# Documentação e Explicação Simplificada do Código

# Solicitação :

Dada uma matriz binária 2D de tamanho MxN preenchida com '0' (zero) e '1' (um), encontre o retângulo de maior área contendo apenas '1' e retorne o valor de sua área.

Exemplo de Entrada de Dados:

|  |
| --- |
| Entrada:  [    ['**1**','**0**','**1**','**0**','**0**'],    ['**1**','**0**','**1**','**1**','**1**'],    ['**1**','**1**','**1**','**1**','**1**'],    ['**1**','**0**','**0**','**1**','**0**']  ] |
| Saida : **6** |

# Objetivo do Programa

O programa recebe uma **matriz** (uma tabela de números, como acima descrito) contendo apenas ‘**0’** e ‘**1’**, e calcula a **maior área retangular formada apenas por ‘1’s** dentro dessa matriz.

# Como o Programa Funciona?

O programa é dividido em três partes principais:

1. **Recebe a entrada do usuário**
   * O usuário informa o número de linhas e colunas da matriz.
   * Depois, insere os valores (apenas 0 e 1) para preencher a matriz.
2. **Processa a matriz para encontrar o maior retângulo de ‘1’s**
   * O programa transforma cada linha da matriz em um **histograma** (um gráfico de barras verticais).
   * Em seguida, ele calcula a **maior área possível** desse histograma, ou seja, o maior retângulo formado por ‘1’s.
3. **Exibe o resultado**
   * O programa mostra na tela a **maior área retangular** formada apenas por ‘1’s dentro da matriz fornecida.

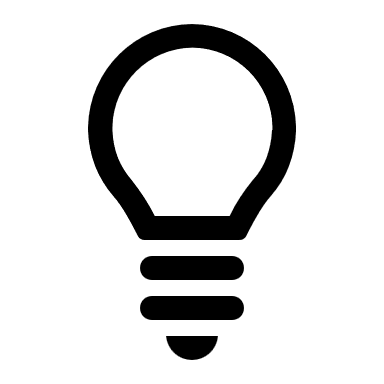
# Explicação Passo a Passo do Funcionamento do Programa

**1. O Usuário Insere a Matriz**

Primeiro, o programa pede ao usuário que informe:

* O número de **linhas** (quantidade de conjuntos horizontais de números).
* O número de **colunas** (quantidade de números em cada linha).

Depois, o usuário digita os valores (0 ou 1) para preencher cada elemento da matriz.

 **Exemplo de entrada (valores referente ao exemplo):**

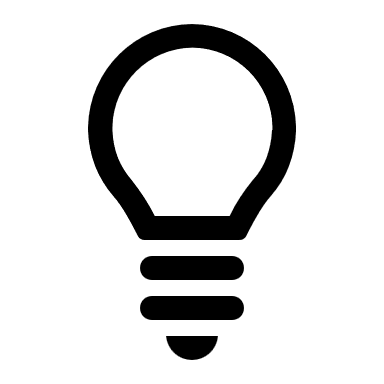
Solicitação ao usuário dos dados:

|  |
| --- |
| Digite o número de linhas ( iLines ): **4** |
| Digite o número de colunas (iColumns): **5** |
| Digite os elementos da matriz (somente '0' ou '1'): |
|  |
| Elemento [0][0] (0 ou 1): **1** |
| Elemento [0][1] (0 ou 1): **0** |
| Elemento [0][2] (0 ou 1): **1** |
| Elemento [0][3] (0 ou 1): **1** |
| Elemento [0][4] (0 ou 1): **1** |
|  |
| Elemento [1][0] (0 ou 1): **1** |
| Elemento [1][1] (0 ou 1): **1** |
| Elemento [1][2] (0 ou 1): **1** |
| Elemento [1][3] (0 ou 1): **1** |
| Elemento [1][4] (0 ou 1): **1** |
|  |
| Elemento [2][0] (0 ou 1): **0** |
| Elemento [2][1] (0 ou 1): **1** |
| Elemento [2][2] (0 ou 1): **1** |
| Elemento [2][3] (0 ou 1): **1** |
| Elemento [2][4] (0 ou 1): **0** |
|  |
| Elemento [3][0] (0 ou 1): **1** |
| Elemento [3][1] (0 ou 1): **1** |
| Elemento [3][2] (0 ou 1): **1** |
| Elemento [3][3] (0 ou 1): **0** |
| Elemento [3][4] (0 ou 1): **0** |

O programa então iniciará o calculo com os dados informados da matrix.

