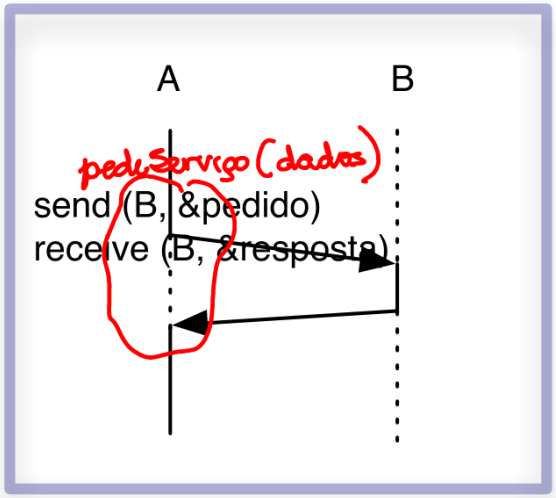
Sistemas Distribuídos

Chamada Remota de Procedimento

RPC

abril de 2017

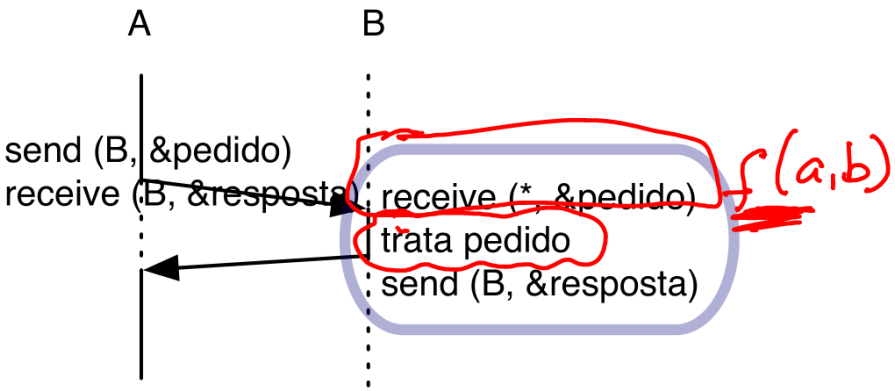
RPC: motivação



como facilitar esse padrão tão comum?

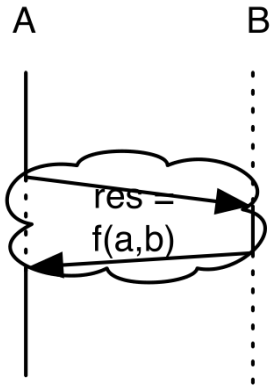
- encapsulamento de detalhes de comunicação
  - criação, envio e recebimento de mensagens
  - empacotamento de argumentos
  - tratamento de reenvio, etc

RPC: motivação



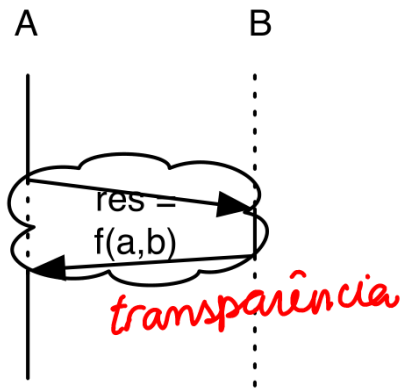
- lado do servidor também pode se beneficiar de abstração
- "serviço" escrito como uma função qualquer

RPC: abstração



- originalmente: ênfase em transparência
- programa distribuído com mesma organização que programa local
- tratamento automático de empacotamento e desempacotamento

