

iz Contador usaro para iteração sobre Nz ;

it Contador usaro para iteração sobre *steps*;

dx Tamanho do grid no eixo x ;

dz Tamanho do grid no eixo z ;

dt Tamanho do espaçamento temporal;

coef Coeficientes de diferenças finitas;

dxdx Quadrado de dx ;

dzdz Quadrado de dz ;

dt dt Quadrado de dt ;

coef_dx2 Razao dos coeficientes sobre o quadrado de dx ;

coef_dz2 Razao dos coeficientes sobre o quadrado de dz ;

vel Velocidade do meio físico no em um ponto da malha;

vel_dt2 Razão da velocidade sobre o quadrado de dt ;

order Ordem espacial da diferença finita (suporta 2, 4, 6 e 8);

border_size Tamanho da borda, relacionada com a ordem da diferença finita;

grid Campo de pressão para todos $Nx \times Nz$ pontos no instante futuro

grid_o Campo de pressão para todos $Nx \times Nz$ pontos no instante passado

sample Intervalo de tempo no qual o campo de pressão é armazenado em disco. Não é necessário armazenar cada etapa da simulação, somente uma quantidade reduzida de quadros (normalmente 1 a cada 8 milisegundos)

sx Posição x da fonte de energia;

sz Posição z da fonte de energia;

frequency Frequencia (em Hz) da ondaleta Ricker;

O modelo de velocidades, representa a velocidade do meio físico em cada ponto da malha discretizada, esta velocidade esta normalmente relacionada as características físicas do material.

(ADICIONAR) tabela com velocidades de materiais

Na implementação foi utilizado valores de ponto flutuante de precisão dupla (double) com 128 bits, o arquivo de velocidade é então uma sequência de $N_x \times N_z$ números flutuantes em formato binário. Qualquer programa que gere este formato pode ser usado como entrada, mas por praticidade disponibilizamos algumas funções para criar e ler arquivos de velocidades neste formato são as funções:

wavefield_create Cria um modelo de velocidades dados os valores N_x e N_z

wavefield_laplacian Executa o calculo do gradiente espacial da ordem definida em *wavefield_laplacian_params* para todo ponto da malha

wavefield_laplacian_params Precalcula os parametros para aplicação do laplaciano em cada nó.

wavefield_perfect_match_layer Aplica as condições de contorno esperadas em uma aquisição sísmica (1.154) (1.155)

wavefield_swap Faz a troca do modelo de onda propagado em memoria, representa a diferenca central no tempo

wavefield_read_from_file Carrega um modelo de velocidades de um

simulation_inject_source Injeta a fonte sísmica em uma posição dada

Apesar de ser uma função simples, precalcular os parametros do Laplaciano tem grandes beneficios (APRESENTAR RESULTADO COMPARATIVO), visto que este parte do código é parte do loop principal e seus valores não se alteram. Aqui calculamos os quadrados do gradiente, os coeficientes da diferença finita e os coeficientes já operados com o gradiente, poupando grande custo computacional.

wavefield.c:wavefield_laplacian_params()

```
coef = coeficientes_dif_finita(int ordem, int derivada);
dxdx = dx * dx;
dzdz = dz * dz;
for(i=0; i < len(coef); i++) {
    coef_dx2[i] = coef[i]/dxdx;
    coef_dz2[i] = coef[i]/dzdz;
}
```

Listing 1.3 – wavefield.c:wavefield_laplacian():Algoritmo que propaga a onda baseada na discretização de diferenças finitas

```
for(iz = border_size; iz < nz - border_size; iz++) {
    for(ix = border_size; ix < nx - border_size; ix++) {
        vel_dt2 = (vel[x][z]*dt)^2;
```

```

/* Aplica o estencil */
lapx = coef_dx2[0] * grid_o[x][z];
lapz = coef_dz2[0] * grid_o[x][z];
for(ic=1; ic < len(coef); ic++) {
    lapx += coef_dx2[ic] * ( grid_o[ix-ic][iz] + grid_o[ix+ic][
        iz] );
    lapz += coef_dz2[ic] * ( grid_o[ix][iz-ic] + grid_o[ix][iz+
        ic] );
}
grid[ix][iz] = 2*grid_o[ix][iz] - grid[ix][iz] + vel_dt2 * (lapx
    + lapz);
}
}

