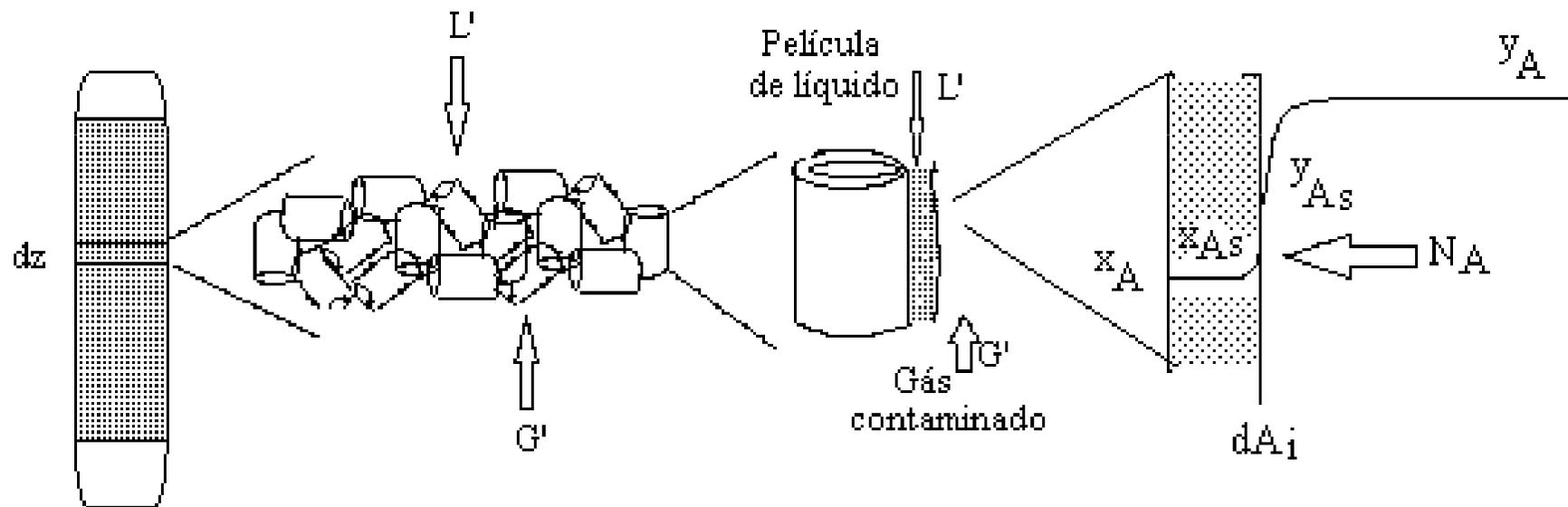
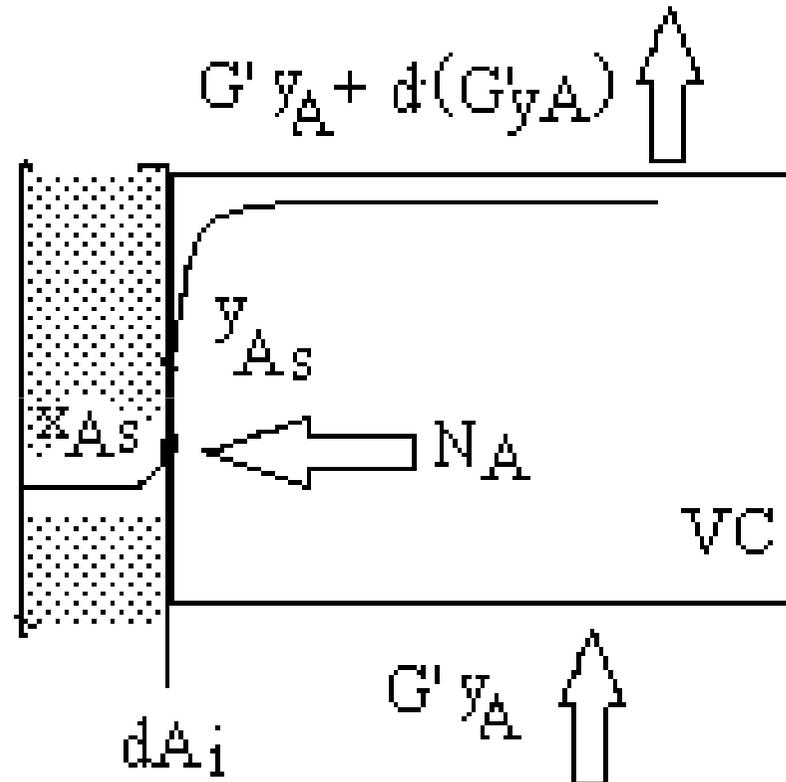


CÁLCULO DA ALTURA DE RECHEIO

Para obter uma expressão que permita calcular a altura de recheio é preciso fazer um balanço de massa diferencial em uma seção qualquer da coluna.



