INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA FLUMINENSE

FELIPE MUROS

**SISTEMAS DISTRIBUÍDOS: observações sobre a implementação de RMI na plataforma Microsoft® Windows 10 com as ferramentas Java e bibliotecas de java.rmi**

Relatório apresentado ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense como parte das exigências para a conclusão da disciplina de Sistema Distribuídos do Curso Bacharelado em Sistemas de Informação.

Professora: Msc. [Maria Alciléia Alves Rocha](mailto:alcileia.r@gsuite.iff.edu.br)

Campos dos Goytacazes, RJ

Abril, 2022

**SUMÁRIO**

[**1. INTRODUÇÃO 3**](#_Toc100608655)

[**1.1 Recursos utilizados 3**](#_Toc100608656)

[**2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA 5**](#_Toc100608657)

[**2.1 java.net.MalformedURLException 5**](#_Toc100608660)

[**2.2 java.rmi.registry.LocateRegistry 5**](#_Toc100608661)

[**2.3 java.rmi.registry.Registry 5**](#_Toc100608662)

[**2.4 java.rmi.Remote 5**](#_Toc100608663)

[**2.5 java.rmi.server.Unicast 5**](#_Toc100608664)

[**2.6 java.rmi.activation.Activatable 6**](#_Toc100608665)

[**2.7 java.rmi.NotBoundException 6**](#_Toc100608666)

[**2.8 java.rmi.RemoteException 6**](#_Toc100608667)

[**2.9 java.rmi.server.ServerNotActiveException 6**](#_Toc100608668)

[**3. IMPLEMENTAÇÃO 7**](#_Toc100608669)

[**3.1 Programa principal Cliente 8**](#_Toc100608671)

[**3.2 Interface comum ao Cliente e Servidor 9**](#_Toc100608672)

[**3.3 Classe que implemente a interface no Servidor 9**](#_Toc100608673)

[**3.4 Programa principal Servidor 11**](#_Toc100608674)

[**3.5 Classe TempoDeOperacao no Servidor 11**](#_Toc100608675)

[**4 RESULTADOS 13**](#_Toc100608676)

[**REFERÊNCIAS 16**](#_Toc100608677)

**ÍNDICE DE FIGURAS**

[Figura 1: Especificações do dispositivo, Fonte (Autor) 3](#_Toc100608697)

[Figura 2: Especificações do Windows, Fonte (Autor) 4](#_Toc100608698)

[Figura 3: Versão Apache NetBeans IDE, Fonte (Autor) 4](#_Toc100608699)

[Figura 4: Estrutura dos pacotes Cliente e Servidor 7](#_Toc100608700)

[Figura 5: Solicitação do cliente na rodada 1 13](#_Toc100608701)

[Figura 6: Resposta recebida na rodada 1 13](#_Toc100608702)

[Figura 7: Servidor rodando 13](#_Toc100608703)

[Figura 8: Servidor respondendo na rodada 1 14](#_Toc100608704)

[Figura 9: Servidor respondendo na rodada 2 14](#_Toc100608705)

[Figura 10: Resposta recebida na rodada 2 14](#_Toc100608706)

[Figura 11: Finalização do programa do cliente 15](#_Toc100608707)

# INTRODUÇÃO

O objetivo desse trabalho é pesquisar sobre a comunicação entre processos e desenvolver um programa para estabelecer a comunicação entre dois processos utilizando RMI com base na linguagem de programação Java.

Os resultados obtidos serão apresentados, bem como o código fonte desenvolvido com comentários para facilitar o entendimento do leitor.

## Recursos utilizados

Computador tipo desktop:

* Intel Core I7 12700F;
* 16GB RAM DDR 4 3200MHz;
* SSD Raid 0 1Tb,
* HDD Raid 10 500Gb 5400RPM;
* HDD 500Gb 5400RPM
* Geforce GTX 1080 8GB VRAM;

Conforme Figura 2.

Texto

Descrição gerada automaticamente

Figura 1: Especificações do dispositivo, Fonte (Autor)

Especificações da versão do Windows conforme Figura 3.