```

Listing 1.4 – wavefield.c:wavefield_perfect_match_layer(): Algoritmo que aplica as condições de borda definidas por Reynolds e Cerjan

```

/* Para o lado esquerdo */

/* Bordas transparentes de Reynolds */
for(iz = 0; iz < nz; iz++) {
    for(ix = 0; ix < border_size; ix++)
        grid_o[ix][iz] = grid[ix][iz] + vel[ix][iz] * dt_dx * grid[ix
            +1][iz] - grid[ix][iz]);

/* Camada de absorcao de Cerjan */
for(iz = 0; iz < nz; iz++)
    for(ix = 0; ix < nd; ix++)
        grid_o[ix][iz] = grid_o[ix][iz] * exp(-beta*(nd-ix)^2)

```

Listing 1.5 – simulation.c:simulation_inject_source(): Algoritmo para injetar a fonte em uma posição dada

```

vel_dt2 = (vel[x][z]*dt)^2;
grid[sx][sz] += vel_dt2 * wavelet[it];

```

1.4.2 Paralela

Visto que o algoritmo sequencial é limitado pelo endereçamento da memória do computador e a velocidade que o equipamento é capaz de realizar a computação, foi natural a busca por um algoritmo paralelo. Utilizamos um modelo de *divisão e conquista* onde o domínio foi dividido em blocos ortogonais conforme podemos ver na figura ?? e 21

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus

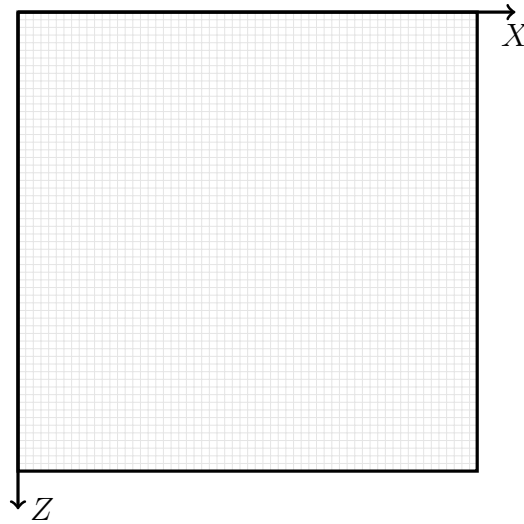


Figura 20 – Domínio 2D original

placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque

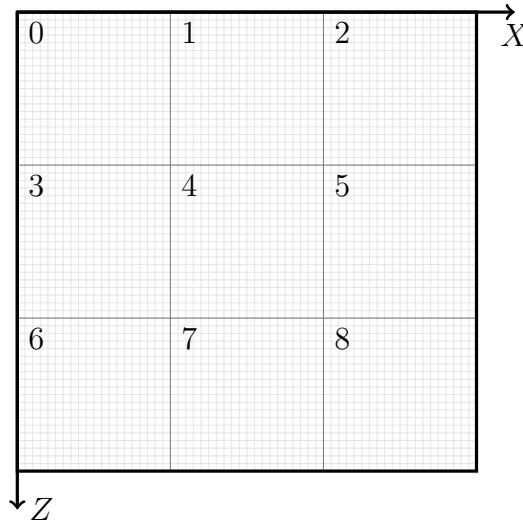


Figura 21 – Domínio decomposto em 9 áreas, numeradas de 0 a 8

pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

Mostra a zona fantasma central (repensar neste algoritmo) [22](#)

