ACH2023 – turmas 04 e 94 – EP3 2º Semestre de 2021

Fila de Prioridade – usando Heap

Filas de prioridades são estruturas de dados que gerenciam um conjunto de elementos, cada um com uma prioridade associada.
Dentre as operações previstas numa fila de prioridade estão:

- inserção de um elemento;
- exclusão do elemento de prioridade máxima;
- aumento de prioridade de um elemento;
- redução de prioridade de um elemento;
- consulta da prioridade de um elemento;
- consulta à quantidade de elementos (tamanho) da fila.

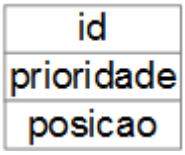
É desejável que todas estas operações sejam realizadas de maneira eficiente (**e neste EP a maior complexidade dessas operações será logarítmica**).
A eficiência dessas operações dependerá da maneira que a fila de prioridade foi implementada (e de sua estrutura subjacente).

Para este EP, vocês deverão implementar um conjunto de funções de gerenciamento de filas de prioridade utilizando principalmente dois conceitos: **heap máximo** e um **arranjo** auxiliar de ponteiros para elementos. Heaps máximos são árvores binárias que seguem uma regra de organização diferente das árvores binárias de busca (ou de pesquisa): todo nó tem sempre sua chave (no caso, sua prioridade) maior ou igual a de seus filhos. Diferentemente das implementações de árvores que vimos ao longo do semestre, os heaps costumam ser implementados em arranjos (no material complementar ao EP há material específico para detalhamento de heaps máximos).

A seguir, serão apresentadas as estruturas de dados envolvidas nesta implementação e como elas serão gerenciadas.

A estrutura básica será o ***ELEMENTO***, que contém três campos: *id* (identificador inteiro do elemento), *prioridade* (número do tipo *float* com a prioridade do elemento), *posicao* (posição do elemento no arranjo correspondente ao heap).

```
typedef struct {
  int id;
  float prioridade;
  int posicao;
} ELEMENTO, * PONT;
```

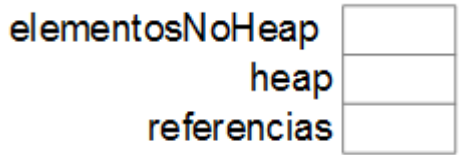


O código filaDePrioridade.c possui uma constante chamada de MAX que representa a quantidade máxima de elementos permitidos na fila de prioridade atual (os *ids* válidos dos elementos valerão de 0 [zero] até *MAX*-1).

A estrutura ***FILADEPRIORIDADE*** possui três campos: *elementosNoHeap* é um campo do tipo inteiro que representa a quantidade de elementos efetivamente no heap; *heap* corresponde a um ponteiro para um **arranjo de ponteiros para elementos** do tipo *ELEMENTO*, este arranjo representará o heap máximo, seu tamanho será igual a *MAX* e o campo *elementosNoHeap* determinará quantos elementos válidos estão no heap em um dado momento; *referencias* corresponde a um ponteiro para um **arranjo de ponteiros para elementos** do tipo *ELEMENTO*.

Na inicialização de uma fila de prioridades, tanto o arranjo apontado por *heap* quanto o apontado por *referencias* são criados com todos seus valores valendo *NULL*. Já que os *ids* válidos variam de 0 a *MAX*-1, então há uma posição específica para guardar o endereço de cada *ELEMENTO* (quando ele for criado) no arranjo *referencias*, permitindo acesso rápido a um elemento qualquer a partir de seu respectivo *id*.

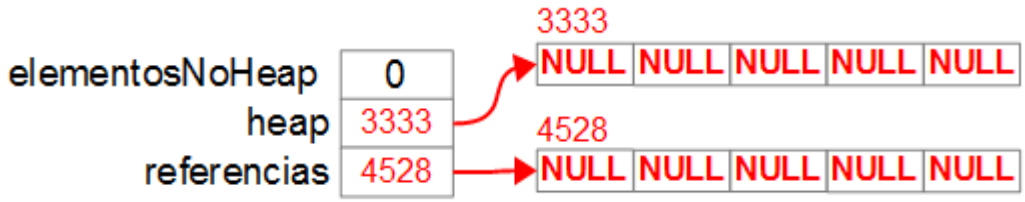
```
typedef struct {
  int elementosNoHeap;
  PONT* heap;
  PONT* referencias;
} FILADEPRIORIDADE, * PFILA;
```



A função criarFila é responsável por criar uma nova fila de prioridade que poderá ter até *MAX* elementos e deve retornar o endereço dessa fila de prioridades. Observe que os dois arranjos de ponteiros para elementos já são criados e têm seus valores inicializados nessa função.

