



UNICAMP

ESTUDO DO ISOLAMENTO DE VIBRAÇÕES QUE SE PROPAGAM ATRAVÉS DO SOLO COM A UTILIZAÇÃO DE UMA VERSÃO INDIRETA DO MÉTODO DOS ELEMENTOS DE CONTORNO

Thiago Henrique Rieger Rodrigues (Bolsista) – riegger@uol.com.br
 Prof. Dr. Euclides de Mesquita Neto (Orientador) – euclides@fem.unicamp.br
 FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA - FEM – UNICAMP
 Depto. de Mecânica Computacional – DMC
 Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica – PIBIC/CNPq
 Palavras-Chave: Método dos Elementos de Contorno, Problema de Kelvin

Introdução:

As diversas fundações de máquinas e edificações que estão assentadas no solo estão sujeitas a excitações e carregamentos devido ao próprio movimento dessas máquinas. Essas perturbações que geralmente se manifestam na forma de ondas, que se originam na fundação e se propagam para o longe desta fonte de energia, são transferidas ao solo e se propagam, atingindo outras estruturas. Sabe-se que barreiras introduzidas no solo são capazes de minimizar essas perturbações. O presente projeto consiste na construção de um programa em linguagem Fortran capaz de avaliar a intensidade de forças e deslocamentos num domínio qualquer. Dessa forma, pode-se estudar a influência dessas barreiras na minimização da excitações no solo.

