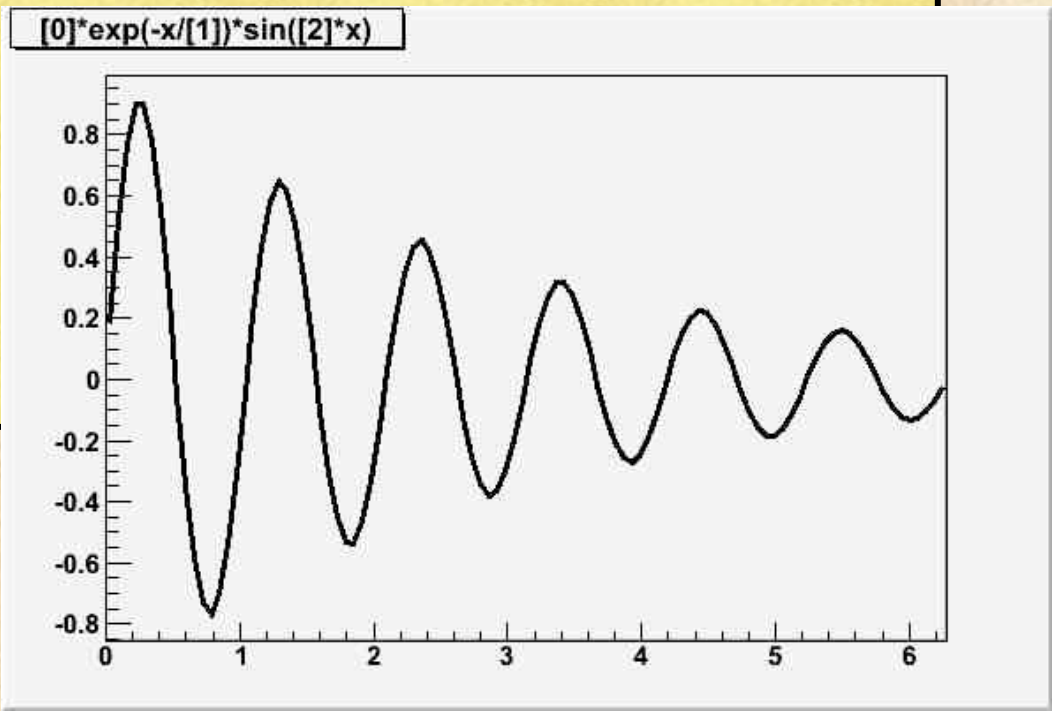
Criando funções

- O ROOT possui classes para definir funções.
  - TF1, TF2 e TF3
- Uso
  - TF1 *f = new TF1("nome","formula",min,max);
- A fórmula deve ser escrita usando a sintaxe padrão de c++.
  - Parâmetros variáveis devem vir entre brackets
    - [0], [1], etc
  - As variáveis são x, y e z
- Alguns métodos interessantes
  - SetParameter(), GetParameter(), GetParError(), GetChisquare(), Eval(), etc.