RPC: modelo de execução tradicional

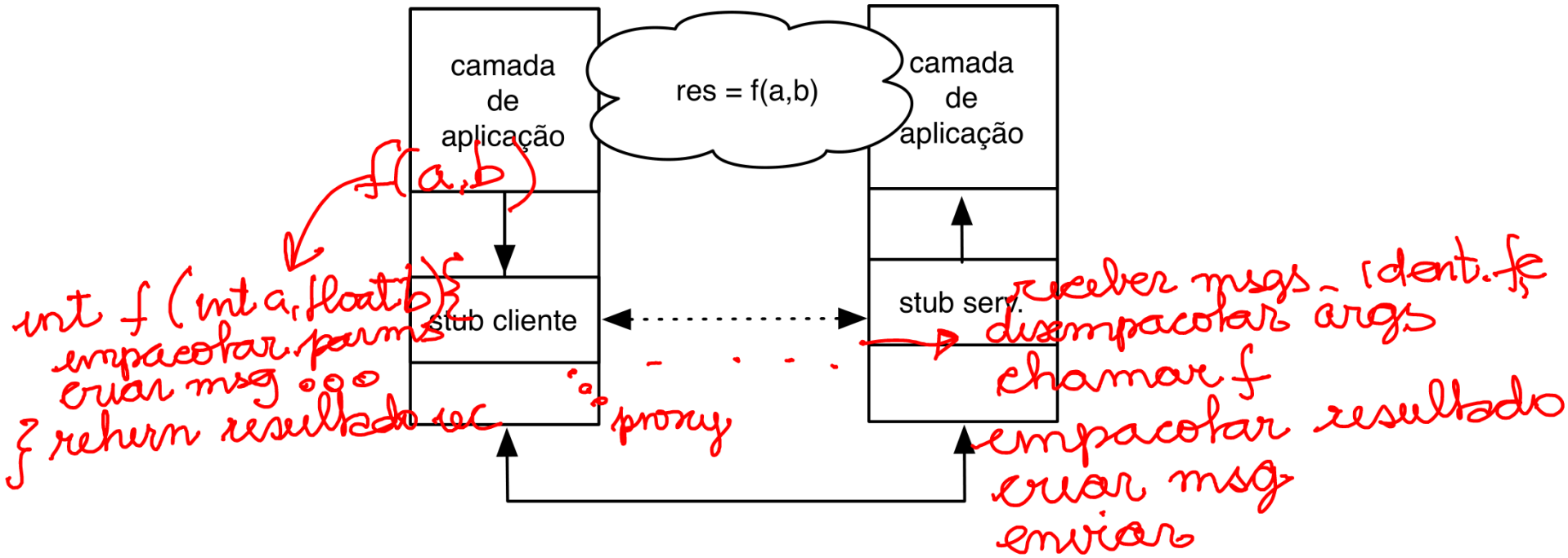


- chamador permanece bloqueado até chegada de resposta
  - analogia direta com caso local
- modelo utilizado largamente em redes locais
  - servidores de arquivos

RPC – referência clássica

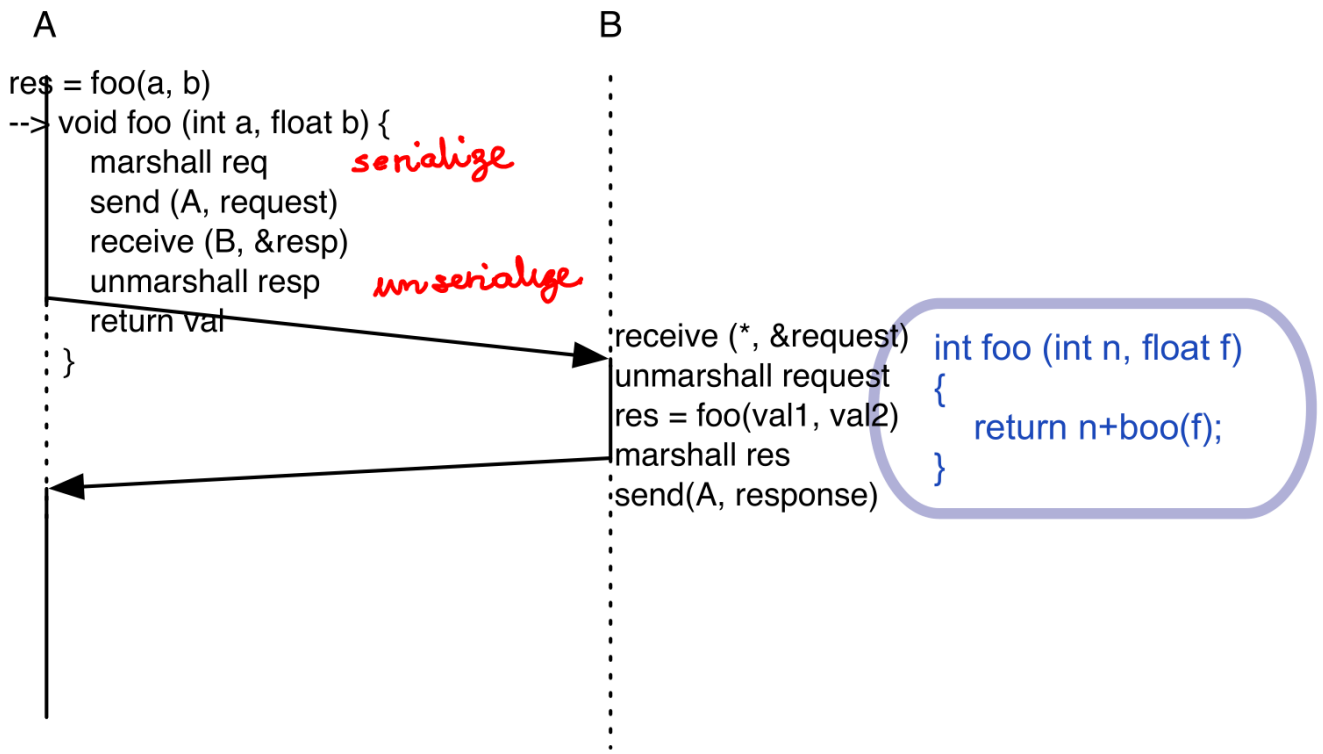
- A. Birrell and B. Nelson. 1984. Implementing remote procedure calls. *ACM Transactions on Computer Systems*, 2(1), 39-59.

