

## 7 Estudo de Caso

### 7.1 Determinação das Coordenadas X e Y de Cada Ponto

Através do Sistema de Informações Geográficas *Google Earth*, determinar as coordenadas X e Y de cada um dos pontos envolvidos no problema tornou-se uma tarefa de extrema simplicidade.

O *software Google Earth* disponibiliza uma ferramenta, denominada régua, a qual dado um ponto de origem e outro de destino é possível determinar a distância exata entre os dois na unidade desejada: metro, quilometro, milha, polegada, etc.

Para esta tarefa considera-se toda a área da Refinaria Duque de Caxias sob um *grid* cartesiano formados pelos eixos x e y, conforme a figura a seguir.

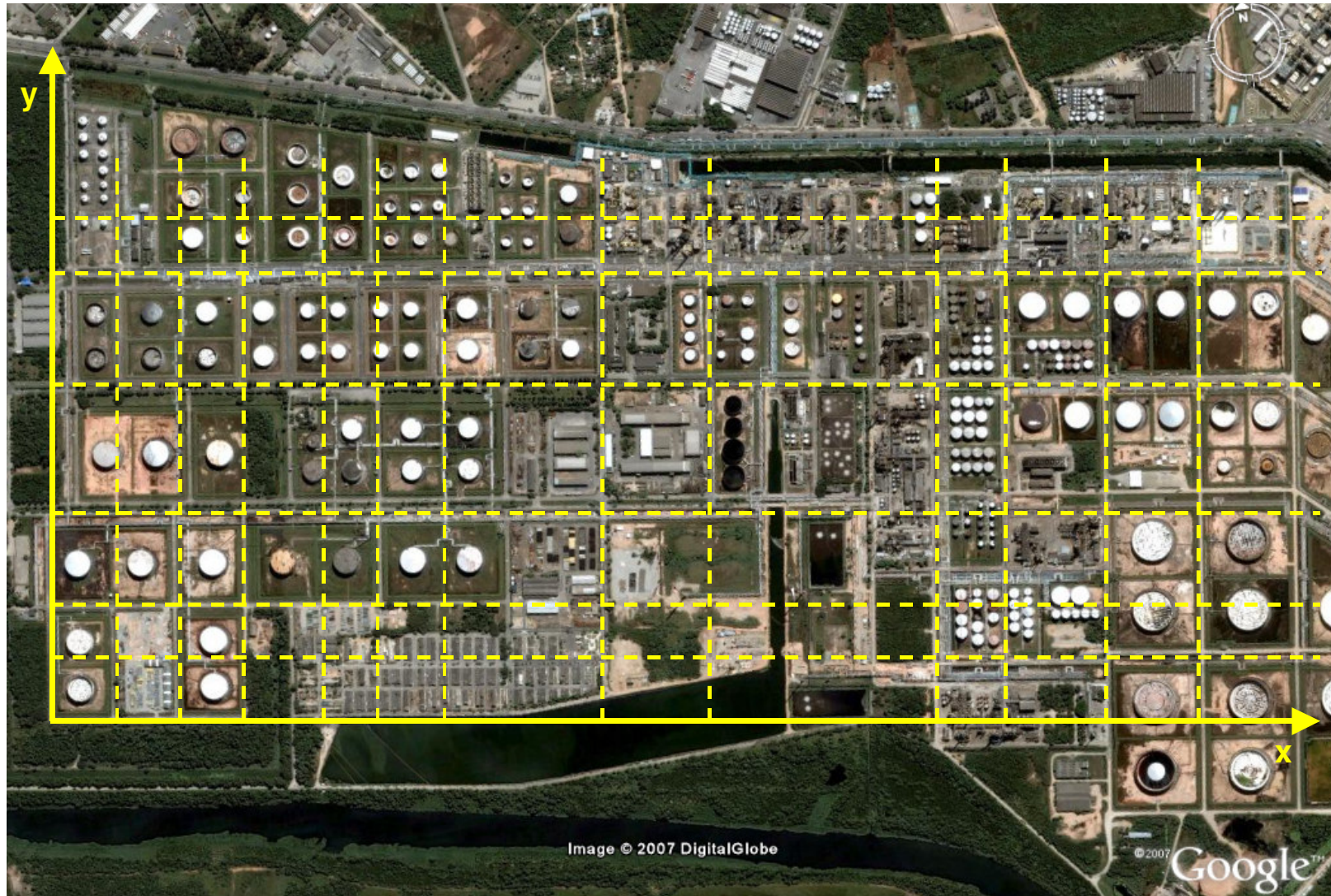


Figura 7.1: REDUC Modelada Segundo *Grid* Cartesiano.