Interface gráfica do usuário, Texto

Descrição gerada automaticamente com confiança média

Figura 2: Especificações do Windows, Fonte (Autor)

Programado na linguagem Java utilizando a IDE Net Beans, versão da IDE, Java e JSE conforme Figura 4

Interface gráfica do usuário, Texto

Descrição gerada automaticamente

Figura 3: Versão Apache NetBeans IDE, Fonte (Autor)

# REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Para este trabalho, além da linguagem java, foram utilizadas algumas bibliotecas para auxílio na programação com RMI De acordo Oracle (1993), a saber:



## java.net.MalformedURLException

Essa classe lança uma exceção quando uma URL é informada de maneira incorreta.

## java.rmi.registry.LocateRegistry

*LocateRegistry* é usado para obter uma referência a um registro de objeto remoto de *bootstrap* em um host específico (incluindo o host local) ou para criar um registro de objeto remoto que aceita chamadas em uma porta específica.

## java.rmi.registry.Registry

*Registry* é uma interface remota para um registro de objeto remoto simples que fornece métodos para armazenar e recuperar referências de objeto remoto vinculadas a nomes de *string* arbitrários. Os métodos *bind, unbinde* e *rebind* são usados ​​para alterar as ligações de nomes no registro, e os métodos *lookup* e *list* são usados ​​para consultar as ligações de nomes atuais.

## java.rmi.Remote

A interface *Remote* serve para identificar interfaces cujos métodos podem ser invocados de uma máquina virtual não local. Qualquer objeto remoto deve implementar direta ou indiretamente essa interface.

## java.rmi.server.Unicast

Usado para exportar um objeto remoto com JRMP e obter um *stub¹* que se comunica com o objeto remoto. Os *stubs* são gerados em tempo de execução usando objetos proxy dinâmicos ou são gerados estaticamente em tempo de compilação, normalmente usando a ferramenta rmic.

## java.rmi.activation.Activatable

A classe *Activatable* fornece suporte para objetos remotos que requerem acesso persistente ao longo do tempo e que podem ser ativados pelo sistema.

As classes listadas a seguir tem suas definições de acordo com Oracle (1993) e de acordo com Plus (2021) são indispensáveis em métodos principais de manipulação de RMI.

## java.rmi.NotBoundException

Lança uma exceção se for feita uma tentativa de pesquisar ou desvincular no registro um nome que não tenha sido associado anteriormente;

## java.rmi.RemoteException

Superclasse comum para várias exceções relacionadas à comunicação que podem ocorrer durante a execução de uma chamada de método remoto. Cada método de uma interface remota, uma interface que estende *java.rmi.Remote*, deve listar *RemoteExceptionem* sua cláusula *throws* (lançamento de exceção).

## java.rmi.server.ServerNotActiveException

Lança uma exceção durante uma chamada para *RemoteServer.getClientHost* se o método *getClientHost* for chamado fora de uma chamada de método remoto em serviço.

1. Os *Stubs* são classes usadas do lado da aplicação cliente e funcionam como Proxies entre a aplicação cliente e o objeto remoto. Os *Stubs* recebem os parâmetros dos métodos exportados pelo objeto remota (definidas pela interface da classe remota) e redireciona-os para o lado do servidor onde serão interpretados. SARMENTO, 2003

# IMPLEMENTAÇÃO

O código foi comentado para facilitar o entendimento, desta maneira foi dispensado um texto explicativo específico. No entanto é importante destacar que a interface é comum ao no lado do cliente e do servidor, pois de acordo com Plus (2003), para que a comunicação aconteça, o cliente precisa conhecer a interface que roda no servidor, assim ela precisa estar presente em ambos os lados.

Assim do lado do ciente existe a interface *FatInterface* (que descreve os métodos para manipulação de dados no servidor) e o programa principal (*main*) que fará a solicitação ao usuário de um número para o cálculo de seu fatorial, o programa envia ao servidor o número e recebe como resposta o resultado do cálculo, como o desafio do trabalho foi apenas obter o resultado do cálculo não foi utilizado o protocolo *Marshalling* para transferência de objetos.

Do lado do servidor existe a interface *FatInterface,* o programa principal (*main*) que “ouve” a rede para receber solicitação do servidor e devolver a resposta, além de instanciar um objeto que implementa a interface que calcula o fatorial, assim o cliente solicita deste objeto o procedimento de calcular fatorial e recebe o resultado do cálculo, por fim a classe TempoDeOperacao está presente no servidor apenas para ilustrar o funcionamento de programas com classes de conhecimento apenas do servidor e que auxiliam no processamento de uma requisição do cliente, esta classe é responsável por calcular o tempo de processamento da requisição do cliente. A estrutura dos pacotes Cliente e Servidor podem ser vistas na Figura 4.