RPC: implementação

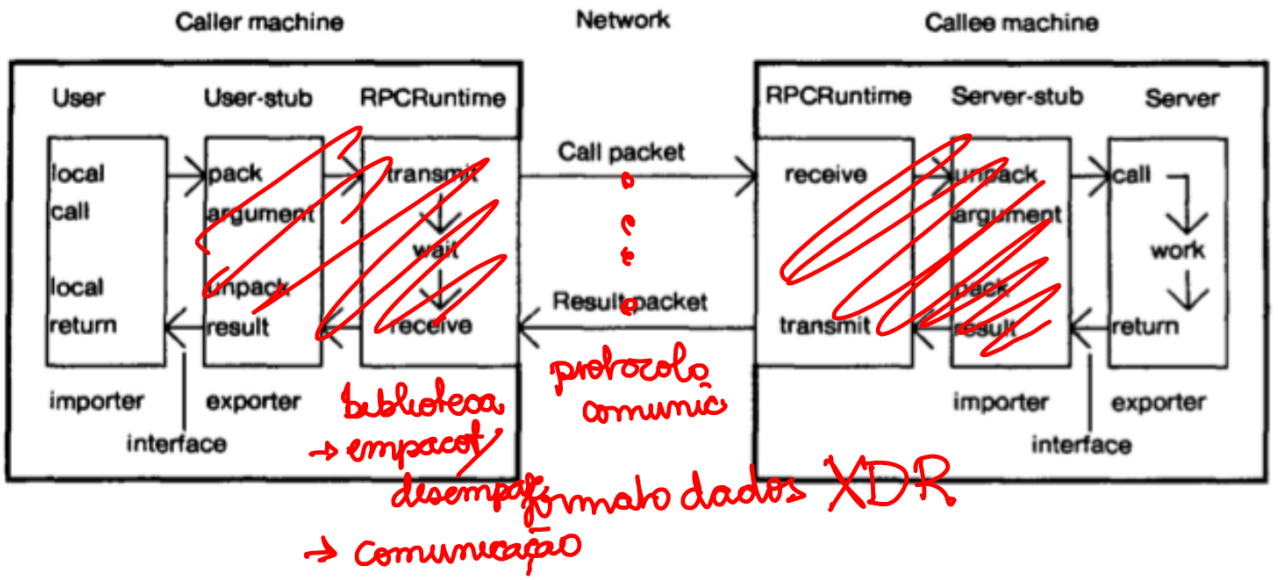


- *stubs* intermediam comunicação

RPC: implementação



RPC: implementação tradicional



- geração automática de stubs cliente e servidor a partir de *interface*
  - introdução de *IDLs*

RPC: especificação de interfaces

exemplo Sun RPC:

```
struct intpair {
  int a;
  int b;
};
program ADD_PROG {
  version ADD_VERS {
    int ADD(intpair) = 1;
  } = 1;
} = 0x23451111;
```

pré-compilador (no caso rpcgen)

- geração de stub cliente e stub servidor, com chamadas à biblioteca RPC
  - *marshalling*
  - *unmarshalling*
  - comunicação na rede
  - arquivo de interface para cliente

definição de interfaces:

RPC como parte de uma linguagem:

assinaturas usam a própria LP

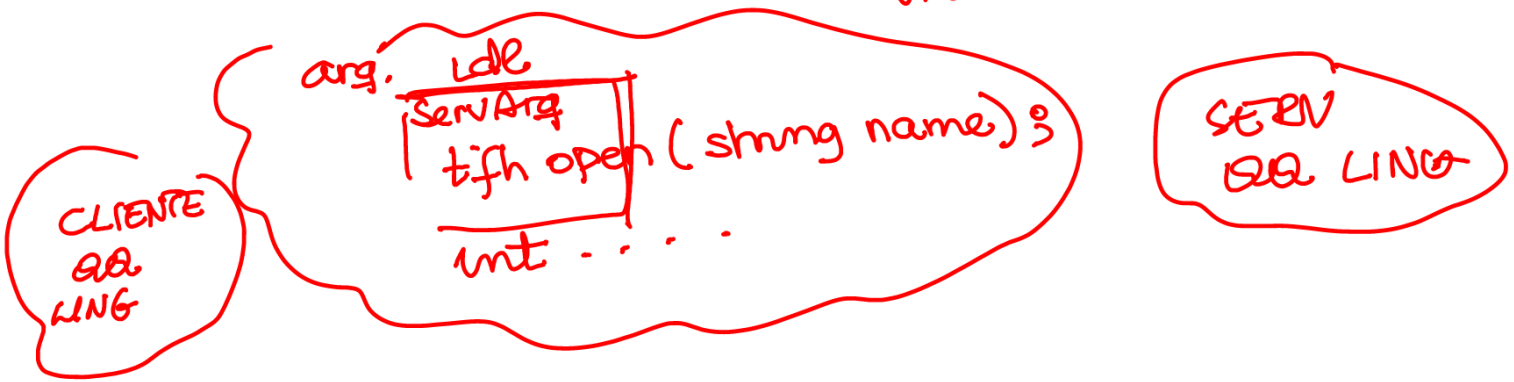
RPC "inter. linguagens" ou como biblioteca