Um exemplo simples

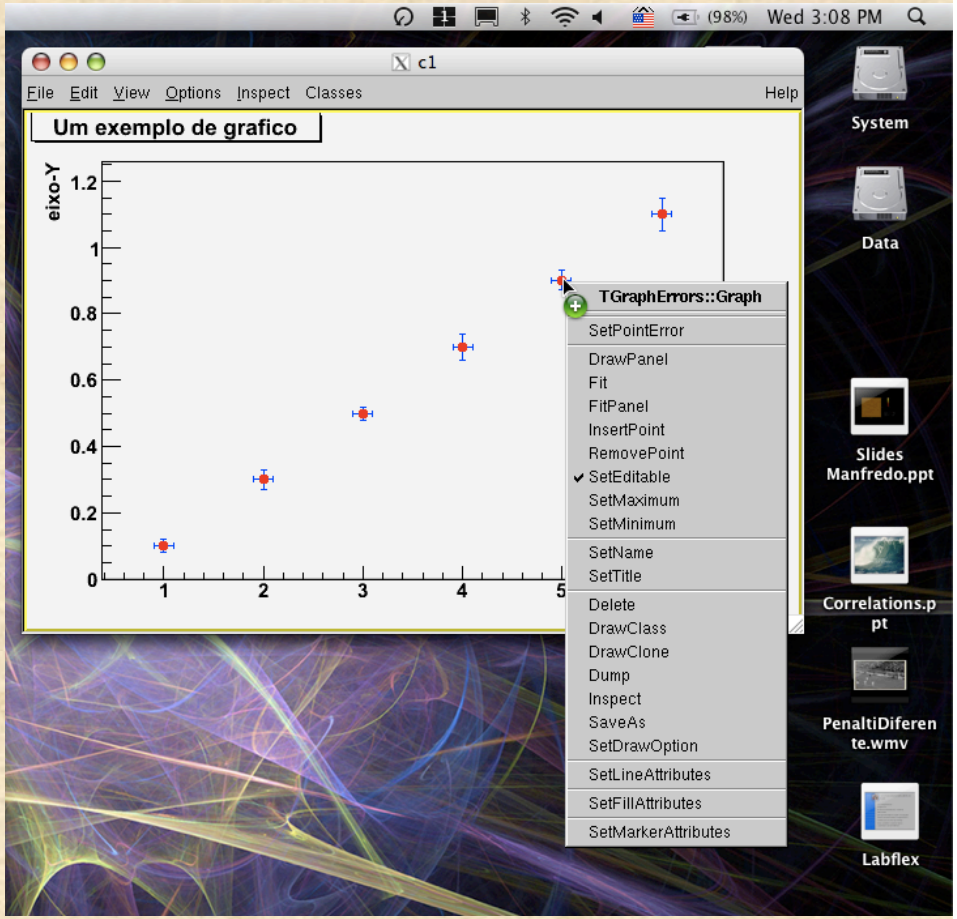
```
void exemplo_func()
{
   TF1 *f1 = new TF1("func",
                     "[0]*exp(-x/[1])*sin([2]*x)",
                     0,6.28);
   f1->SetParameter(0,1);
   f1->SetParameter(1,3);
   f1->SetParameter(2,6);
   f1->Draw();
}
```

O fim de um comando só ocorre quando se coloca o ;