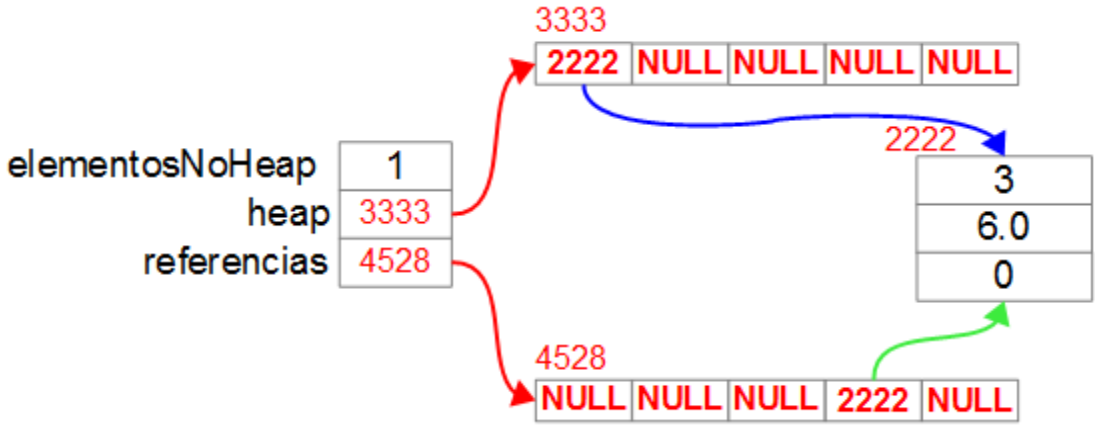
```
PFILA criarFila(){
    PFILA res = (PFILA) malloc(sizeof(FILADEPRIORIDADE));
    res->referencias = (PONT*) malloc(sizeof(PONT)*MAX);
    res->heap = (PONT*) malloc(sizeof(PONT)*MAX);
    int i;
    for (i=0;i<MAX;i++) {
        res->referencias[i] = NULL;
        res->heap[i] = NULL;
    }
    res->elementosNoHeap = 0;
    return res;
}
```

Exemplo de fila de prioridade recém-criada, considerando *MAX* = 5:

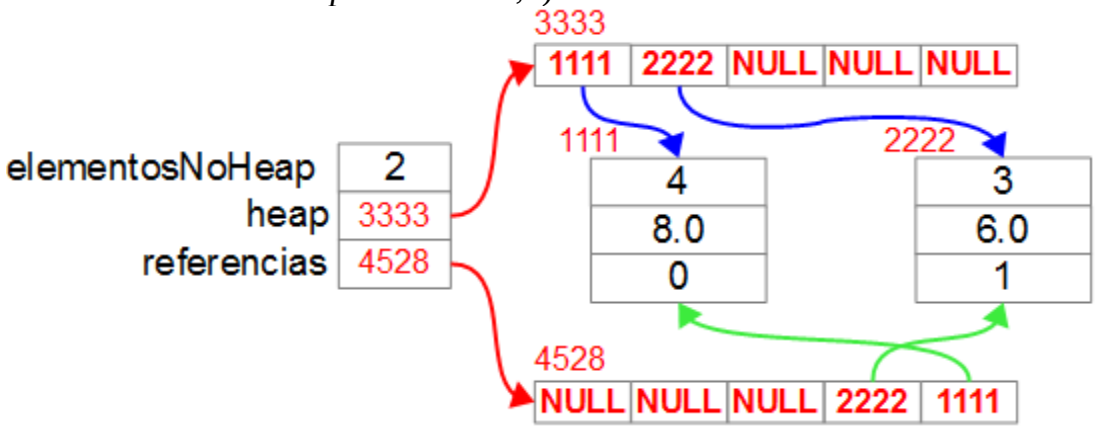


Ao se inserir um novo elemento na estrutura, este deverá ter seu endereço incluído no heap máximo e também deverá ter seu endereço armazenado na respectiva posição do arranjo (apontado pelo campo *referencias*).

Exemplo de fila de prioridade após a inserção do elemento com *id*=3 e *prioridade*=6,0:



Exemplo de fila de prioridade após a inserção do elemento de *id*=4 e *prioridade*=8,0 (depois da inserção do elemento de *id*=3 e *prioridade*=6,0).



Ao se modificar a prioridade de um elemento da fila de prioridade, este deverá ser reposicionado dentro do heap máximo, caso necessário.

Notem que cada elemento possuirá uma única cópia em memória e será apontado/referenciado em dois lugares: em uma das posições do arranjo apontado por *heap* e por uma das posições do arranjo apontado por *referencias*. Sempre que um elemento for inserido e/ou mudar de posição no heap o campo *posicao* deve ser atualizado.

Funções que deverão ser implementadas no EP

int tamanho(PFILA f): função que recebe o endereço de uma fila de prioridade e retorna o número de elementos na fila (ou mais precisamente, o número de elementos válidos no heap máximo).

bool inserirElemento(PFILA f, int id, float prioridade): função que recebe o endereço de uma fila de prioridade, o identificador do novo elemento e o valor de sua prioridade.
Esta função deverá retornar *false* caso:
- o identificador seja inválido (menor que zero ou maior ou igual a *MAX*);
- o identificador seja válido, mas já houver um elemento com esse identificador na fila.