Para obter as coordenadas X e Y de cada um dos pontos instituiu-se, tanto para o eixo X como para o eixo Y, que o ponto de partida ou ponto zero seria o cruzamento entre os respectivos eixos. A partir disso, ativando a ferramenta régua do *Google Earth*, foi possível determinar a distância nos eixos X e Y entre o ponto zero e o local desejado. Este procedimento foi repetido para todos os 13 locais envolvidos no problema, determinando-se todas as coordenadas.

A figura 7.2 apresenta os locais analisados e o plano cartesiano, formado pelos eixos X e Y, sob a refinaria. Como exemplo, estão registradas na figura as coordenadas do ponto 2 verde.

Na tabela 2, estão apresentadas, em metros, as coordenadas X e Y de cada um dos locais analisados.

Tabela 2 – Coordenadas X e Y dos locais analisados

Local	Eixo X (m)	Eixo Y (m)
<b>AZUL</b>		
1	255	270
2	320	490
3	320	690
4	830	690
<b>VERDE</b>		
1	830	750
2	1620	940
3	1830	980
4	2140	980
5	2400	940
<b>VERMELHO</b>		
1	300	200
2	300	400
3	280	490
4	320	490

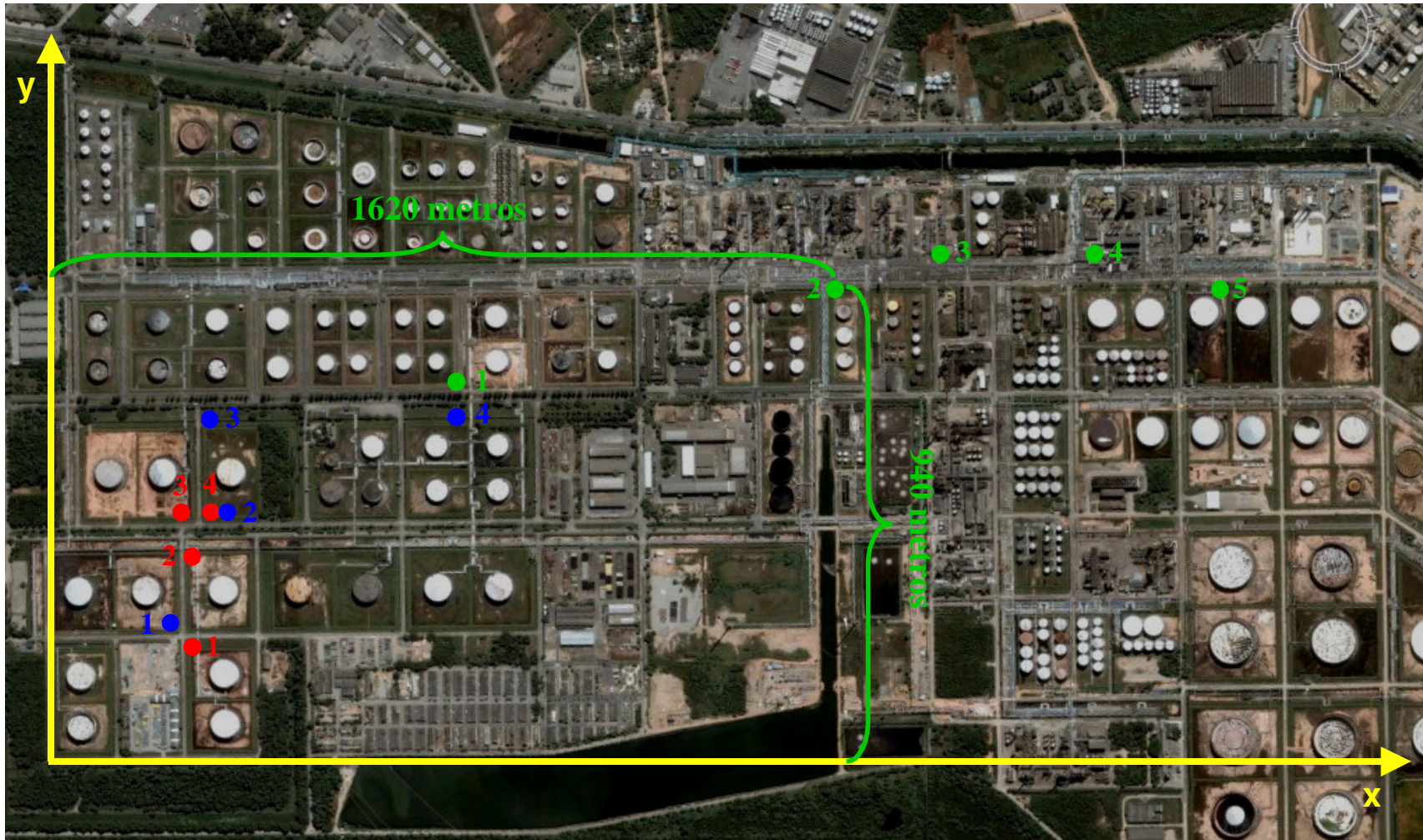


Figura 7.2: Exemplo de Cálculo das Coordenadas Cartesianas.

## 7.2 Determinação dos Pesos entre os pontos e o ponto central

A função que se deseja minimizar (equação 5), além de utilizar o valor das coordenadas X e Y, determinadas anteriormente, também utiliza os pesos entre os pontos e o ponto central, que se deseja determinar.

Na prática, o significado deste peso pode variar em função do problema. Caso o objetivo fosse determinar o ponto central de um centro de distribuição, o peso poderia ser a importância de algum cliente ou fornecedor, ou até a frequência a qual um percurso é realizado.