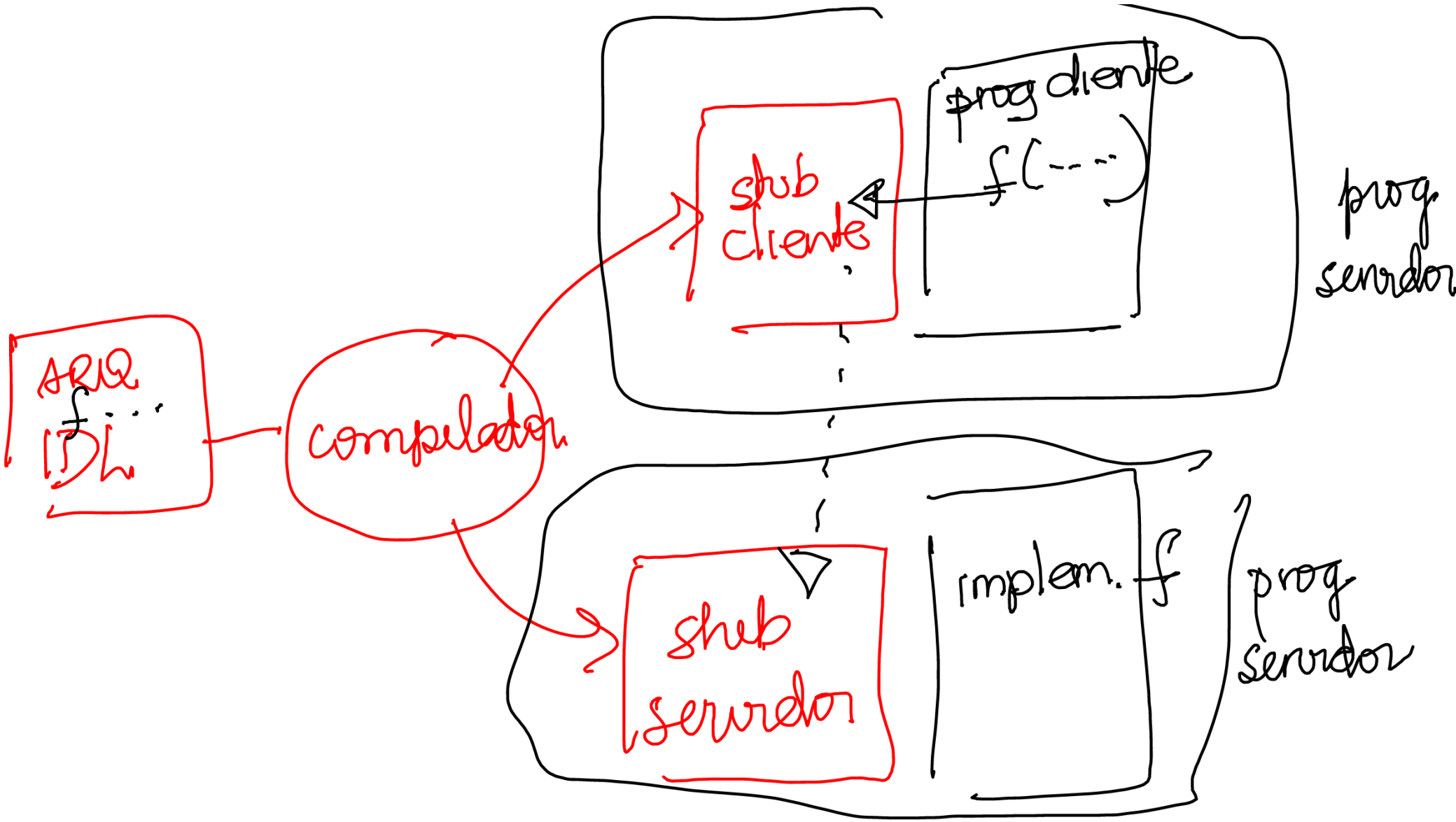
linguagem própria

anos 90 / 2000

mundo CORBA

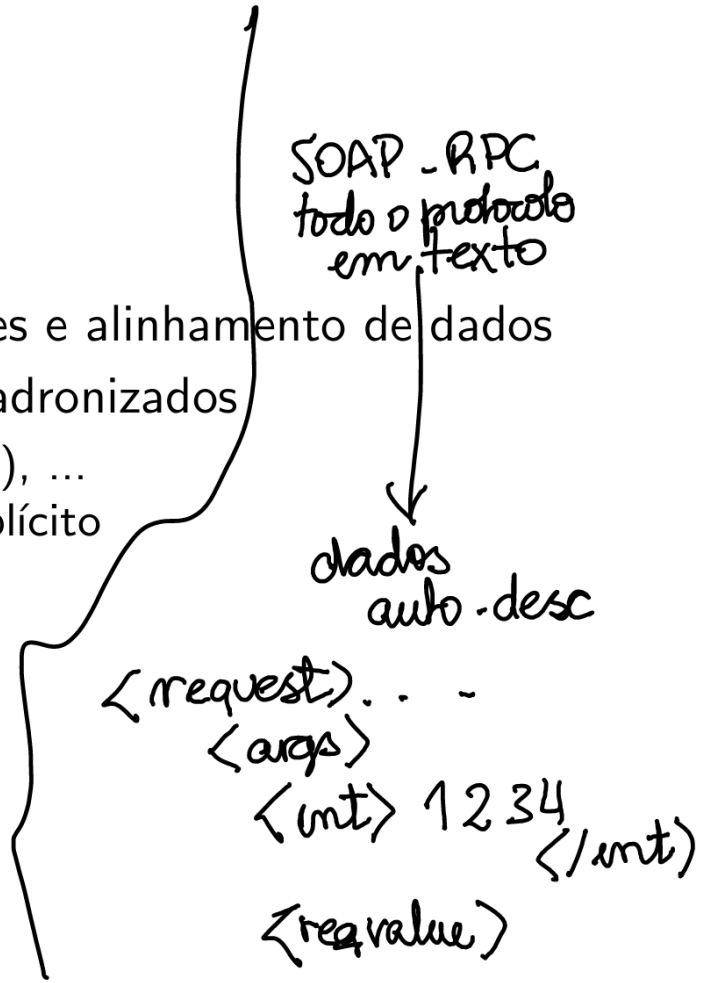
RMI - remote method invocation

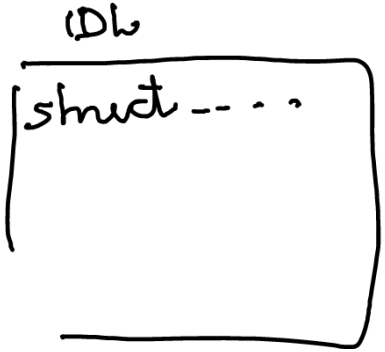



ARQ
f...
ID...
compilador
stub
cliente
prog cliente
f(...)
prog.
servidor
stub
servidor
implem. f
prog.
servidor

RPC: empacotamento de dados (1)