Caso contrário, a função deverá alocar memória para esse novo elemento, colocar o endereço dele no arranjo *referencias* e colocar o endereço dele na posição correta do heap máximo (de acordo com sua prioridade), acertando todos os ponteiros necessários, o valor do campo *elementosNoHeap*, o campo *posicao* do novo elemento (e de qualquer elemento que mude de posição no heap durante esta inserção) e retornar *true*.

bool aumentarPrioridade(PFILA f, int id, float novaPrioridade): função que recebe o endereço de uma fila de prioridade, o identificador do elemento e o novo valor de sua prioridade.
Esta função deverá retornar *false* caso:
- o identificador seja inválido (menor que zero ou maior ou igual a *MAX*);
- o identificador seja válido, mas não haja um elemento com esse identificador na fila.
- o identificador seja válido, mas sua prioridade já seja maior ou igual à nova prioridade passada como parâmetro da função.

Caso contrário, a função deverá atualizar a prioridade do elemento, reposicioná-lo (se necessário [lembre-se de atualizar também o valor do campo *posicao*, se necessário, tanto do elemento que teve sua prioridade aumentada mas também de qualquer outro que mudou de posição por causa desse aumento]) dentro da fila de prioridade (no heap máximo) e retornar *true*. Observação: esta função **não** deverá criar um novo elemento.

bool reduzirPrioridade(PFILA f, int id, float novaPrioridade): função que recebe o endereço de uma fila de prioridade, o identificador do elemento e o novo valor de sua prioridade.
Esta função deverá retornar *false* caso:
- o identificador seja inválido (menor que zero ou maior ou igual a *MAX*);
- o identificador seja válido, mas não haja um elemento com esse identificador na fila.
- o identificador seja válido, mas sua prioridade já seja menor ou igual à nova prioridade passada como parâmetro da função.

Caso contrário, a função deverá atualizar a prioridade do elemento, reposicioná-lo (se necessário [lembre-se de atualizar também o valor do campo *posicao*, se necessário, tanto do elemento que teve sua prioridade reduzida mas também de qualquer outro que mudou de posição por causa dessa redução]) dentro da fila de prioridade (no heap máximo) e retornar *true*. Observação: esta função **não** deverá criar um novo elemento.

PONT removerElemento(PFILA f): função que recebe como parâmetro o endereço de uma fila de prioridade e deverá retornar *NULL* caso a fila esteja vazia. Caso contrário, deverá retirar o primeiro elemento do heap máximo, reorganizar o heap (e acertar os elementos [isto é, o campo

posicao dos respectivos elementos] e ponteiros necessários), colocar o valor *NULL* na posição correspondente desse elemento no arranjo *referencias*, acertar o valor do campo *elementosNoHeap* e retornar o endereço do respectivo elemento. A memória desse elemento não deverá ser apagada, pois o usuário pode querer usar esse elemento para alguma coisa.

bool consultarPrioridade(PFILA f, int id, float resposta)*: função que recebe o endereço de uma fila de prioridade, o identificador do elemento e um endereço para uma memória do tipo *float*.
Esta função deverá retornar *false* caso:
- o identificador seja inválido (menor que zero ou maior ou igual a *MAX*);
- o identificador seja válido, mas não haja um elemento com esse identificador na fila.

Caso contrário, a função deverá colocar na memória apontada pela variável *resposta* o valor da prioridade do respectivo elemento e retornar *true*.

Informações gerais:

Os EPs desta disciplina são trabalhos individuais que devem ser submetidos pelos alunos via sistema eDisciplinas (https://edisciplinas.usp.br/) até às 23:55h (com margem de tolerância de 60 minutos).

Você receberá três arquivos para este EP:
- filaDePrioridade.h que contém a definição das estruturas, os *includes* necessários e o cabeçalho/assinatura das funções. Você não deverá alterar esse arquivo.
- filaDePrioridade.c que conterá a implementação das funções solicitadas (e funções adicionais, caso julgue necessário). Este arquivo já contém um cabeçalho, o esqueleto geral das funções e alguns códigos implementados.
- usaFilaDePrioridade.c que contém alguns testes executados sobre as funções implementadas.

Você deverá submeter **apenas** o arquivo filaDePrioridade.c, porém renomeie este arquivo para seuNúmeroUSP.c (por exemplo, 12345678.c) antes de submeter.

Não altere a assinatura de nenhuma das funções e não altere as funções originalmente implementadas (*exibirLog*, *criarFila*, *etc*).

Nenhuma das funções que você implementará deverá imprimir algo. Para *debugar* o programa você pode imprimir coisas, porém, na versão a ser entregue ao professor, suas funções não deverão imprimir nada (exceto pela função *exibirLog* que já imprime algumas informações).

Você poderá criar novas funções (auxiliares), mas não deve alterar o arquivo filaDePrioridade.h. Adicionalmente, saiba que seu código será testado com uma versão diferente do arquivo usaFilaDePrioridade.c. Suas funções serão testadas individualmente e em conjunto.

Todos os trabalhos passarão por um processo de verificação de plágios. **Em caso de plágio, todos os alunos envolvidos receberão nota zero.**