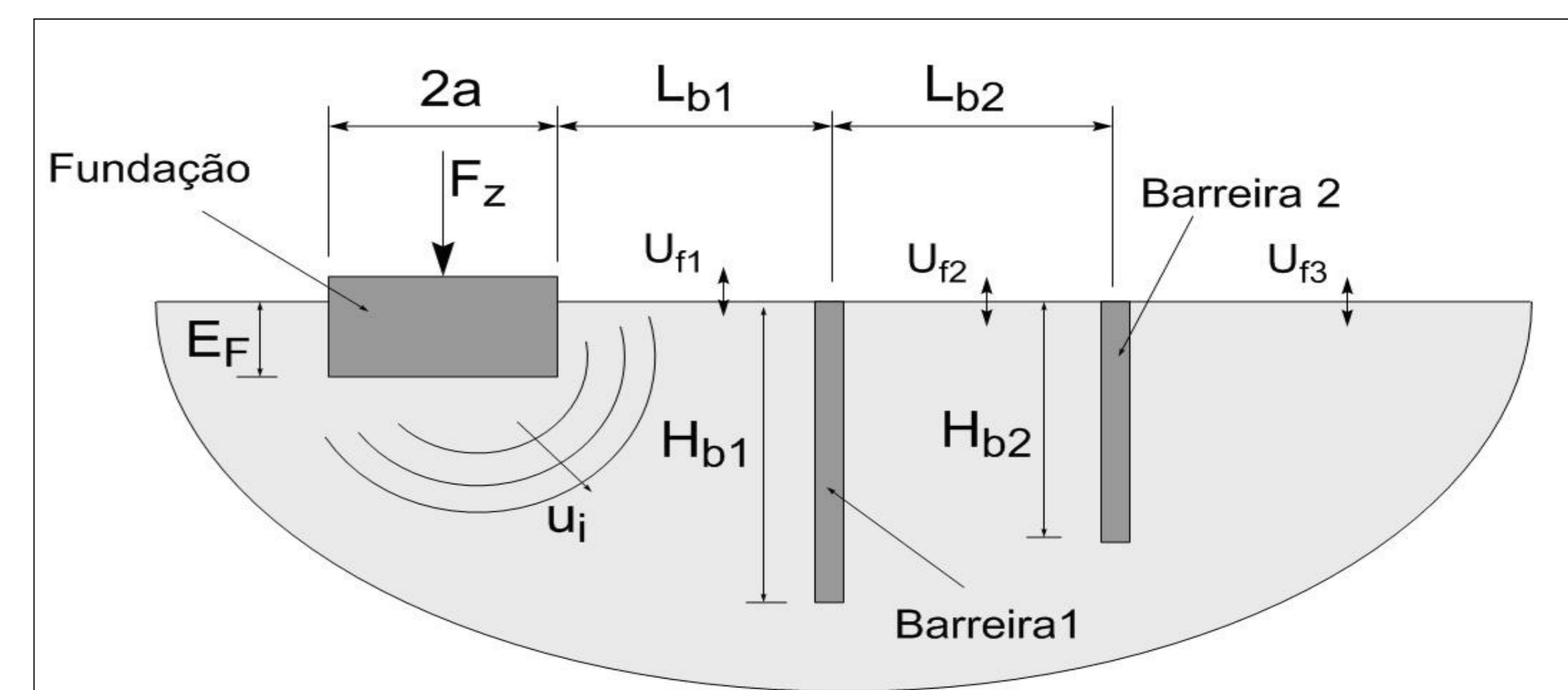


Fig.1: Esquema do problema levantado

Metodologia:

Para construir o programa em questão utilizou-se uma versão indireta do Método dos Elementos de Contorno (MEC-I), que é baseada em um conjunto de soluções auxiliares não-singulares para o caso estático (Problema de Kelvin), que pode ser encontrado no livro de Crouch e Starfield [1983]¹.