Neste caso, o peso é proporcional ao volume de cada produto que é bombeado para o sistema de mistura em linha. Quanto maior o volume, maior é o diâmetro de tubulação necessária e conseqüentemente maior o preço por metro desta tubulação. Por este motivo foi determinado que o peso fosse o preço por unidade de comprimento da tubulação que será utilizada entre cada um dos pontos e o ponto central.

Na tabela 3, estão apresentados os preços por unidade de comprimento em função do diâmetro, de tubulações de aço-carbono típicas de uma refinaria.

Tabela 3 – Relação Diâmetro da Tubulação X Custo por Unidade de Comprimento

<b>Diâmetro (polegada)</b>	<b>Preço (US\$/m)</b>
<b>2</b>	<b>110</b>
<b>3</b>	<b>150</b>
<b>6</b>	<b>220</b>
<b>8</b>	<b>410</b>
<b>10</b>	<b>530</b>
<b>12</b>	<b>700</b>
<b>18</b>	<b>1000</b>

Na tabela 4, estão apresentados os diâmetros em polegadas e os preços por unidade de comprimento das tubulações entre os pontos (origem e destino) e o ponto central.

Tabela 4 – Diâmetro e Preço das Tubulações que Ligam os Pontos de Origem e Destino ao Central

Ponto	Diâmetro da Tubulação (polegada)	Preço (US\$/m)
Verde 1	8	410
Verde 2	6	220
Verde 3	8	410
Verde 4	8	410
Verde 5	10	530
Vermelho 1	12	700
Vermelho 2	12	700
Vermelho 3	12	700
Vermelho 4	12	700

### 7.3 Determinação do Ponto Central do MLD

De acordo com o item 6.3.2, a determinação do ponto central pode ser realizada por dois métodos diferentes: Derivada e Fibonacci. Como o método da Derivada é, segundo LEAL (2006 A) mais simples e exato optamos em determinar o ponto central utilizando este método.