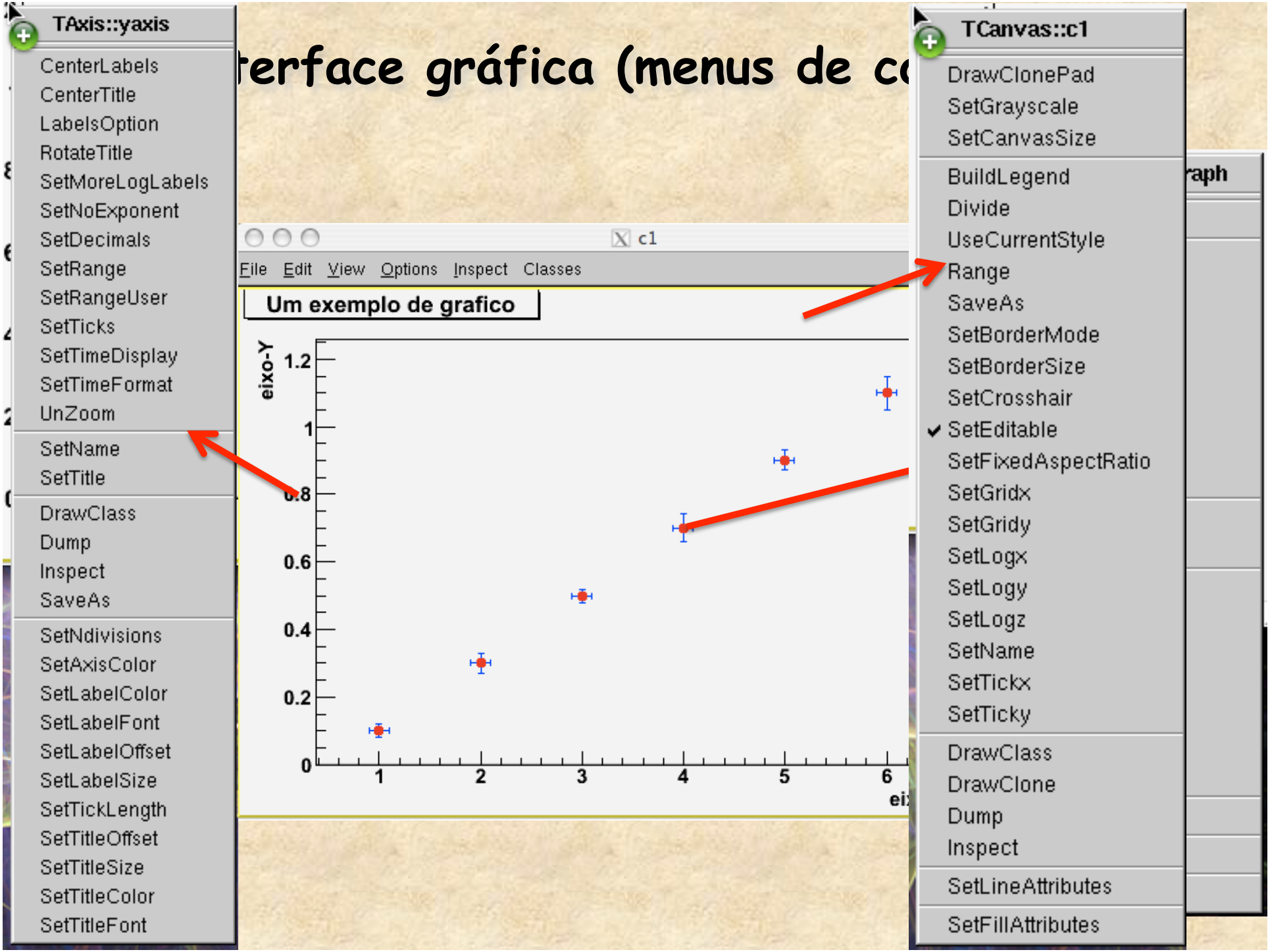


Outra forma de interface: Mouse

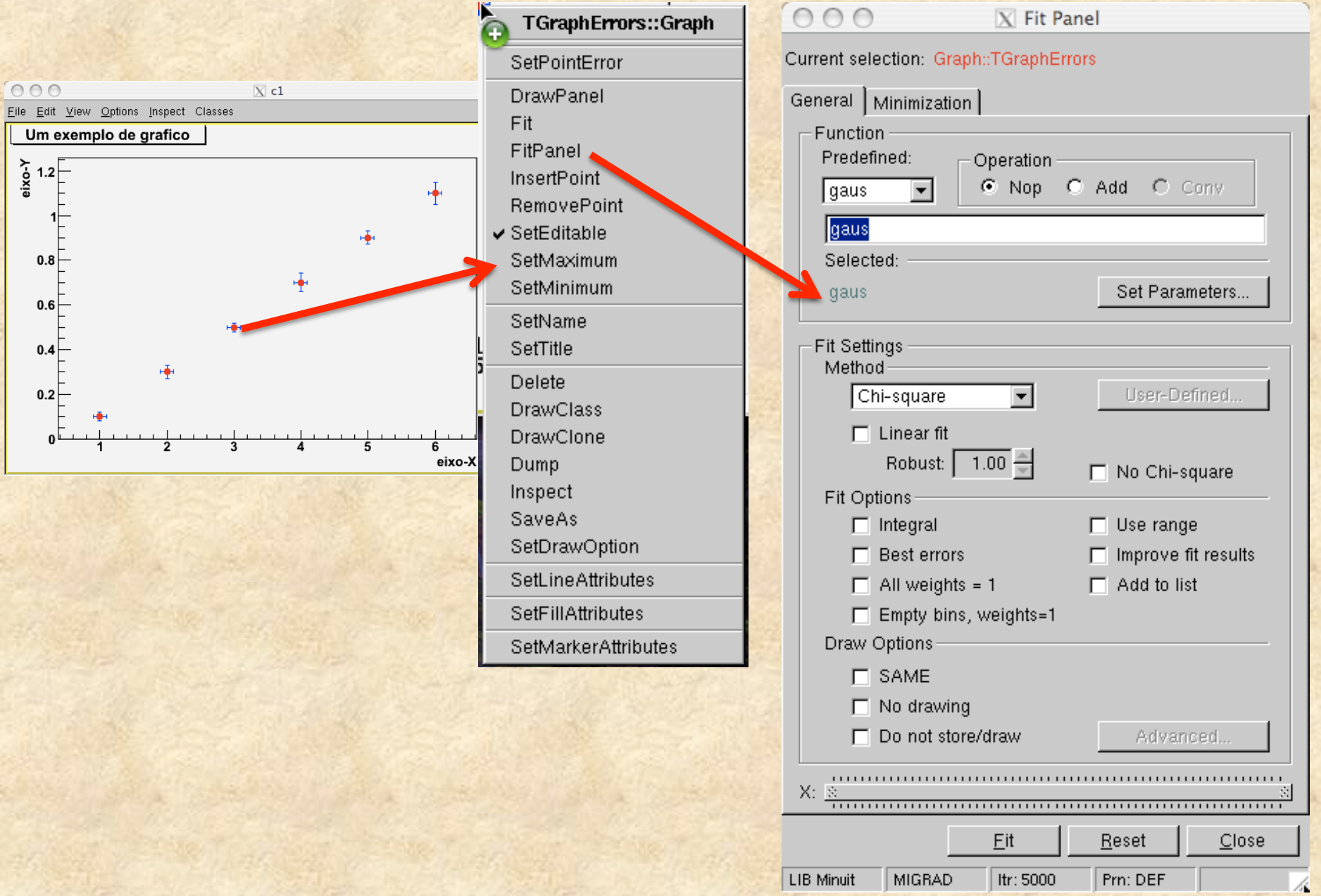
- Sempre que passamos com o mouse sobre elementos gráficos (eixos, pontos de um gráfico, fundo da tela), podemos clicar com o botaão direito e abrir uma menu de atributos



