UNIVERSIDADE DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO

DISCIPLINA: SISTEMAS DISTRIBUÍDOS – 2025/1ºSEMESTRE

CURSO: CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO – 2025.1

Alunos: Jessica Coutinho de Oliveira

Lucas Alberto Da Silva De Aquino

Lucas Ferreira Lima

Pamella Silva Japson

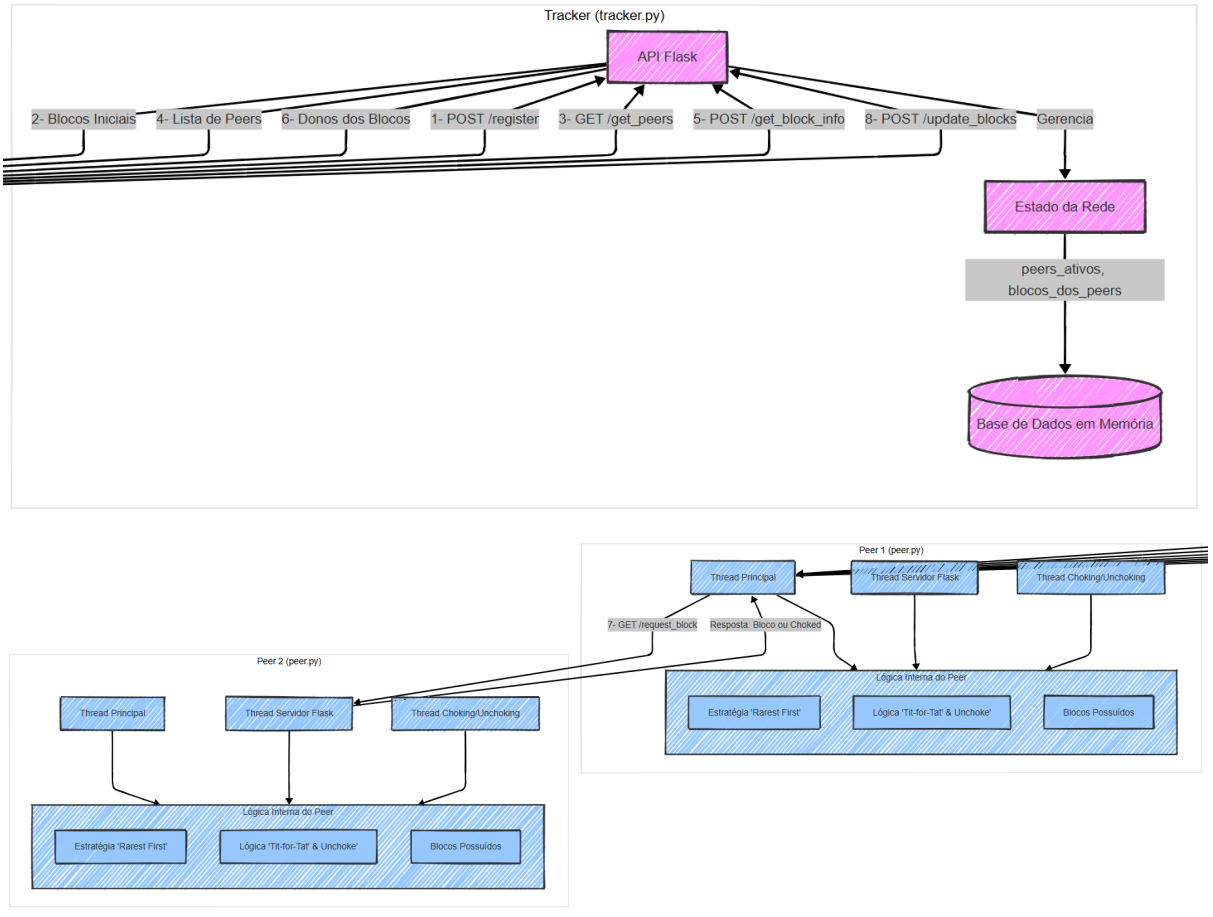
RIO DE JANEIRO-RJ

2025

Objetivo

O objetivo do trabalho é desenvolver um sistema distribuído de compartilhamento de arquivos, inspirado no BitTorrent, que simula a divisão de arquivos em blocos, a troca direta de blocos entre peers e o uso de estratégias de distribuição como Rarest First e Tit-for-Tat simplificado, além de um tracker central responsável apenas pela descoberta de peers e distribuição inicial dos blocos. O sistema deve permitir que os peers cooperem na obtenção dos blocos de forma descentralizada, aplicando políticas de desbloqueio e bloqueio (choke/unchoke) para controlar as trocas, promovendo equilíbrio na distribuição e eficiência na replicação dos dados na rede.