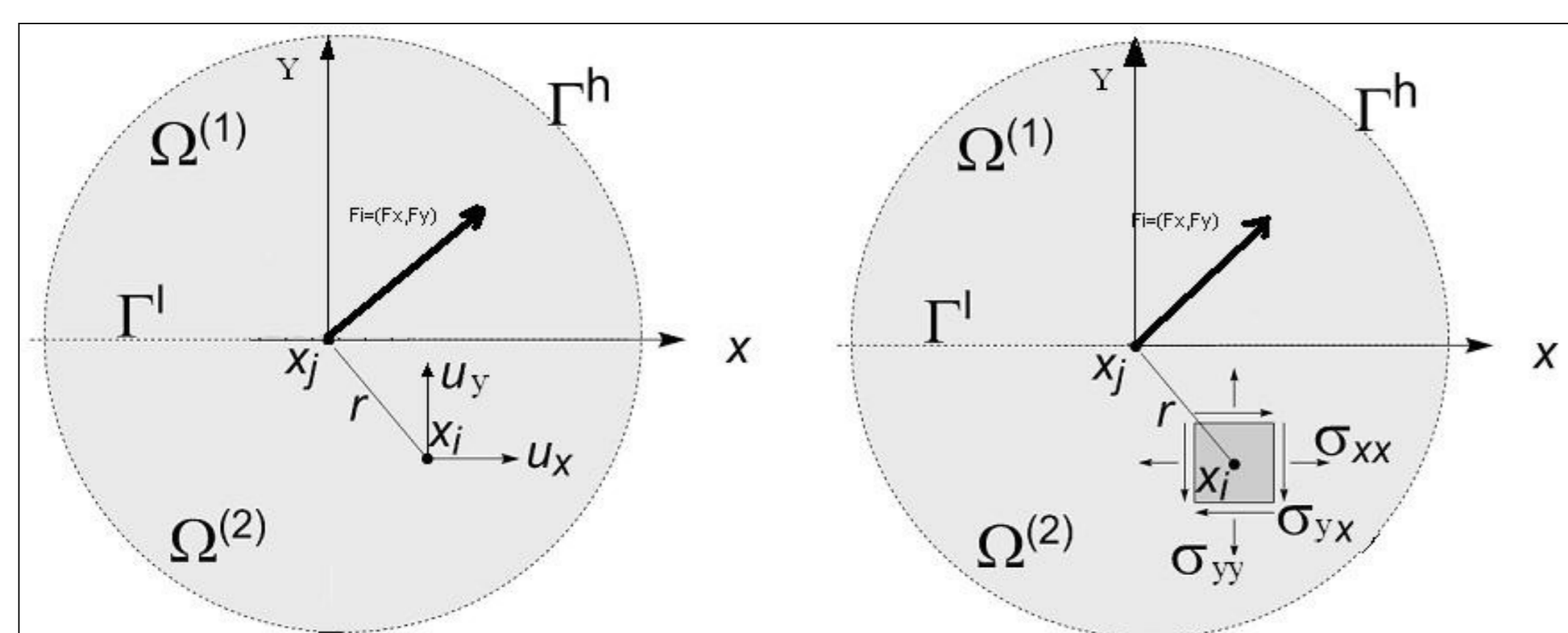


Fig.2: Problema de Kelvin

Integração da Solução Fundamental de Kelvin

$$f(x, y) = \frac{-1}{4\pi(1-\nu)} \left[y \left(\arctan \frac{y}{x-a} - \arctan \frac{y}{x+a} \right) - (x-a) \ln \sqrt{(x-a)^2 + y^2} + (x+a) \ln \sqrt{(x+a)^2 + y^2} \right]$$

$$u_x = \frac{P_x}{2G} [(3-4\nu)f - yf_{,y}] + \frac{P_y}{2G} [-yf_{,x}]$$

$$u_y = \frac{P_x}{2G} [-yf_{,x}] + \frac{P_y}{2G} [(3-4\nu)f - yf_{,y}]$$

$$\sigma_{xx} = P_x [(3-2\nu)f_{,x} + yf_{,xy}] + P_y [2\nu f_{,y} + yf_{,yy}]$$

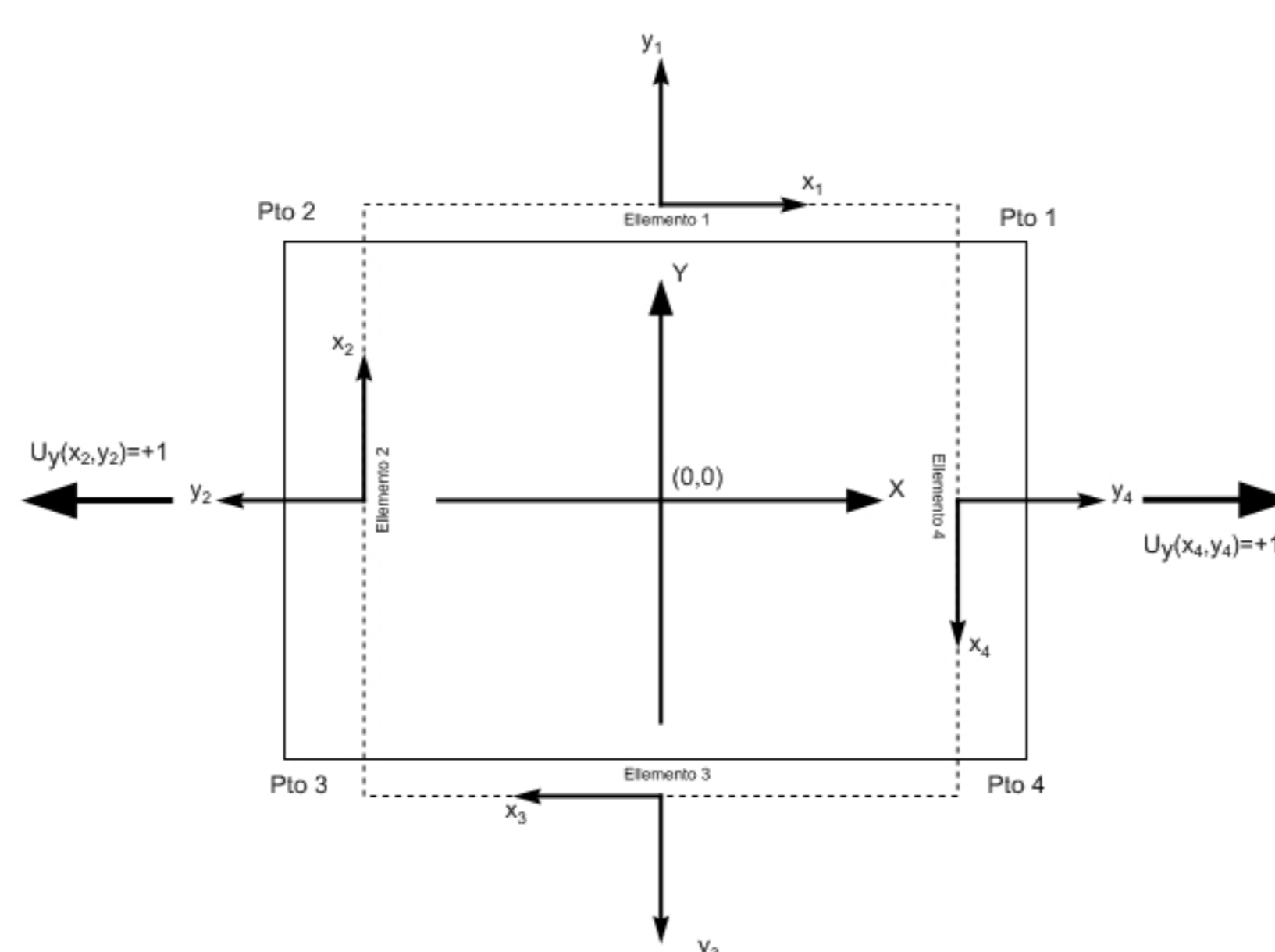
$$\sigma_{yy} = P_x [-(1-2\nu)f_{,x} - yf_{,xy}] + P_y [2(1-\nu)f_{,y} - yf_{,yy}]$$

