para então, transformar para o sistema fixo com R_0^1.

Com vários sistemas, é possível usar uma forma generalizada de composições de rotações, em que:

$$R_0^n = R_0^1 R_1^2 \dots R_{n-1}^n$$

2.1.3.TRANFORMAÇÕES HOMOGÊNEAS

Primeiramente, considera-se uma transformação homogênea quando se agrega um parâmetro a uma matriz representativa de um vetor tridimensional [16]. Por exemplo: dado o vetor $v = (x, y, z)^T$, com o incremento de um parâmetro "d", $\hat{v} = (x, y, z, d)^T$, $\hat{v}$ é uma representação homogênea de v.

Para completar as informações de um ponto em relação a outros sistemas de coordenadas são necessárias aquelas que dizem respeito à translação.

Considera-se um sistema com apenas uma translação ao sistema fixo de origem, como na figura 2, e distância entre as origens do sistema representada pelo vetor d_0^1.

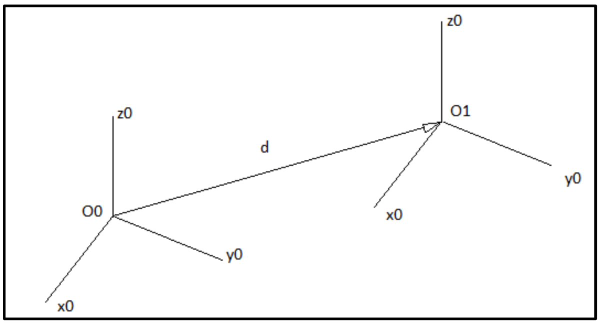

Figura 2 – Translação de coordenadas

Assim, sua representação homogênea será da seguinte forma:

$$P_0 = R_0^1 P_1 + d_0^1$$

Ou, em forma matricial:

$$\begin{bmatrix} P_{0x} \\ P_{0y} \\ P_{0z} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} r11 & r12 & r13 \\ r21 & r22 & r23 \\ r31 & r32 & r33 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} P_{1x} \\ P_{1y} \\ P_{1z} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} d_{0x}^1 \\ d_{0y}^1 \\ d_{0z}^1 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} P_{0x} \\ P_{0y} \\ P_{0z} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} r11 & r12 & r13 & d_{0x}^1 \\ r21 & r22 & r23 & d_{0y}^1 \\ r31 & r32 & r33 & d_{0z}^1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} P_{1x} \\ P_{1y} \\ P_{1z} \\ 1 \end{bmatrix}$$

Então se acrescenta mais uma linha para que a matriz seja quadrada.

$$\begin{bmatrix} P_{0x} \\ P_{0y} \\ P_{0z} \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} r11 & r12 & r13 & d_{0x}^1 \\ r21 & r22 & r23 & d_{0y}^1 \\ r31 & r32 & r33 & d_{0z}^1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} P_{1x} \\ P_{1y} \\ P_{1z} \\ 1 \end{bmatrix}$$

Ou, simplificando:

$$\widetilde{P_0} = A_0^1 \widetilde{P_1}$$

Sendo que a matriz A (transformação homogênea) possui parâmetros de rotação e translação.

Com esses conceitos, é possível discorrer sobre as cinemáticas de braços robóticos.

Considerando q_i como sendo a coordenada generalizada das posições de juntas (θ_i, d_i), é fundamental a relação entres esses parâmetros de juntas e o do órgão terminal. Isso é feito através da cinemática direta e inversa, representado na Figura 3.

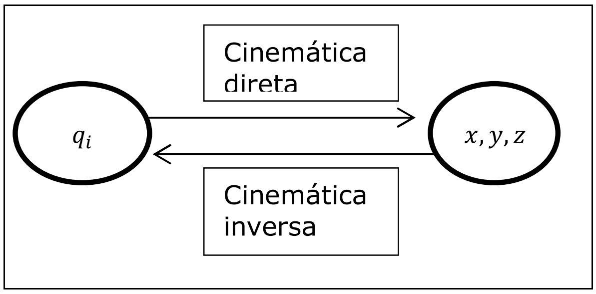

Figura 3 - cinemática direta e inversa

Estas conversões são de suma importância para o controle de movimentos do robô, já que, normalmente, as trajetórias requeridas estão em coordenadas cartesianas e as referências para os motores, em ângulos (graus ou radianos).

2.2. CINEMÁTICA DIRETA

O objetivo deste procedimento é encontrar os valores de posição e orientação do órgão terminal em função das variáveis de juntas. Para isso, utilizam-se as matrizes de transformação homogênea.

Um dos métodos mais conhecidos e utilizados é o de Denavit – Hartenberg (DH) [4], o qual fornece passos para gerar um modelo geométrico simplificado do braço com suas dimensões e