Diagrama de Arquitetura



● Tracker

O tracker.py atua como coordenador da rede. Ele não armazena os arquivos, apenas mantém o estado da rede (quem está conectado e o que possui). Inicialmente, atua como seeder distribuindo os blocos entre os peers para simplificar a solução.

- **API Flask**: disponibiliza endpoints HTTP para os peers interagirem com o tracker.

- **/register:** registra um novo peer, atribui-lhe um conjunto inicial de blocos e informa o número total de blocos. A lógica garante que todos os blocos sejam eventualmente introduzidos na rede.

- **/get_peers:** fornece a um peer uma lista de outros peers ativos.

- **/get_block_info:** informa quais peers possuem um determinado conjunto de blocos.

- **/update_blocks:** permite que um peer informe ao tracker sobre novos blocos que adquiriu.

- **Estado da Rede:** Armazena em memória:

    - **peers_ativos:** um *dicionário* com os IDs e endereços dos peers online.
    - **blocos_dos_peers:** um *dicionário* que mapeia cada peer ao conjunto de blocos que ele possui.

● Peer

Cada instância de peer.py é um nó que participa do compartilhamento tanto como cliente, quanto como servidor (distribuindo os blocos solicitados):

Thread Principal:
- **Registro:** Inicia a comunicação com o tracker.
- **Download:** Entra em loop até baixar todos os blocos em falta.
- **Seleção de Bloco:** Usa a estratégia "Rarest First".
- **Pedido de Bloco:** Solicita o bloco mais raro a um dos peers que o possui.
- **Atualização:** Após baixar um bloco, informa ao tracker.
- **Modo Seeding**: Quando possui todos os blocos, entra em modo de "seeding", apenas distribuindo blocos a outros peers que pedem.

Thread do Servidor Flask:
Cada peer executa o seu próprio servidor para responder a pedidos de outros peers.
- **/request_block/<id_bloco>**: envia um bloco a outro peer.

Este endpoint implementa a política de "*choking*". Ele só enviará o bloco se o peer solicitante estiver na lista de "desbloqueados" (peers_desbloqueados) ou for o "otimista desbloqueado" (peer_otimista_desbloqueado).

Thread de Choking/Unchoking:

- Executa em segundo plano para gerir com quem o peer irá compartilhar blocos (upload).

- **Tit-for-Tat**: Periodicamente, reavalia quais peers lhe forneceram os blocos mais úteis (os mais raros) e os desbloqueia (unchoke) para que tenham prioridade de upload. Tipicamente, conforme o enunciado, os 4 melhores são escolhidos.

- **Optimistic Unchoke**: A cada 10 segundos, escolhe um peer aleatório e o desbloqueia. Dá aos novos peers uma oportunidade de começar a baixar algo, mesmo que não tenham blocos raros para oferecer em troca inicialmente.

● Fluxo de Comunicação Esperado

1) Um novo Peer 1 inicia e envia POST /register ao Tracker.
2) O Tracker responde com blocos iniciais e o total de blocos.
3) O Peer 1 pede uma lista de outros peers (GET /get_peers).
4) Para decidir qual bloco baixar, o Peer 1 pede ao Tracker informações sobre os blocos que faltam (POST /get_block_info).
5) O Tracker responde, avisando que o Peer 2 possui um bloco raro que o Peer 1 precisa.
6) O Peer 1 envia um GET /request_block diretamente ao Peer 2.
7) O servidor do Peer 2 verifica a lógica de "unchoke". Se o Peer 1 estiver desbloqueado, o Peer 2 envia os dados do bloco.
8) O Peer 1 recebe o bloco, armazena e informa o Tracker através de POST /update_blocks.
9) O ciclo se repete até que o Peer 1 tenha o arquivo completo e vire um "seeder". A thread de “unchoke” para de funcionar nesse momento e o Peer passa a enviar o bloco solicitado para qualquer Peer que pedir.

● Estados de um Peer:

- **Registrando**: Estado inicial em que o peer anuncia ao tracker sua entrada na rede.
- **Downloading:** Estado ativo onde o peer ainda não possui todos os blocos.
- **Seeding**: Estado alcançado quando o peer baixou 100% dos blocos.

● Relações entre Peers:

- **Choked**: O estado padrão. O peer não fará upload de blocos para um peer "choked", que fez um pedido.