**2. Transformação em Histograma**

Cada linha da matriz é convertida em um **histograma**.

 **Como funciona?**

* Se um número for 1, **aumentamos** a altura da barra correspondente.
* Se for 0, **zeramos** a altura da barra.

Cálculo dos Histogramas por Linha:

**Linha 1**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Base **Inicial** do histograma | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |  |
| Linha 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 |  |
| Histograma da **Linha 1** | **1** | **0** | **1** | **0** | **0** | **Alturas - histograma da Linha 1** |

**Linha 2**

A partir da linha 2 a base do Histograma é a linha anterior.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Histograma da **Linha 1** | **1** | **0** | **1** | **0** | **0** |  |
| Linha 2 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 |  |
| Histograma da **Linha 2** | **2** | **0** | **2** | **1** | **1** | **Alturas - histograma da Linha 2** |

**Linha 3**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Histograma da **Linha 2** | **2** | **0** | **2** | **1** | **1** |  |
| Linha 3 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |  |
| Histograma da **Linha 3** | **3** | **1** | **3** | **2** | **2** | **Alturas - histograma da Linha 3** |

**Linha 4**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Histograma da **Linha 3** | **3** | **1** | **3** | **2** | **2** |  |
| Linha 4 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 |  |
| Histograma da **Linha 4** | **4** | **0** | **0** | **3** | **0** | **Alturas - histograma da Linha 4** |

Agora, o programa pode calcular a maior área possível dentro dessas linhas de histograma.

**3. Cálculo da Maior Área**

O programa usa um método para encontrar o maior **retângulo de 1s** dentro do histograma.  
Ele percorre os números e tenta formar a maior área retangular possível.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Histograma da **Linha 1** | **1** | **0** | **1** | **0** | **0** |
| Histograma da **Linha 2** | **2** | **0** | **2** | **1** | **1** |
| Histograma da **Linha 3** | **3** | **1** | **3** | **2** | **2** |
| Histograma da **Linha 4** | **4** | **0** | **0** | **3** | **0** |

Regra de Cálculo Passo a Passo

Regras Básicas

* **Altura: A altura é o valor da barra no histograma.**
* **Pilha : Imaginar como uma pilha de pratos ou algo encadeado (indices da barra do histograma)**
* **indice : Sequencia de numeros iniciados em 0, 1, 2…. N (onde n é quantidade de numeros - 1).**
* **Largura: A largura é determinada pelo índice atual e o novo topo da pilha (ou pilha vazia).**

**Passo 1: Identificar a Altura das Barras**

**Calculado o Histograma temos as Alturas, então no exemplo temos:**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Indice ou Sequencia** | **0** | **1** | **2** | **3** | **4** |
| Altura da **Linha 1** | **1** | **0** | **1** | **0** | **0** |
| Altura da **Linha 2** | **2** | **0** | **2** | **1** | **1** |
| Altura da **Linha 3** | **3** | **1** | **3** | **2** | **2** |
| Altura da **Linha 4** | **4** | **0** | **0** | **3** | **0** |

1. **Calculo da Area Maxima da Linha 1**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Indice ou Sequencia** | **0** | **1** | **2** | **3** | **4** |
| **Altura da Linha 1 / Barra** | **1** | **0** | **1** | **0** | **0** |