- problemas com representações diferentes e alinhamento de dados
- surgimento de protocolos e formatos padronizados
  - biblioteca XDR, formato ASN.1 (ISO), ...
  - codificações com tipo explícito X implícito





sero
ling 2

cliente

ling 1

compiladores de IDL para várias langs

CORBA: C++, Java, C, python, ..., Lua

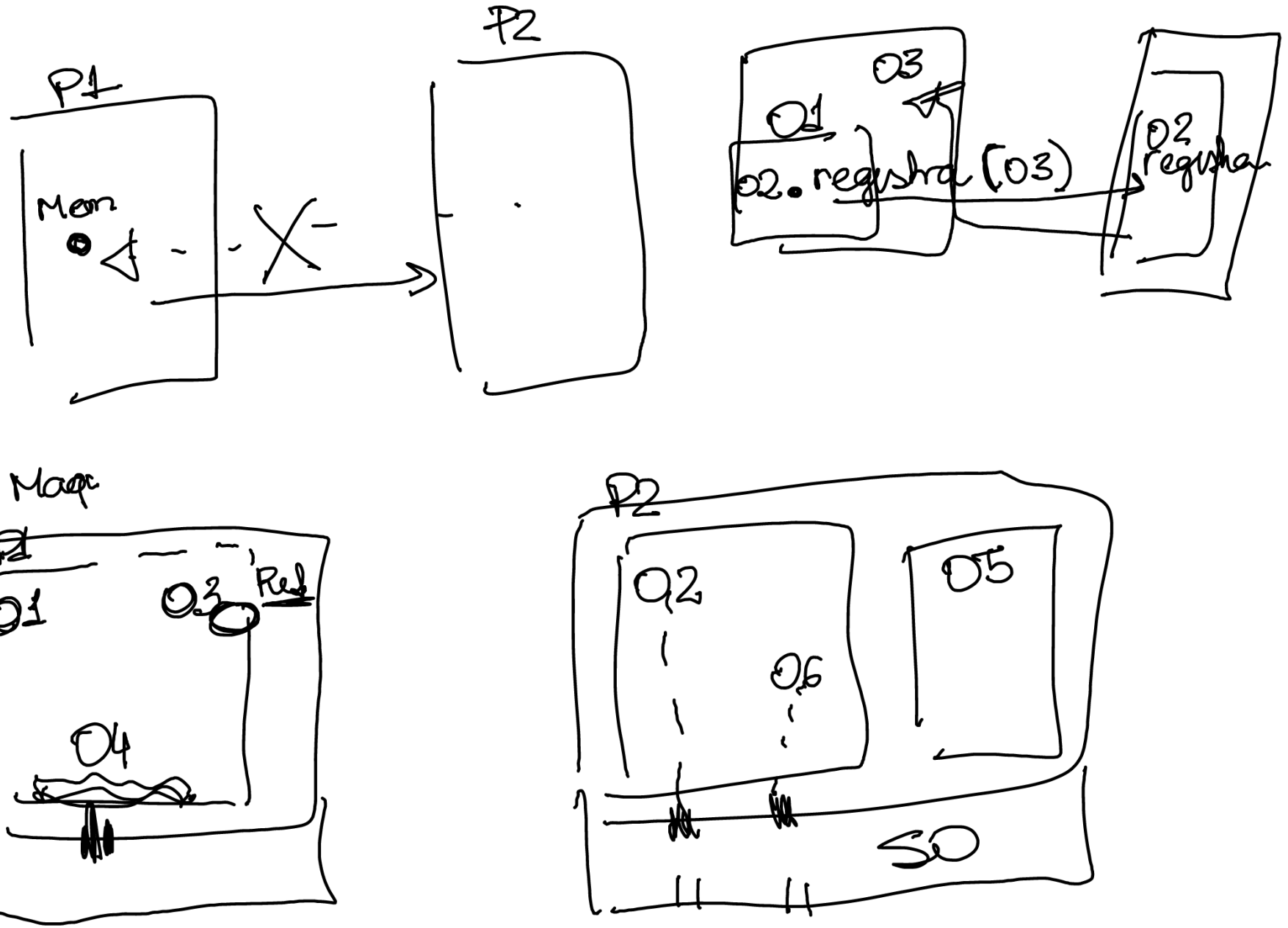
mapeamento tipos IDL → tipos ling específica OMG

BINDING da IDL para ling. X

padronizados ou não

RPC: empacotamento de dados (2)

- referências de memória não fazem sentido
- empacotamento de estruturas complexas?
  - possibilidade do programador definir empacotamentos
- referências voltam a fazer sentido no contexto de objetos distribuídos!
  - *callbacks*


P1
Mem
P2
O3
O1
O2.registra(O3)
O2
registra
Mapa
P1
O1
O3
Red
O4
P2
O2
O6
O5
SO

identificador de objeto

OID b3A51472d....