Assim o balanço é feito no volume de controle na fase gasosa para o contaminante A.



ENTRA - SAI + PRODUZ = VARIAÇÃO
(em termos de vazões molares)

$$\dot{G}y_A - N_A dA_i - (G' + dG')(y_A + dy_A) = 0$$

Abrindo os parênteses e operando:

$$N_A dA_i = -dG'y_A - dG'dy_A - G'dy_A$$

G' é constante para soluções diluídas então $dG' = 0$. Assim:

$$N_A dA_i = -G'dy_A$$

N_A é o fluxo de A do gás para o líquido e dA_i é a área interfacial do volume de coluna de altura dz .

$$N_A = k_y(y_A - y_{AS})$$

Onde K_y é o coeficiente convectivo individual de transporte de massa na fase gasosa e y_{AS} a fração molar de A na interface do lado do gás.

$$k_y(y_A - y_{AS})dA_i = -G'dy_A$$

Aqui é feita outra simplificação: as composições de ambas as fases são constantes ao longo do raio da coluna, ou seja:

$$y_A = f(z)$$

Para se poder achar a altura da coluna temos que relacionar a área interfacial com a altura para isto lançamos mão de um novo parâmetro designado por a , definido como:

$$a = \frac{\textit{área int erfacial}}{\textit{unidade de volume}} \textit{ em } \frac{m^2}{m^3}$$

Assim podemos escrever:

$$dA_i = a dV$$

$$dA_i = a.A.dz$$

onde A é a área transversal da coluna. Substituindo na expressão do balanço obtemos:

$$N_A a A dz = G' d y_A$$

$$N_A adz = \frac{G}{A} dy_A$$

$$\frac{G'}{A} = G$$

$$N_A = k_y (y_A - y_{As})$$

$$dz = \frac{G}{k_y a} \frac{dy_A}{y_A - y_{As}}$$

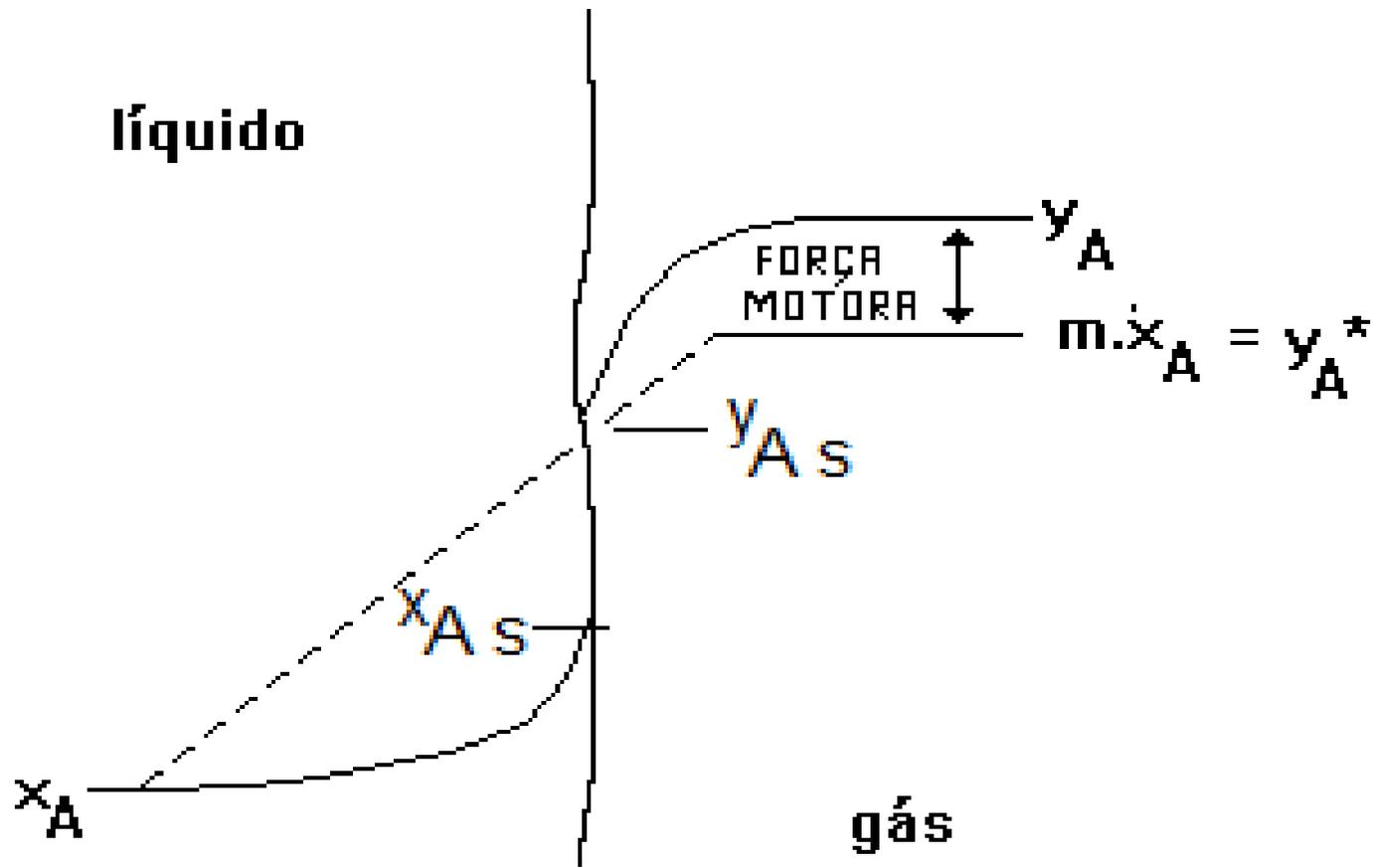
Esta equação possui um problema: a fração molar de A na interface do lado do gás geralmente não é conhecida, difícil de ser medida o que torna impraticável a sua aplicação, Para resolver este problema usa o conceito de coeficiente global de transporte de massa.