**Iteração Passo a Passo com Tabela e Explicação**

**Tabela de Iterações**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Atual** | | | **Ação** | **Pilha** | **Area** |
| **Passo** | **Indice** | **Altura** | **Maxima Atual** |
| **1** | **0** | **1** | **Índice 0 → Altura 1**   * **A pilha está vazia, então adicionamos o índice 0 à pilha.** * **Pilha agora: [0]** | **[0]** | **0** |
| **2** | **1** | **0** | **Índice 1 → Altura 0**   * **O topo da pilha (índice 0, altura 1) tem altura maior que o indice da pilha (0), então precisamos remover o topo da pilha e calcular a área:** * **P[ ]** * **Altura = 1 (altura da barra removida)** * **Largura = 1 (quando a pilha esta zerada, a largura é o indice atual).** * **Calculo da Area = 1 × 1 = 1** * **Atualizamos a Area maxima Atual para o maior valor entre a área calculada (1) e o valor atual de (0).** * **Agora a pilha está vazia, então adicionamos o índice 1 à pilha.** * **Pilha agora: [1].** | **[1]** | **1** |
| **3** | **2** | **1** | **Índice 2 → Altura 1**   * **O topo da pilha (índice 1 tem altura 0), não sendo menor que o topo, então adicionamos o índice 2 à pilha.** * **Pilha agora: [1, 2].** | **[1,2]** | **1** |
| **4** | **3** | **0** | **Índice 3 → Altura 0**   * **O topo da pilha (índice 2 tem altura 1) e é maior que a altura atual, então removemos o topo da pilha (índice 2, altura 1) e calculamos a área:** * **P[1].** * **Altura = 1 (altura da barra removida).** * **Largura = 1 = 3 – 1 - 1 (indice atual – indice do top da pilha - 1).** * **Área = 1 × 1 = 1.** * **A área calculada (1) não é maior que o valor atual da area anterior, não devemos mudar.** * **Agora adicionamos o índice 3 à pilha.** * **Pilha agora: [1, 3]** | **[1,3]** | **1** |
| **5** | **4** | **0** | **Índice 4 → Altura 0**   * **O topo da pilha (índice 3, altura 0) tem altura igual a 0, então adicionamos o índice 4 à pilha.** * **Pilha agora: [1, 3, 4]** | **[1,3, 4]** | **1** |
| **6** | **5** | **0** | **Agora que percorremos todos os índices do histograma, adicionamos um índice fictício 5 com altura 0 para garantir que todos os elementos restantes da pilha sejam processados.**  **🔹 Remover índice 4 → Altura 0 da pilha**   * **Pilha agora: [1, 3]** * **Largura = 5 – 3 – 1 = 1 (indice atual – indice do top da pilha - 1).** * **Área = 0 × 1 = 0**   **🔹 Remover índice 3 → Altura 0**   * **Pilha agora: [1]** * **Largura = 5 – 1 – 1 = 2 (vai do (indice atual – indice do top da pilha - 1).** * **Área = 0 × 2 = 0**   **🔹 Remover índice 1 → Altura 0**   * **Pilha agora: []** * **Largura = 5 (quando a pilha esta vazia – indice).** * **Área** **= 0 × 5 = 0** |  | **1** |

1. **Calculo da Area Maxima da Linha 1**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Indice ou Sequencia** | **0** | **1** | **2** | **3** | **4** |
| **Altura da Linha 1 / Barra** | **2** | **0** | **2** | **1** | **1** |