Interface gráfica do usuário, Texto, Aplicativo

Descrição gerada automaticamente

Figura 4: Estrutura dos pacotes Cliente e Servidor



## Programa principal Cliente

package com.muros.cliente;

//importação das bibliotecas RMI

import java.net.MalformedURLException;

import java.rmi.NotBoundException;

import java.rmi.RemoteException;

import java.rmi.server.ServerNotActiveException;

import java.rmi.registry.LocateRegistry;

import java.rmi.registry.Registry;

import javax.swing.JOptionPane;

//importação da interface RMI para fatorial

import com.muros.servidor.FatInterface;

public class ClientMain {

    //cria um objeto de interface RMI que vai conter a referência do objeto remoto

    private static FatInterface objServerRef;

    public static void main(String[] args) throws MalformedURLException, RemoteException, NotBoundException, ServerNotActiveException {

        Integer numero;

        while (true){

            try{

                //Buscar o registro no servidor especificado

                Registry registro = LocateRegistry.getRegistry("localhost", 5005);

                //Buscar a referencia do objeto exportado pelo servidor no Regitro do RMI

                FatInterface refFat = (FatInterface) registro.lookup("Fat");

                //define a janela para pegar o número do fatorial

                numero = Integer.parseInt(JOptionPane.showInputDialog("Digite um número para calcular o fatorial."

                        + "\nOu um número negativo para encerrar"));

                if (numero >= 0){

                    //chama o método calcular fatorial do objeto remoto, passando o valor inserido pelo usuário.  exibe o resultado na tela

                    JOptionPane.showMessageDialog(null, "Fatorial de " + numero + " = " + refFat.calcularFatorial(numero));

                }

                else{

                    System.out.println("App do cliente encerrado com sucesso\n");

                    System.exit(0);

                }

            }

            catch (Exception e){

                System.err.println("Erro no cliente: "+e.toString());

                e.printStackTrace();

                System.exit(0);

            }

        }

    }

}

## Interface comum ao Cliente e Servidor

package com.muros.cliente;

//importação dos pacotes RMI necessários

import java.rmi.Remote;

import java.rmi.RemoteException;

import java.rmi.server.ServerNotActiveException;

//define a interface

//determina que a interface extende de Remote, o que diz que ela pode ter seus métodos invocados por uma máquina virtual não local

public interface FatInterface extends Remote{

//define o esqueleto do método calcular e obriga que ele implemente as exceções de Remote e ServerNotActive

    int calcularFatorial(int numero) throws RemoteException, ServerNotActiveException;

}

## Classe que implemente a interface no Servidor

package com.muros.servidor;

//importação dos pacotes RMI

import java.rmi.RemoteException;

import java.rmi.server.ServerNotActiveException;

import java.rmi.server.UnicastRemoteObject;

import com.muros.servidor.TempoDeOperacao;

import com.muros.servidor.FatInterface;

//define a classe servidor que implementa a interface remota Fatorial

public class ImplFatInterface extends UnicastRemoteObject implements FatInterface{

    private static final long serialVersionUID = 1L;

    //o método construtor do UnicastRemoteObject exporta o objeto para o RMI

    protected ImplFatInterface() throws RemoteException {

        super();

    }

//implementa o corpo do código para calcular o fatorial

//recebe o número passado pelo cliente

public int calcularFatorial(int numero) throws RemoteException, ServerNotActiveException{

    System.err.println("O cliente de IP " + getClientHost() +

            ", solicitou o cálculo do fatorial de " + numero + "!\n");

    /\*inicia um ojeto para guardar a hora inicial da execução do fatorial

    apenas para mostrar que o servidor pode manipular outros objetos que não são retornados ao cliente,

    e são utilizados para manipular o solicitado\*/

    TempoDeOperacao ObjCalcTempo = new TempoDeOperacao();

    //realiza o cálculo do fatorial

    int resultadoFatorial = this.fatorial(numero);

     //exibe o tempo que o cliente levou para executar o cálculo do fatorial

    System.out.println("O cliente de IP " + getClientHost() + " levou " +

            ObjCalcTempo.finish() + " ns para calcular o fatorial de " + numero + "!\n");

    //retorna o resultado para o cliente

    return resultadoFatorial;

    }

//define um método recursivo para calcular o fatorial do número passado

private int fatorial(int numero) {

        if(numero <= 1) {

                return 1;