Localização de Servidores

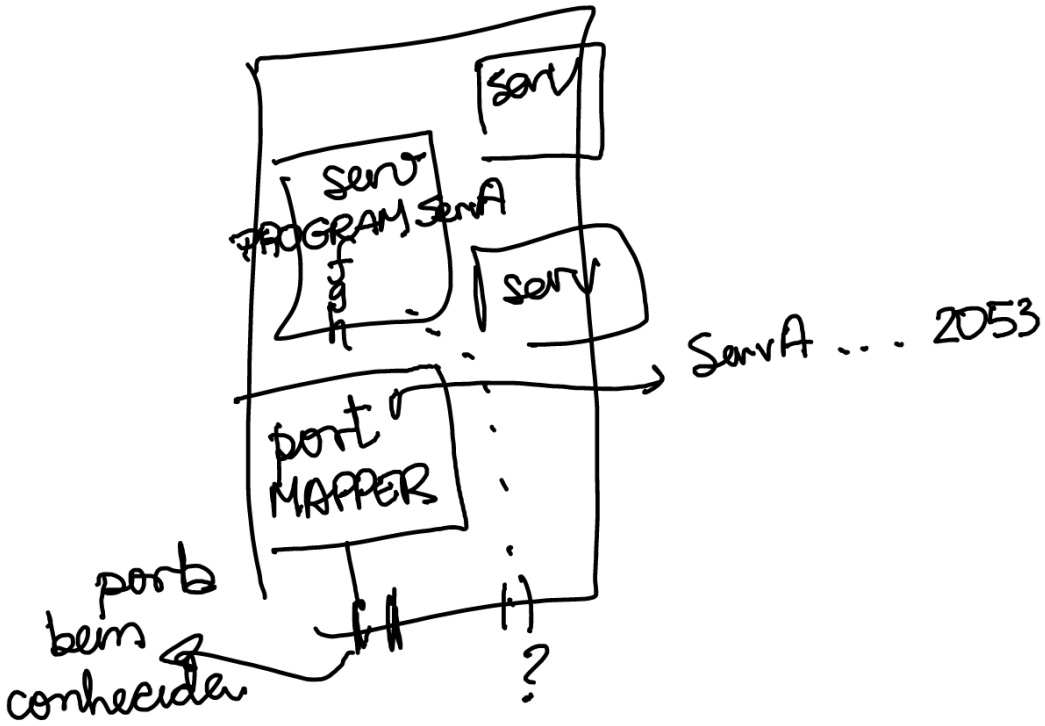
binding

- problema semelhante ao de localização de destinatário de mensagem, mas agora com abstração de mais alto nível
  - uso de bases de dados centralizadas
  - uso de bases de dados por máquina

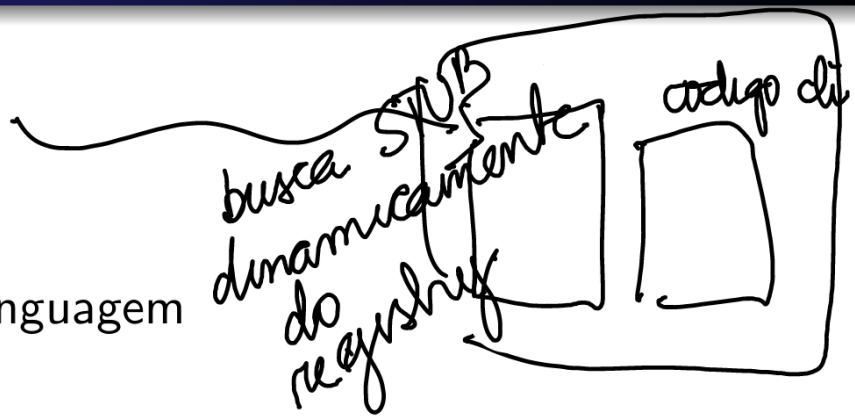
servidores de nomes

Sun RPC


cliente


serv
serv
PROGRAM ServA
serv
ServA ... 2053
port MAPPER
porta bem conhecida
?

Java RMI



- utilização de características da linguagem
- interfaces x classes
- interface `Remote` define propriedades comuns a todos os objetos remotos usada nas declarações do cliente
- exceção `RemoteException`
- classe `UnicastRemoteObject` implementa funcionalidade básica de objeto remoto estendida pela implementação do objeto servidor
- carga dinâmica (download) de stubs e de implementações de argumentos

Java RMI – Cliente

```
package client;
import java.rmi.registry.LocateRegistry;
import java.rmi.registry.Registry;
...
public class ComputePi {
    public static void main(String args[]) {
        if (System.getSecurityManager() == null) {
            System.setSecurityManager(new SecurityManager());
        }
        try {
            String name = "Compute";
            Registry registry = LocateRegistry.getRegistry(args[0]);
            Compute comp = (Compute) registry.lookup(name);
            Pi task = new Pi(Integer.parseInt(args[1]));
            BigDecimal pi = comp.executeTask(task);
            System.out.println(pi);
        } catch (Exception e) {
            System.err.println("ComputePi exception:"); e.printStackTrace();
        }
    }
}
```