- **Unchoked**: O peer está disposto a fazer upload de blocos para um peer "unchoked". Esta condição é determinada pelas lógicas de "Tit-for-Tat" e "Optimistic Unchoke".

● Estratégia Rarest First

É usada pela Thread Principal do Peer para decidir qual bloco baixar.

O mecanismo implementado consiste em:

- **Identificar Blocos em Falta**: O peer determina quais blocos ainda não possui.
- **Consultar o Tracker**: Ele envia a lista de blocos em falta para o tracker através da mensagem *POST /get_block_info*.
- **Analisar a Raridade**: O tracker responde informando quais peers na rede possuem cada um desses blocos. O peer analisa esta resposta para encontrar o bloco que é possuído pelo menor número de peers.
- **Solicitar o Bloco:** Uma vez identificado o bloco mais raro, o peer envia uma mensagem *GET /request_block* para um dos peers que o possui para iniciar o download.

● Estratégia Tit-for-Tat

Implementada pela Thread de Choking/Unchoking do Peer que gere a quem ele pode enviar blocos.

- **Avaliação Periódica**: a cada 20 segundos, o peer reavalia a sua lista de desbloqueados.
- **Cálculo de Pontuação**: Para cada peer conhecido, é calculada uma pontuação baseada na utilidade desse peer (quantos blocos raros ele possui).
- **Seleção dos Melhores Peers**: Os peers são ordenados com base nessa pontuação.
- **Desbloqueio**: O peer desbloqueia (unchoke) os 4 melhores peers da lista.
- **Bloqueio**: Todos os outros peers permanecem no estado "choked", o que significa que os seus pedidos de blocos serão temporariamente negados.
- **Exceção** (Optimistic Unchoke): um peer aleatório é "desbloqueado otimisticamente" a cada 10 segundos.

● Testes

Os testes demonstraram que o sistema funciona de forma eficiente, com os peers conseguindo completar o download dos blocos em um tempo razoável e mantendo boa distribuição dos dados na rede. As estratégias de Rarest First e Tit-for-Tat simplificado mostraram-se eficazes para equilibrar a troca de blocos entre os peers, evitando gargalos.

O script de execução foi configurado para rodar em 8 peers simultaneamente, em abas do terminal diferentes, permitindo testar o comportamento do sistema em uma rede com múltiplos nós atuando de forma distribuída. Esse cenário possibilitou observar a

eficiência das estratégias de distribuição de blocos, a dinâmica do choke/unchoke e a capacidade dos peers em completar o download do arquivo de maneira cooperativa.