**Iteração Passo a Passo com Tabela e Explicação**

**Tabela de Iterações:**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Atual** | | | **Ação** | **Pilha** | **Area** |
| **Passo** | **Indice** | **Altura** | **Maxima Atual** |
| **1** | **0** | **2** | **Índice 0 → Altura 1**   * **A pilha está vazia, então adicionamos o índice 0 à pilha.** * **Pilha agora: [0]** | **[0]** | **0** |
| **2** | **1** | **0** | **Índice 1 → Altura 0**   * **O topo da pilha (índice 0, altura 2) tem altura maior que o indice da pilha (0), então precisamos remover o topo da pilha e calcular a área:** * **P[ ]** * **Altura = 2 (altura da barra removida)** * **Largura = 1 (quando a pilha esta zerada, a largura é o indice atual).** * **Calculo da Area = 2 × 1 = 2** * **Atualizamos a Area maxima Atual para o maior valor entre a área calculada (2) e o valor atual de (0).** * **Agora a pilha está vazia, então adicionamos o índice 1 à pilha.** * **Pilha agora: [1].** | **[1]** | **2** |
| **3** | **2** | **2** | **Índice 2 → Altura 2**   * **O topo da pilha (índice 1 tem altura 0), não sendo menor que a altura atual, então adicionamos o índice 2 à pilha.** * **Pilha agora: [1, 2].** | **[1,2]** | **2** |
| **4** | **3** | **1** | **Índice 3 → Altura 1**   * **O topo da pilha (índice 2 tem altura 2) e é maior que a altura atual, então removemos o topo da pilha (índice 2, altura 2) e calculamos a área:** * **P[1].** * **Altura = 2 (altura da barra removida).** * **Largura = 1 = 3 – 1 - 1 (indice atual – indice do top da pilha - 1).** * **Área = 2 × 1 = 1.** * **A área calculada (2) não é maior que o valor atual da area anterior, não devemos mudar.** * **Agora adicionamos o índice 3 à pilha.** * **Pilha agora: [1, 3].** | **[1,3]** | **2** |
| **5** | **4** | **1** | **Índice 4 → Altura 1**   * **O topo da pilha (índice 3, altura 1) tem altura igual a atual 1, então adicionamos o índice 4 à pilha.** * **Pilha agora: [1, 3, 4]** | **[1,3, 4]** | **2** |
| **6** | **5** | **0** | **Agora que percorremos todos os índices do histograma, adicionamos um índice fictício 5 com altura 0 para garantir que todos os elementos restantes da pilha sejam processados.**  **🔹 Remover índice 4 → Altura 1 da pilha**   * **Pilha agora: [1, 3]** * **Largura = 5 – 3 – 1 = 1 (indice atual – indice do top da pilha - 1).** * **Área = 1 × 1 = 1**   **🔹 Remover índice 3 → Altura 1**   * **Pilha agora: [1]** * **Largura = 5 – 1 – 1 = 3 (vai do (indice atual – indice do top da pilha - 1).** * **Área = 1 × 3 = 3**   **🔹 Remover índice 1 → Altura 0**   * **Pilha agora: []** * **Largura = 5 (quando a pilha esta vazia – indice).** * **Área** **= 0 × 5 = 0** |  | **3** |

1. **Calculo da Area Maxima da Linha 3**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Indice ou Sequencia** | **0** | **1** | **2** | **3** | **4** |
| **Altura da Linha 3 / Barra** | **3** | **1** | **3** | **2** | **2** |