$$\sigma_{xy} = P_x [2(1-\nu)f_{,y} + yf_{,yy}] + P_y [(1-2\nu)f_{,x} - yf_{,xy}]$$

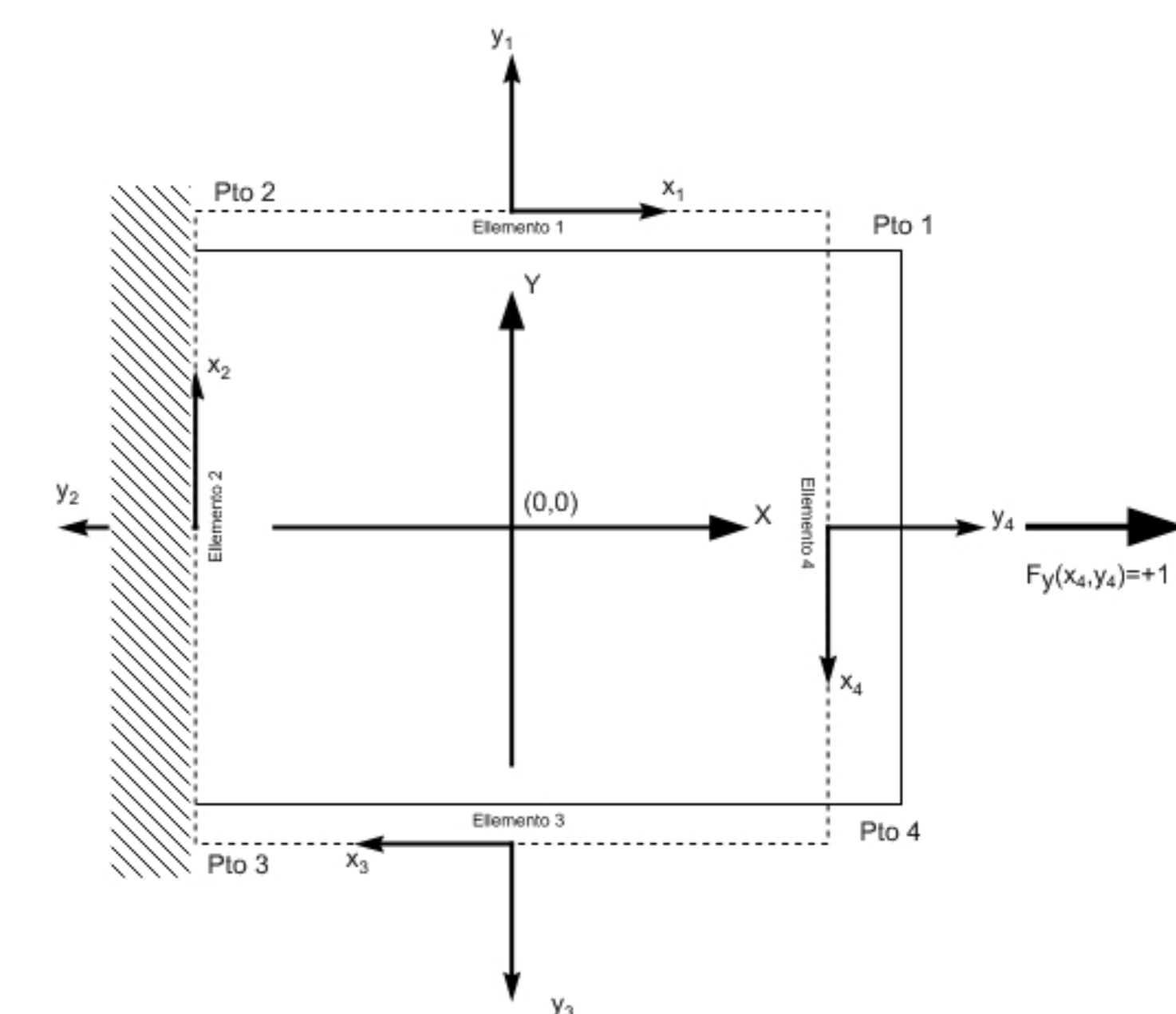
Resultados e Discussões:

A fim de validar o programa construído foram realizados dezenas de testes com problemas simples e verificadas suas soluções. Os exemplos a seguir demonstram a simetria do problema e a coerência com os resultados esperados fisicamente.

Condições de Contorno		Saída	
U _{x1}	0,00	F _{x1}	-2,85E-02
U _{y1}	0,00	F _{y1}	1,24E+07
U _{x2}	0,00	F _{x2}	1,07E-02
U _{y2}	1,00	F _{y2}	2,85E+07
U _{x3}	0,00	F _{x3}	2,85E-02
U _{y3}	0,00	F _{y3}	1,24E+07
U _{x4}	0,00	F _{x4}	-1,07E-02
U _{y4}	1,00	F _{y4}	2,85E+07



Condições de Contorno		Saída	
F _{x1}	0,00	U _{x1}	1,13E-08
F _{y1}	0,00	U _{y1}	-1,80E-09
U _{x2}	0,00	F _{x2}	5,14E-15
U _{y2}	0,00	F _{y2}	9,87E-01
F _{x3}	0,00	U _{x3}	-1,13E-08
F _{y3}	0,00	U _{y3}	-1,80E-09
F _{x4}	0,00	U _{x4}	8,80E-15
F _{y4}	1,00	U _{y4}	1,00E+00



Exemplo 1: A maior força encontrada está na direção normal do elemento 2 e 4 (mesmo valor) pois são nesses elementos e nessa direção que estão aplicados os deslocamentos e o corpo tende a se alongar nesse sentido. Nas direções normais dos elementos 1 e 3 temos também uma força normal elevada pois o corpo tende a se afinar nesse sentido gerando uma força grande contrária ao movimento (Efeito Poisson). As outras componentes de força existem no programa, mas fisicamente não deveriam existir. Como são muito menores que as forças acima discutidas, podem ser desprezadas.

Exemplo 2: Note a força normal no elemento 2 próximo da unidade.

Conclusão:

O projeto tomou rumos diferentes do pensado inicialmente. Entretanto devido ao elevado tempo dedicado ao Método dos Elementos de Contorno e sua implementação numérica, pode-se concluir que se desenvolveu grande conhecimento desta metodologia, que é bastante recente, além da linguagem computacional Fortran.

Bibliografia:

- 1 Crouch SL, Starfield AM (1983) *Boundary Element Methods in Solid Mechanics*. Allen & Unwin, London.
- 2 Barros, Pérsio Leister de Almeida (1997), *Elastodinâmica de meios transversalmente isotrópicos: funções de Green e o Método dos Elementos de Contorno na análise da interação solo-estrutura*. Tese de Doutorado. FEM/UNICAMP.