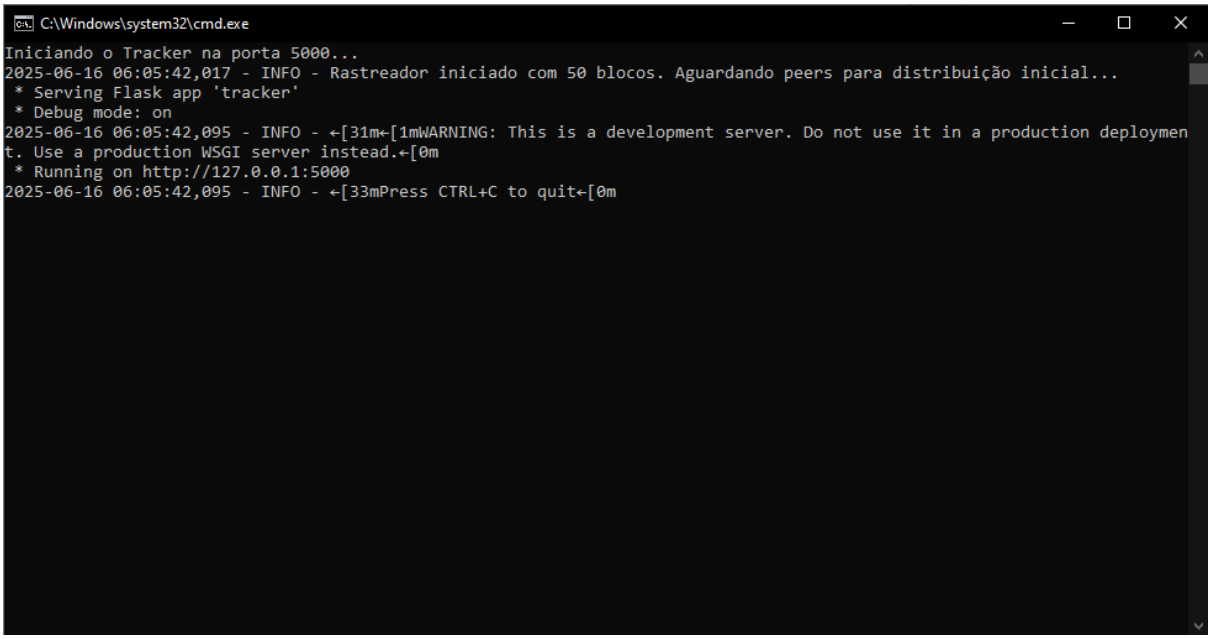


Imagem: inicialização do Tracker

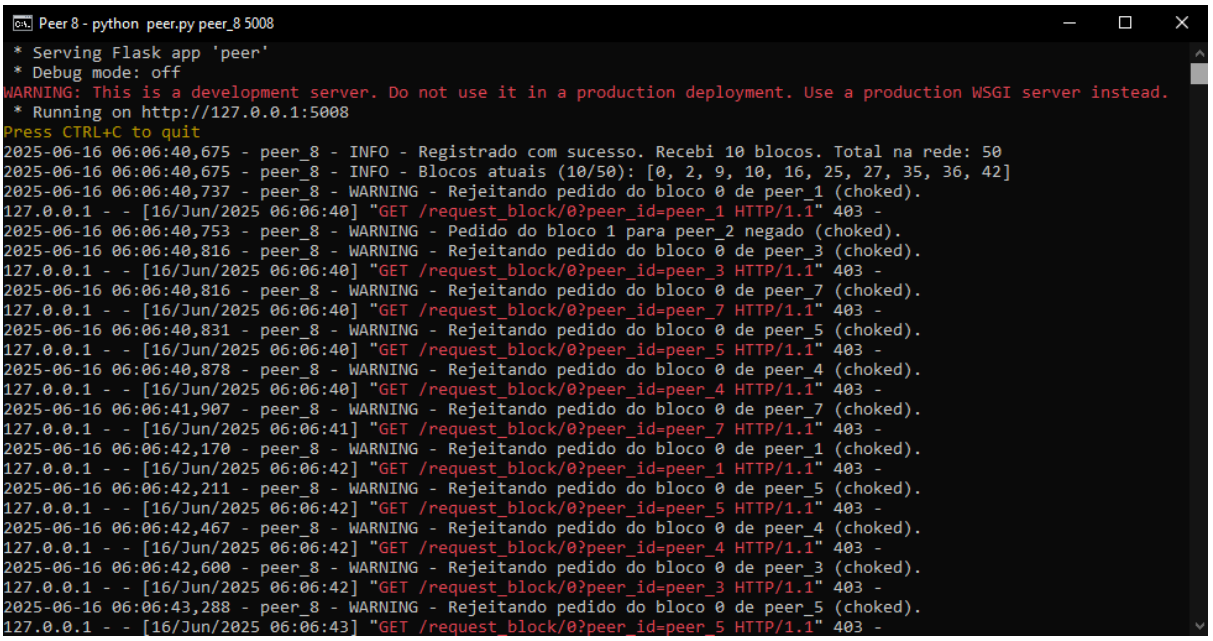


Imagem: inicialização instável do Peer que pode ocorrer em algumas simulações, mas que melhora após alguns segundos.