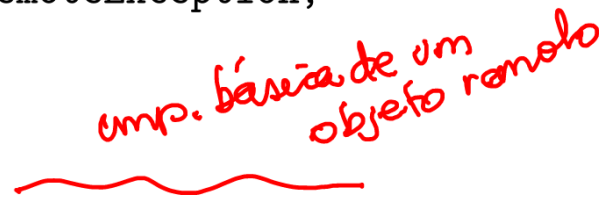
busca stub

open (string name)
read
write
close

Java RMI – Servidor

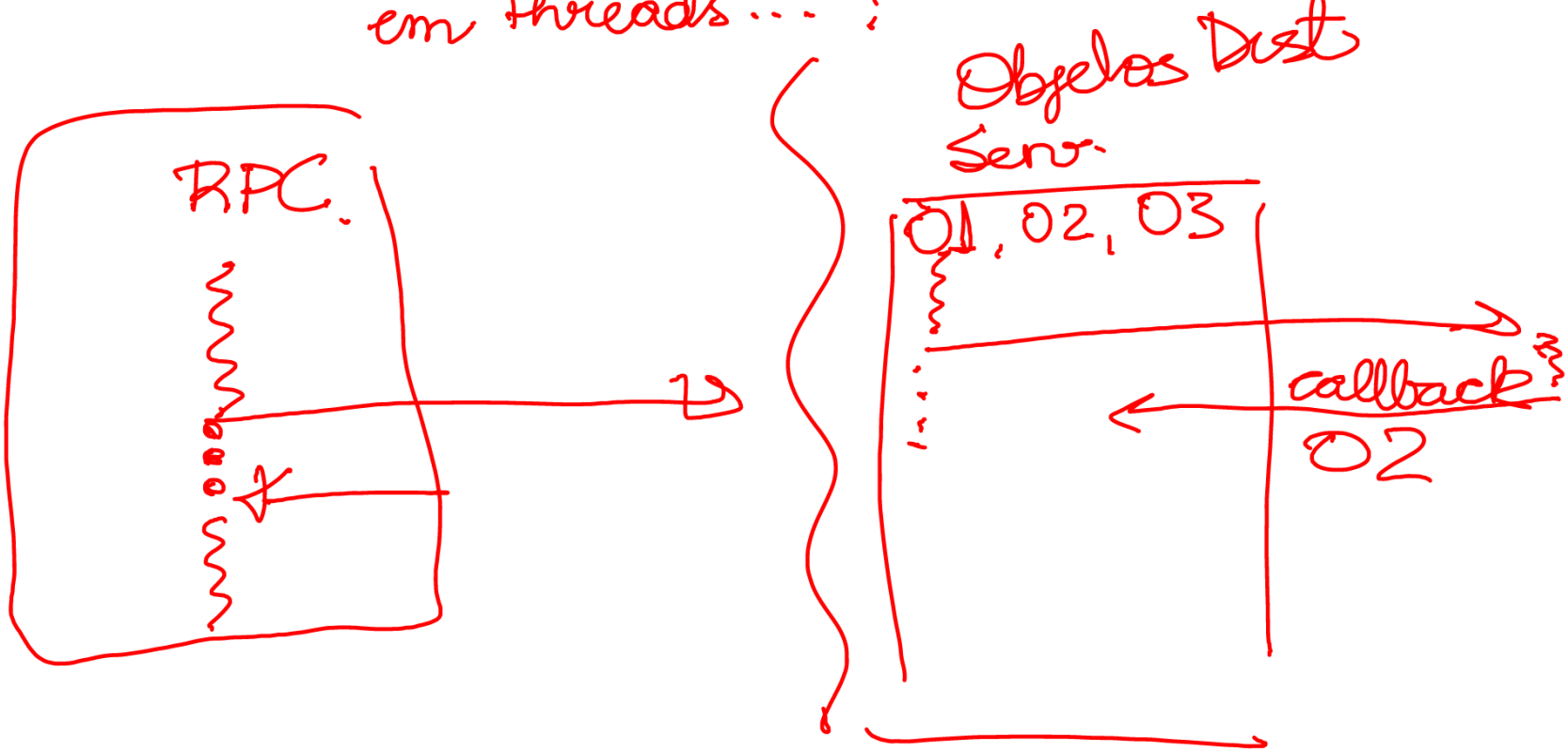
```
/* SampleServer.java */
import java.rmi.*;
public interface SampleServer extends Remote
{
  public int sum(int a,int b) throws RemoteException;
}

/* SampleServerImpl.java */
...
public class SampleServerImpl extends UnicastRemoteObject implements SampleServ
{
  SampleServerImpl() throws RemoteException
  {
     super();
  }
```



Como serão tratadas as requisições?

sequencialmente?
em threads... ?

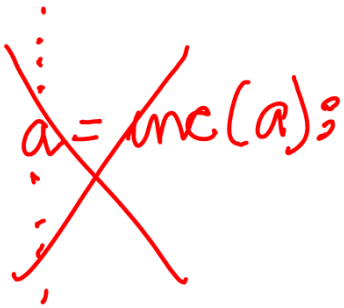


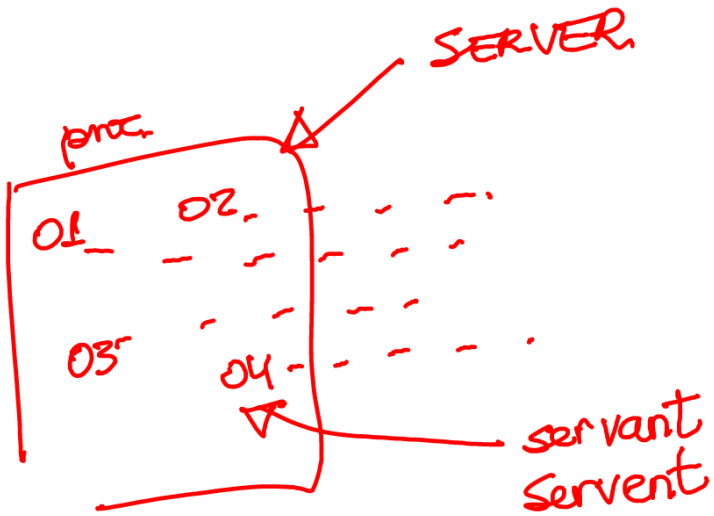
RPC: falhas e semântica

- transparência preconizada inicialmente "quebra" diante da possibilidade de falhas
  - diferença para chamadas locais
- classificação em diferentes modelos: exatamente uma vez, no máximo uma vez, no mínimo uma vez
  - importância de chamadas idempotentes

+ interessante.