$$y_{As} \text{ e } x_{As}$$

são desconhecidas porque a região onde ocorre o equilíbrio é muito pequena.

interface

líquido



gás

A força motora $y_A - y_{AS}^*$ representa a distância que o gás está do líquido., Deste modo pode se escrever:

$$N_A = K_y (y_A - y_A^*)$$

K maiúsculo é o coeficiente convectivo global de transporte de massa da fase gasosa.

$$dz = \frac{G}{K_y a} \frac{dy_A}{y_A - y_A^*}$$

Esta expressão pode ser utilizada porque ambas as frações molares são passíveis de serem medidas.

Como G é constante e a solução diluída o que implica em propriedades físicas constante $K_y a$ também será constante. Invertendo se o intervalo de integração:

$$z = \frac{G}{K_y a} \int_{y_{A2}}^{y_{A1}} \frac{dy_a}{y_A - y_A^*}$$

relação de equilíbrio $y_A^* = m x_A$

linha de operação substituem se na integral cuja resolução fornece:

$$x_A = \left(\frac{GY_{a2} - lX_{a1}}{G} \right) \frac{G}{L}$$

substituem se na integral cuja resolução fornece:

$$Z = \frac{G}{K_y a} \frac{y_{A1} - y_{A2}}{\frac{(y_{A1} - y_{A1}^*) - (y_{A2} - y_{A2}^*)}{\ln \left(\frac{(y_{A1} - y_{A1}^*)}{(y_{A1} - y_{A2}^*)} \right)}}$$

O termo

$$\frac{y_{A1} - y_{A2}}{\frac{(y_{A1} - y_{A1}^*) - (y_{A2} - y_{A2}^*)}{\ln \left(\frac{(y_{A1} - y_{A1}^*)}{(y_{A1} - y_{A2}^*)} \right)}} = N_{OG}$$

É chamado de número de unidades de transferência N_{OG} ,

Tem unidade de comprimento, mais especificamente altura, por isso ele é chamado de altura da unidade de transferência de massa H_{OG} .

$$\frac{G}{K_y a} = H_{OG}$$

$$Z = H_{OG} \cdot N_{OG}$$

$$Z = H_G N_G$$

$$N_G = \frac{y_{A1} - y_{A2}}{\frac{(y_{A1} - y_{A1s}) - (y_{A2} - y_{A2s}^*)}{\ln \left(\frac{(y_{A1} - y_{As1})}{(y_{A1} - y_{A2s})} \right)}}$$

$$\frac{G}{k_G a} = H_G$$

$$Z = H_L N_L$$

$$\frac{L}{k_G a} = H_L$$

$$N_L = \frac{x_{A1} - x_{A2}}{\frac{(x_{A1s} - x_{A1}) - (x_{A2s} - x_{A2})}{\ln \left(\frac{(x_{A1s}^* - x_{A2})}{(x_{A1s}^* - x_{A2})} \right)}}$$