**guarda índices das barras em ordem crescente de altura**

**Iteração Passo a Passo com Tabela e Explicação**

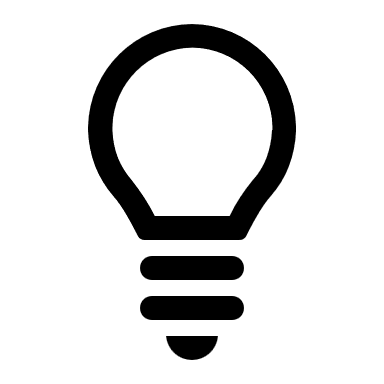
**Tabela de Iterações:**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Atual** | | | **Ação** | **Pilha** | **Area** |
| **Passo** | **Indice** | **Altura** | **Maxima Atual** |
| **1** | **0** | **3** | **Índice 0 → Altura 3**   * **A pilha está vazia, então adicionamos o índice 0 à pilha.** * **Pilha agora: [0]** | **[0]** | **0** |
| **2** | **1** | **1** | **Índice 1 → Altura 1**   * **O topo da pilha (índice 0, altura q) tem altura maior que o indice da pilha (0), então precisamos remover o topo da pilha e calcular a área:** * **P[ ]** * **Altura = 1 (altura da barra removida)** * **Largura = 1 (quando a pilha esta zerada, a largura é o indice atual).** * **Calculo da Area = 1 × 1 = 1** * **Atualizamos a Area maxima Atual para o maior valor entre a área calculada (1) e o valor atual de (0).** * **Agora a pilha está vazia, então adicionamos o índice 1 à pilha.** * **Pilha agora: [1].** | **[1]** | **1** |
| **3** | **2** | **3** | **Índice 2 → Altura 3**   * **O topo da pilha (índice 1 tem altura 1), não sendo maior que a altura atual, então adicionamos o índice 2 à pilha.** * **Pilha agora: [1, 2].** | **[1,2]** | **1** |
| **4** | **3** | **2** | **Índice 3 → Altura 2**   * **O topo da pilha (índice 2 tem altura 3) e é maior que a altura atual, então removemos o topo da pilha (índice 2, altura 3) e calculamos a área:** * **P[1].** * **Altura = 3 (altura da barra removida).** * **Largura = 1 = 3 – 1 - 1 (indice atual – indice do top da pilha - 1).** * **Área = 3 × 1 = 3.** * **A área calculada (3) é maior que o valor atual da area anterior, atualizar.** * **Agora adicionamos o índice 3 à pilha.** * **Pilha agora: [1, 3].** | **[1,3]** | **3** |
| **5** | **4** | **2** | **Índice 4 → Altura 2**   * **O topo da pilha (índice 3, altura 2) tem altura igual a atual 2, então adicionamos o índice 4 à pilha.** * **Pilha agora: [1, 3, 4]** | **[1,3, 4]** | **3** |
| **6** | **5** | **0** | **Agora que percorremos todos os índices do histograma, adicionamos um índice fictício 5 com altura 0 para garantir que todos os elementos restantes da pilha sejam processados.**  **🔹 Remover índice 4 → Altura 2 da pilha**   * **Pilha agora: [1, 3]** * **Largura = 5 – 3 – 1 = 1 (indice atual – indice do top da pilha - 1).** * **Área = 2 × 1 = 1**   **🔹 Remover índice 3 → Altura 2**   * **Pilha agora: [1]** * **Largura = 5 – 1 – 1 = 3 (vai do (indice atual – indice do top da pilha - 1).** * **Área = 2 × 3 = 6 (Maior que atual, atualizar).**   **🔹 Remover índice 1 → Altura 0**   * **Pilha agora: []** * **Largura = 5 (quando a pilha esta vazia – indice).** * **Área** **= 0 × 5 = 0** |  | **6** |

1. **Calculo da Area Maxima da Linha 4**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Indice ou Sequencia** | **0** | **1** | **2** | **3** | **4** |
| **Altura da Linha 4 / Barra** | **4** | **0** | **0** | **3** | **0** |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Atual** | | | **Ação** | **Pilha** | **Area** |
| **Passo** | **Indice** | **Altura** | **Maxima Atual** |
| **1** | **0** | **4** | **Índice 0 → Altura 4**   * **A pilha está vazia, então adicionamos o índice 0 à pilha.** * **Pilha agora: [0]** | **[0]** | **0** |
| **2** | **1** | **0** | **Índice 1 → Altura 0**   * **O topo da pilha (índice 0, altura 4) tem altura maior que o indice da pilha (0), então precisamos remover o topo da pilha e calcular a área:** * **P[ ]** * **Altura = 4 (altura da barra removida)** * **Largura = 1 (quando a pilha esta zerada, a largura é o indice atual).** * **Calculo da Area = 4 × 1 = 4** * **Atualizamos a Area maxima Atual para o maior valor entre a área calculada (4) e o valor atual de (0).** * **Agora a pilha está vazia, então adicionamos o índice 1 à pilha.** * **Pilha agora: [1].** | **[1]** | **4** |
| **3** | **2** | **0** | **Índice 2 → Altura 0**   * **O topo da pilha (índice 1 tem altura 0), não sendo maior que a altura atual, então adicionamos o índice 2 à pilha.** * **Pilha agora: [1, 2].** | **[1,2]** | **4** |
| **4** | **3** | **3** | **Índice 3 → Altura 3**   * **O topo da pilha (índice 2) tem altura 0 não sendo maior que a altura atual, então adicionamos o índice 3 à pilha.** * **Pilha agora: [1, 2,3].** | **[1,2,3]** | **4** |
| **5** | **4** | **0** | **Índice 4 → Altura 0**   * **O topo da pilha (índice 3, altura 3) tem altura maior que a atual (0), então precisamos remover o topo da pilha e calcular a área:** * **P[1,2]** * **Altura = 3 (altura da barra removida)** * **Largura = 4 – 2 – 1 = 1 .** * **Calculo da Area = 3 × 1 = 3** * **Não atualizamos o valor porque é igual.** * **Pilha agora: [1,2].** | **[1,2]** | **4** |
| **6** | **5** | **0** | **Agora que percorremos todos os índices do histograma, adicionamos um índice fictício 5 com altura 0 para garantir que todos os elementos restantes da pilha sejam processados.**  **🔹 Remover índice 2 → Altura 0 da pilha**   * **Pilha agora: [1]** * **Largura = 5 – 1 – 1 = 3 (indice atual – indice do top da pilha - 1).** * **Área = 1 × 3 = 3**   **🔹 Remover índice 1 → Altura 0**   * **Pilha agora: []** * **Largura = 5 (quando a pilha esta vazia – indice).** * **Área** **= 0 × 5 = 0** * **Área = 5 × 0 = 0** * **Pilha agora: []** |  | **4** |