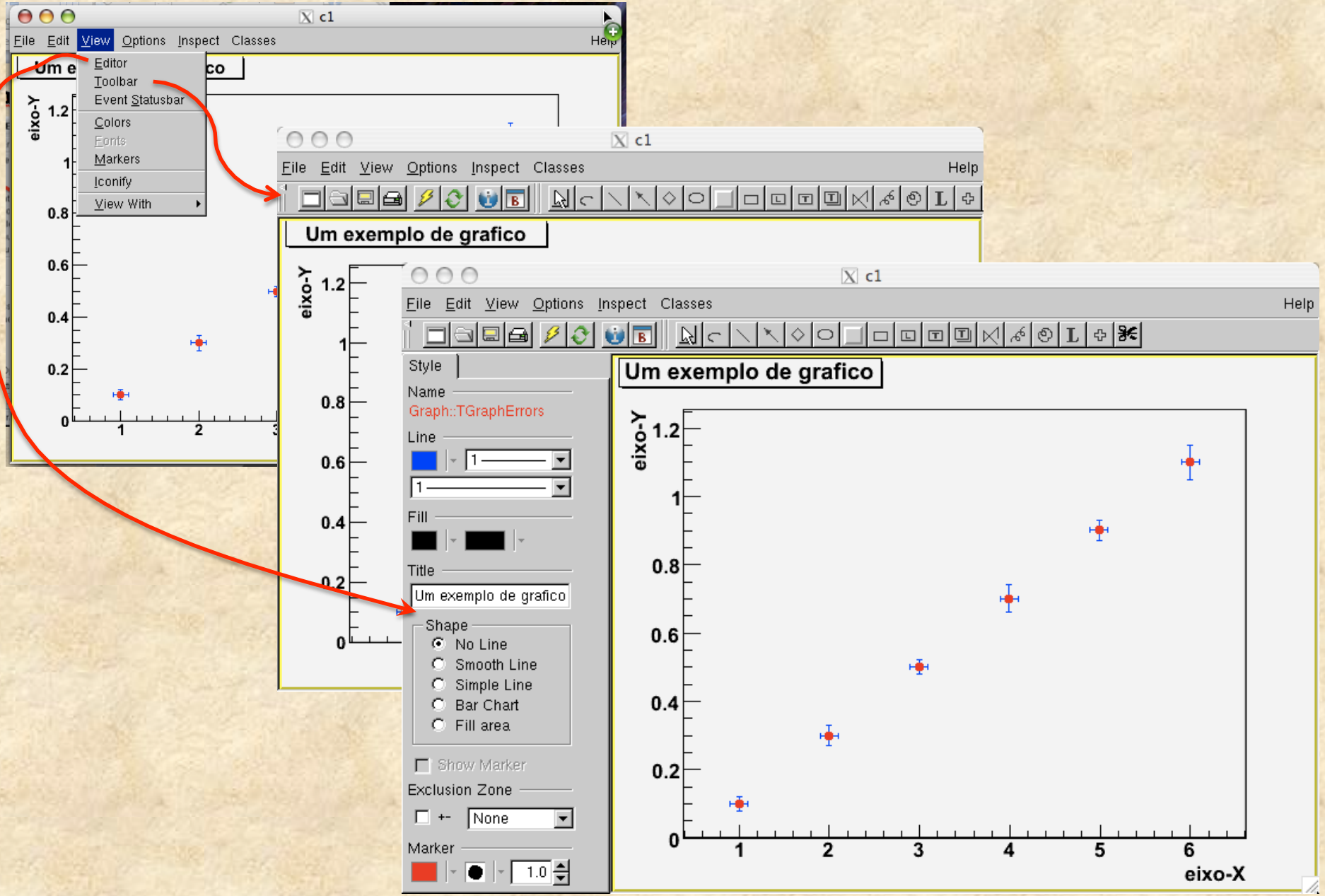
terface gráfica (menus de c



Interface gráfica (menus de contexto)



Interface gráfica (barras de ferramentas)



Salvando como .C

- Salvando o arquivo no formato ROOT macro
  - File->Save as
- O ROOT gera um programa em C que, se executado, cria exatamente a mesma figura
  - Muito útil para aprender as manhas

exemplo_TGraph_salvo.C – /Volumes/Data/Users/suaide/

File Edit Search Preferences Shell Macro Windows Help

```
21    gre->SetPointError(2,0.1,0.02);
22    gre->SetPoint(3,3.991597,0.7013525);
23    gre->SetPointError(3,0.1,0.04);
24    gre->SetPoint(4,4.987899,0.9021889);
25    gre->SetPointError(4,0.1,0.03);
26    gre->SetPoint(5,6,1.1);
27    gre->SetPointError(5,0.1,0.05);
28
29    TH1 *Graph12 = new TH1F("Graph12","Um exemplo de grafico",100,0.38,6.62)
30    Graph12->SetMinimum(0);
31    Graph12->SetMaximum(1.257);
32    Graph12->SetDirectory(0);
33    Graph12->SetStats(0);
34    Graph12->GetXaxis()->SetTitle("eixo-X");
35    Graph12->GetYaxis()->SetTitle("eixo-Y");
36    gre->SetHistogram(Graph12);
37
38    gre->Draw("ap");
39
40    TPaveText *pt = new TPaveText(0.01,0.9408647,0.3812605,0.995,"blNDC");
41    pt->SetName("title");
42    pt->SetBorderSize(2);
43    pt->SetFillColor(19);
44    TText *text = pt->AddText("Um exemplo de grafico");
45    pt->Draw();
46
47    TEllipse *ellipse = new TEllipse(1.817259,0.9287834,0.4751269,0.1291917,
48    ellipse->Draw();
49    TPave *pave = new TPave(2.556345,1.019567,3.88934,1.2151,4,"br");
50    pave->Draw();
51    TCurlyLine *curlyline = new TCurlyLine(2.213198,0.7891167,4.483249,0.415
52    curlyline->Draw();
53    TArrow *arrow = new TArrow(5.314721,0.4155083,5.037563,0.8519667,0.05,">
54    arrow->SetFillColor(1);
55    arrow->SetFillStyle(1001);
56    arrow->Draw();
57
58    pt = new TPaveText(2.833503,0.1291917,6.436548,0.3212333,"br");
59    pt->SetFillColor(19);
60    TLine *line = pt->AddLine(0,-0.6727272,0,-0.6727272);
61    text = pt->AddText("testando a barra de ferramentas");
62    pt->Draw();
63    c1->Modified();
64    c1->cd();
65    c1->SetSelected(c1);
66    c1->ToggleToolBar();
```

Como obter informações

- Vários tutoriais de ROOT em
  - http://www.dfn.if.usp.br/~suaide/
- Referências e documentação do ROOT
  - http://root.cern.ch
    - Página principal do root
  - http://root.cern.ch/root/Categories.html
    - Documentação sobre as classes do root
  - http://root.cern.ch/root/Tutorials.html
    - Tutoriais com exemplos simples, passo a passo
  - http://root.cern.ch/root/HowTo.html
    - Como resolver problemas comuns