Conforme mencionado anteriormente, este cálculo é realizado separadamente para os eixos X e Y.

- **Cálculo para o eixo X:**

A tabela 5 mostra os pontos origem e destino ordenados por ordem crescente de valor da coordenada X:

Tabela 5 – Pontos Ordenados por Ordem Crescente de valor da Coordenada X

Pontos	X (m)	Preço (US\$/m)
3	280	700
1	300	700
2	300	700
4	320	700
1	830	410
2	1620	220
3	1830	410
4	2140	410
5	2400	530

Determina-se  $DIF = -4.780$ .

Seguindo o algoritmo de solução proposto pelo método da derivada, temos DIF aumentando segundo as iterações. A tabela 6 mostra os valores de DIF ao longo das iterações.

Tabela 6 – Iterações do Algoritmo para o Eixo X

Iterações	Pontos	DIF
1	3	-3380
2	1	-1980
3	2	-580
4	4	820

Como no ponto 4 vermelho, DIF troca de sinal, este é valor ótimo para a coordenada X.

- **Cálculo para o eixo Y:**

A tabela 7 mostra os pontos origem e destino ordenados por ordem crescente de valor da coordenada Y:

Tabela 7 – Pontos Ordenados por Ordem Crescente de valor da Coordenada Y

Pontos	Y (m)	Preço (US\$/m)
1	200	700
2	400	700
3	490	700
4	490	700
1	750	410
2	940	220
5	940	530
3	980	410
4	980	410

Determina-se  $DIF = -4.780$ .

Seguindo o algoritmo de solução proposto pelo método da derivada, temos DIF aumentando segundo as iterações. A tabela 8 mostra os valores de DIF ao longo das iterações.

Tabela 8 – Iterações do Algoritmo para o Eixo Y

Iterações	Pontos	DIF
1	1	-3380
2	2	-1980
3	3	-580
4	4	<b>820</b>

Como no ponto 4 vermelho, DIF troca de sinal, este é o valor ótimo para a coordenada Y.

Portanto, pelo método da derivada, o ponto ótimo está localizado nas coordenadas:

X(m)	320
Y(m)	490

Substituindo este ponto na equação 5, temos o custo em tubulações para a instalação do MLD na refinaria Duque de Caxias: **US\$ 4.130.700,00**.

O cálculo do ponto central pelo método Fibonacci é mais complexo e envolve inúmeras iterações para se alcançar um resultado próximo ao ótimo. A título



ilustrativo, a determinação do ponto central pelo método Fibonacci será apresentada no anexo III.

Os resultados obtidos pelo método Fibonacci, após 17 iterações, são os seguintes:

X(m)	319,97
Y(m)	490,13

De modo análogo ao obtido no método da Derivada, através da equação 5, chegamos ao custo em tubulações para a instalação do MLD pelo método Fibonacci: **US\$ 4.130.822,00**.

#### 7.4 Determinação do Ponto Mais Adequado para a instalação do MLD

A determinação do ponto mais adequado para a instalação do MLD na REDUC difere dos itens anteriores, pois, tanto no método da derivada ou Fibonacci, o ponto central foi determinado sem levar em consideração outros fatores restritivos, como os expostos no item 5.5 desta dissertação.

A determinação do ponto mais adequado para a instalação do MLD na REDUC pressupõe apenas 4 pontos, selecionados pela equipe de técnicos da REDUC, passíveis da instalação do MDL (ver item 5.5.1).

Para o cálculo do ponto mais adequado foi determinado o custo referente à instalação do MLD em cada um dos 4 pontos, através da equação 5 do item 6.3.2. Os valores obtidos para os custos estão ilustrados na tabela a seguir. O ponto que apresentou o menor custo está destacado, em azul, na tabela.

Tabela 9 – Pontos Passíveis de Instalação X Custo

Opções	Coordenadas		Custo (US\$)
	X (m)	Y (m)	
Opção 1:	255	270	4.947.000
Opção 2:	320	490	4.130.700
Opção 3:	320	690	4.294.700
Opção 4:	830	690	4.712.900