        } else {

                return numero \* fatorial(numero - 1);

        }

}

}

## Programa principal Servidor

package com.muros.servidor;

import java.rmi.registry.LocateRegistry;

import java.rmi.registry.Registry;

public class ServerMain {

    public static void main(String[] args){

        try {

            //configura o nome do sevidor como 127.0.0.1

            System.setProperty("java.rmi.server.hostname", "localhost");

            //cria um objeto que possui o método de cálculo do fatorial

            ImplFatInterface ojbCalculofatorial = new ImplFatInterface();

            //Registrar o nome do objeto que será exportado pelo servido e requisitado pelo cliente

            Registry registro = LocateRegistry.createRegistry(5005);

            //faz o bind do stub nomeando como "Fat"

            registro.rebind("Fat",ojbCalculofatorial);

            System.out.println("O servidor está pronto para receber requisicao de cliente");

        } catch (Exception e) {

            System.err.println("Erro no servidor: " + e.toString());

          e.printStackTrace();

        }

    }

}

## Classe TempoDeOperacao no Servidor

//Classe para cálculo de tempo, isolada da classe de Fatorial

package com.muros.servidor;

public class TempoDeOperacao {

    private final long startTime;

    public TempoDeOperacao() {

        this.startTime = System.nanoTime();

    }

    //retorna o tempo em nanosegundos levado para cálculo do fatorial (tempo do momento – inicial)

    public long finish(){

        return (System.nanoTime() - this.startTime);

    }

}

# RESULTADOS

Como resultado podemos observar o funcionamento correto do programa. A Figura 7 mostra a mensagem do servidor como pronto para receber a requisição do fornecedor, e como pode ser visto na Figura 5, o cliente solicitou o cálculo do fatorial de 5, recebendo resposta o valor 120 conforme visto na Figura 6, a Figura 8 mostra que o servidor identificou o cliente no endereço 192.168.1.142 e enviou a respostas conforme solicitação, processando o cálculo em 13500 nano segundos.

Interface gráfica do usuário, Aplicativo

Descrição gerada automaticamente

Figura 5: Solicitação do cliente na rodada 1

Interface gráfica do usuário, Aplicativo

Descrição gerada automaticamente

Figura 6: Resposta recebida na rodada 1

Interface gráfica do usuário, Texto, Aplicativo, Email

Descrição gerada automaticamente

Figura 7: Servidor rodando

Interface gráfica do usuário, Texto, Aplicativo, Email

Descrição gerada automaticamente

Figura 8: Servidor respondendo na rodada 1

Foi executada uma segunda rodada de cálculo com sem reiniciar o servidor a Figura 9 mostra o que o servidor realizou os cálculos em 9800 nano segundos, e mesmo após o cliente encerrar o aplicativo, o servidor permanece aguardando novas solicitações até que seja manualmente interrompido. A Figura 10 mostra a resposta que o cliente recebeu solicitando o fatorial de 7. A Figura 11 mostra que o programa encerrou do lado do cliente após o usuário entrar número negativo, condição para sair do loop e encerrar o programa.

Texto

Descrição gerada automaticamente com confiança média

Figura 9: Servidor respondendo na rodada 2

Tela de celular com publicação numa rede social

Descrição gerada automaticamente

Figura 10: Resposta recebida na rodada 2

Interface gráfica do usuário, Texto

Descrição gerada automaticamente

Figura 11: Finalização do programa do cliente

# REFERÊNCIAS

ORACLE. **Java™ Platform, Standard Edition 7 - API Specification.** 1993. Disponível em <https://docs.oracle.com/javase/7/docs/api/java/rmi>. Acesso em: 09 abr. 2022.

ORACLE. **Class MalformedURLException.** 1993. Disponível em <https://docs.oracle.com/javase/8/docs/api/java/net/MalformedURLException.html>. Acesso em: 09 abr. 2022.

PLUS, Tutorial. **JAVA RMI programming tutorial.** Youtube, 11 de agosto de 2021.Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=NmGytKDhCx4&t=1316s>. Acesso em: 09 abr. 2022.

SARMENTO, Luís. **Breve Introdução ao RMI - Remote Method Invocation**. 2003. Disponível em: <https://web.fe.up.pt/~eol/AIAD/aulas/JINIdocs/rmi1.html>. Acesso em: 11 abr. 2022.