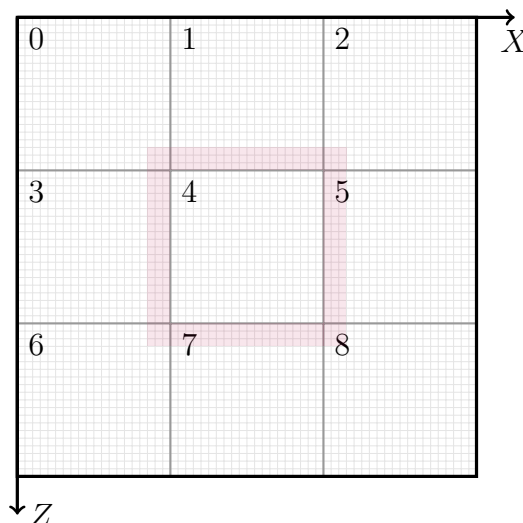


Figura 22 – Domínio decomposto, a área dentro do retângulo vermelho mostra do domínio id 4, com a área fantasma que transborda sobre as decomposições vizinhas

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec

ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

Mostra cada uma das zonas fantasma por sub domínio 23.

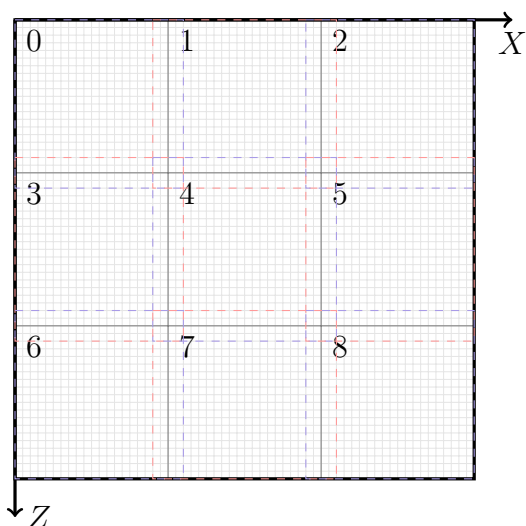


Figura 23 – Mostra cada domínio decomposto com suas bordas fantasma, as cores são usadas somente para ressaltar as fronteiras

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris.

Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

Estencil na borda de um subdomínio 24.

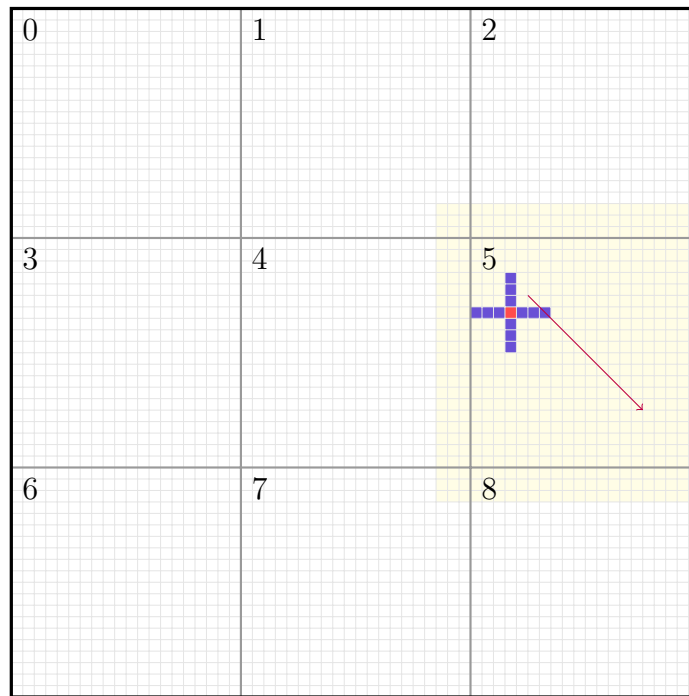


Figura 24 – Mostra o domínio decomposto para um grid dado, com o estencil de ordem 4 próximo a uma borda, no estencil o nó vermelho é o nó sendo computado, e os azuis representam a vizinhança necessária para este nó. A seta indica a direção da computação dos nós.