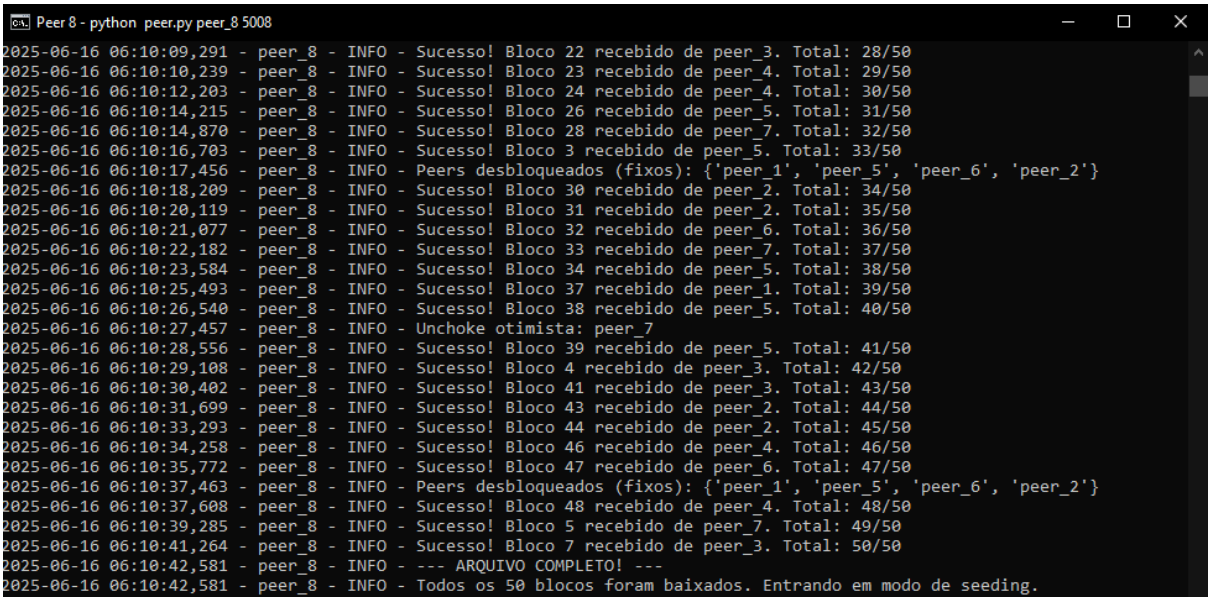


Imagem: término do download com o Peer entrando em modo seeding.

● Dificuldades enfrentadas

Entre as principais dificuldades superadas ao longo do desenvolvimento estão:

- problemas iniciais de sincronização entre os peers;
- erros ocasionais de conexão devido à ordem de inicialização dos nós;
- desafios na implementação do mecanismo de choke/unchoke para garantir que os peers respeitassem corretamente as regras de bloqueio e desbloqueio durante as trocas;
- o modo seeding foi implementado pois os peers que terminavam de baixar os blocos estavam saindo e fazendo com que os demais ficassem incapazes de completar o download;
- Por falta de tempo tentando fazer o código rodar corretamente, o grupo não conseguiu organizar melhor o código ou realizar testes mais robustos.

- ## Comentários do grupo

- **Pamella**:

Durante o desenvolvimento do projeto MiniBit, atuei principalmente na implementação e ajustes do peer, contribuindo para que ele funcionasse corretamente e se comunicasse de forma eficiente com o tracker e os outros peers. Participei ativamente dos testes, validando a comunicação e o funcionamento do sistema, além de colaborar na documentação, sendo responsável pela escrita do README e por partes do relatório técnico, buscando deixar as informações claras e acessíveis. Tive algumas dificuldades iniciais para entender o funcionamento da comunicação entre os peers, mas, com apoio do grupo e pesquisa, consegui superar esses desafios e aprender bastante sobre sistemas distribuídos e compartilhamento de arquivos. O trabalho em equipe foi bem organizado, com boa divisão de tarefas, e sinto que contribui de forma significativa para o sucesso do projeto.

- **Lucas Alberto**:

Durante o desenvolvimento do projeto, senti dificuldades em entender como os diferentes módulos de cada componente do grupo iriam se comunicar e conversar de uma maneira geral. Fiz testes e participei da elaboração da documentação. Entendo que o trabalho foi bastante positivo para todos, visto que possibilitou a visualização do sistema peer-to-peer na prática, mesmo com as limitações do grupo mencionadas anteriormente. O grupo me auxiliou a entender como a função atuava e mesclando com o material do professor, pude compreender um pouco do funcionamento de um sistema P2P.

- **Jessica**:

No desenvolvimento do projeto, participei principalmente da implementação e dos ajustes no peer, garantindo que ele funcionasse corretamente e se comunicasse bem com o tracker e os outros peers. Contribuí na validação das estratégias de distribuição de blocos, como Rarest First e Tit-for-Tat simplificado, além de ajudar a aplicar corretamente a lógica de choke e unchoke. Trabalhei bastante na identificação e correção de problemas, como dificuldades na sincronização entre os peers e na fase inicial de comunicação. Também ajudei na organização e produção da documentação.

- **Lucas Ferreira**

Atuei na prototipagem inicial, criando uma versão funcional com bibliotecas de alto nível, o que nos ajudou a entender o fluxo entre peers e tracker. Com o avanço do projeto, refatorei partes para maior controle da rede. Também colaborei na definição da arquitetura, preparação do ambiente de testes distribuídos e resolução de problemas de concorrência entre threads durante requisições simultâneas ao tracker.