 **No nosso exemplo, o maior retângulo possível tem área 6.**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Valores de Histograma das Linhas abaixo** | | | | | | |
| Altura da **Linha 1** | **1** | **0** | **1** | **0** | **0** | **1** |
| Altura da **Linha 2** | **2** | **0** | **2** | **1** | **1** | **3** |
| Altura da **Linha 3** | **3** | **1** | **3** | **2** | **2** | **6** |
| Altura da **Linha 4** | **4** | **0** | **0** | **3** | **0** | **4** |

**Código Explicado**

Agora, explicamos os trechos mais importantes do código.

**1️. Função largestRectangleInHistogram**

* **Função que calcula a maior área dentro de um histograma.**

int largestRectangleInHistogram(int \*pHeights, int iColumns)

* Recebe um **histograma** e calcula a maior área retangular possível.
* Usa um método com uma **pilha** (estrutura que guarda valores temporários).
* **Retorna o valor da maior área encontrada.**

**2️. Função maximalRectangle**

* **Função que converte a matriz em histogramas e usa a função anterior.**

int maximalRectangle(char \*\*matrix, int iLines, int iColumns)

* Percorre **cada linha** da matriz.
* Cria o **histograma** baseado nos números 1 e 0.
* Chama largestRectangleInHistogram para calcular a maior área.

**3️. Função main**

* **Função principal do programa, onde tudo inicia.**

int main()

* Pergunta ao usuário **quantas linhas e colunas** terá a matriz.
* Aloca espaço na memória para armazenar a matriz.
* Solicita os valores 0 e 1 ao usuário.
* Chama a função maximalRectangle para calcular o resultado.
* Exibe na tela a maior área encontrada.
* Libera a memória alocada para evitar desperdício de espaço.

**Exemplo Completo de Execução**

* **Entrada do usuário:**

Digite o número de linhas (iLines): 4

Digite o número de colunas (iColumns): 5

Digite os elementos da matriz (somente '0' ou '1'):

Elemento [0][0] (0 ou 1): 1

Elemento [0][1] (0 ou 1): 0

Elemento [0][2] (0 ou 1): 1

Elemento [0][3] (0 ou 1): 1

Elemento [0][4] (0 ou 1): 1

Elemento [1][0] (0 ou 1): 1

Elemento [1][1] (0 ou 1): 1

Elemento [1][2] (0 ou 1): 1

Elemento [1][3] (0 ou 1): 1

Elemento [1][4] (0 ou 1): 1

Elemento [2][0] (0 ou 1): 0

Elemento [2][1] (0 ou 1): 1

Elemento [2][2] (0 ou 1): 1

Elemento [2][3] (0 ou 1): 1

Elemento [2][4] (0 ou 1): 0

Elemento [3][0] (0 ou 1): 1

Elemento [3][1] (0 ou 1): 1

Elemento [3][2] (0 ou 1): 1

Elemento [3][3] (0 ou 1): 0

Elemento [3][4] (0 ou 1): 0

* **Saída esperada:**

Área da linha 0: 3

Área da linha 1: 5

Área da linha 2: 6

Área da linha 3: 6

A maior área do retângulo entre os valores fornecidos é: 6

* **O programa encontrou que a maior área formada por ‘1’s é 6!**