- tratamento de exceções




SERVER
proc.
01
02
03
04
servant
servent

Trabalho: RPC com Lua

luarpc — construção dinâmica de stubs

- registerServant (idl, servantobject)
- waitIncomingRequests ()
- createProxy (idl, ip, port)

servidor

cliente

Trabalho: RPC com Lua

```
o1 = { foo = function(a, b)
         return a+b, "alo alo"
       end,
       boo = function (self, z)
         self.bar, self. foo = self.foo, self.bar
       end,
       bar = function(a, b)
         return a-b, "tchau tchau"
       end,
     }
o2 = ( foo = function(m, n) …
     }
ip, p = registerServant (idl, o1)
print ("sou 1, estou esperando reqs na
porta " .. p)
ip, p = registerServant (idl, o2)
print ("sou 2, estou esperando reqs na
porta " .. p)
waitIncoming()
```

idl: descreve foo e boo

```
rep1 = createProxy (idlserv, ip, porta)
rep2 = createProxy(idlserv, ip, outraporta)
…
print (rep1:foo(4,5))
rep1:boo()
print (rep2:foo(x,y))
```

rep1.foo(rep1, 4, 5)

function foo(self

self.

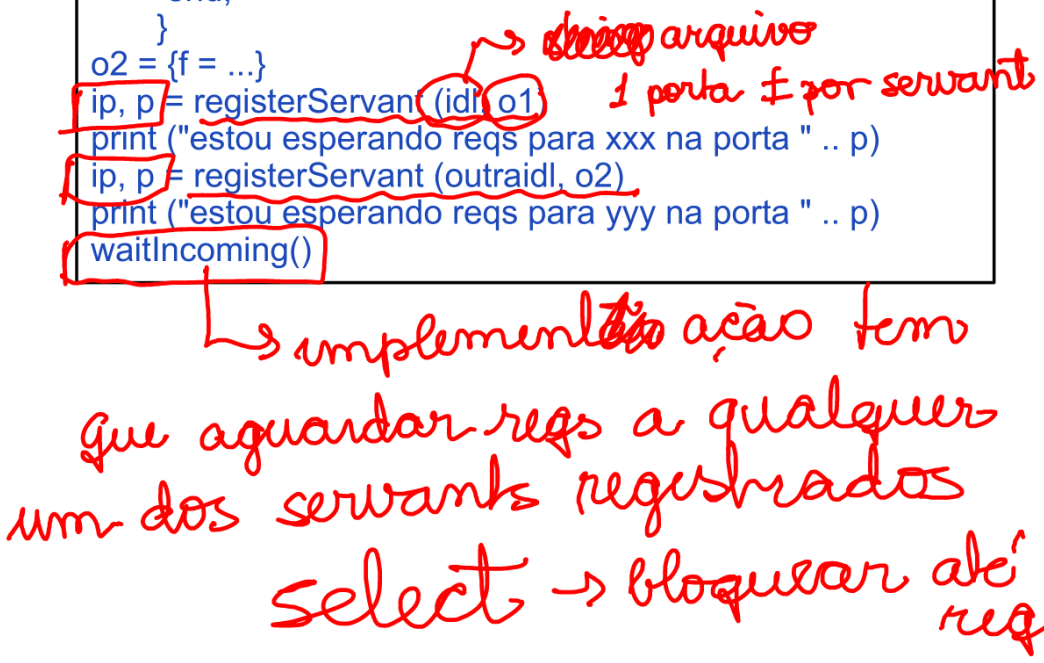
- tanto cliente como servidor são single-threaded
- servidor deve poder receber pedidos para qualquer servente

Trabalho: RPC com Lua

```
o1 = { foo = function(a, b)
         return a+b, "alo alo"
       end,
       boo = function (self, z)
         self.bar, self. foo = self.foo, self.bar
       end,
       bar = function(a, b)
         return a-b, "tchau tchau"
       end,
     }
o2 = {f = ...}
ip, p = registerServant (idl1, o1)
print ("estou esperando reqs para xxx na porta " .. p)
ip, p = registerServant (outraidl, o2)
print ("estou esperando reqs para yyy na porta " .. p)
waitIncoming()
```

```
rep = createProxy (idl1, ip, porta)
...
print (rep:foo(4,5))
rep:boo()
```

```
p = createProxy (idl2, ip, porta)
...
p:f()
...
```



RPC com Lua — IDL

```
interface { name = minhaInt,
            methods = {
               foo = {
                 resulttype = "double",
                 args = {{direction = "in",
                          type = "double"},
                         {direction = "in",
                          type = "double"},
                         {direction = "out",
                          type = "string"},
                        }

               },
               boo = {
                 resulttype = "void",
                 args = {{ direction = "inout",
                           type = "double"},
                        }
               }
             }
           }
```

double foo (in double a, in double b, out string c) + inout int d

trecho extraído de trabalho anterior

```
function createrpcproxy(hostname, port, interface)
  local functions = {}
  local prototypes = parser(interface)
  for name,sig in pairs(prototypes) do
    functions[name] = function(...)  -- !!!
      -- validating params
      local params = {...}
      local values = {name}
      local types = sig.input
      for i=1,#types do
        if (#params >= i) then
        values[#values+1] = params[i]
        if (type(params[i])~="number") then
          values[#values] = "\"" .. values[#values] .. "\""
        end
        ...
      end
      -- creating request
      local request = pack(values)
      -- creating socket
      local client = socket.tcp()
      ...
      local conn = client:connect(hostname, port)
      ...
      local result = client:send(request .. '\n')
      ...
    end
  end
  return functions;
end
```

RPC e bloqueio

- proposta original simula chamada local: bloqueio da linha executora