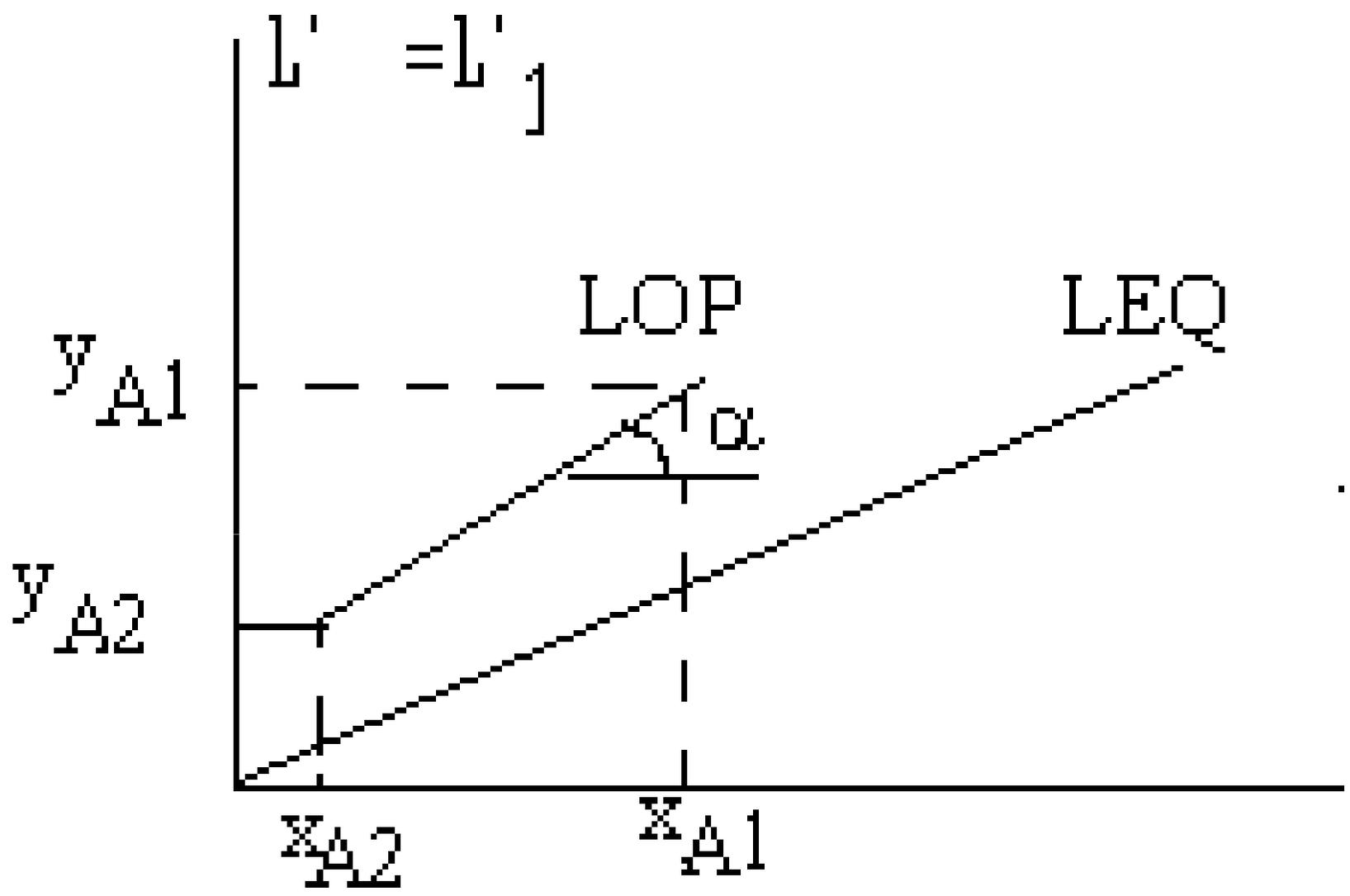
$$Z = H_{OL} N_{OL}$$

$$\frac{L}{K_G a} = H_{OL}$$

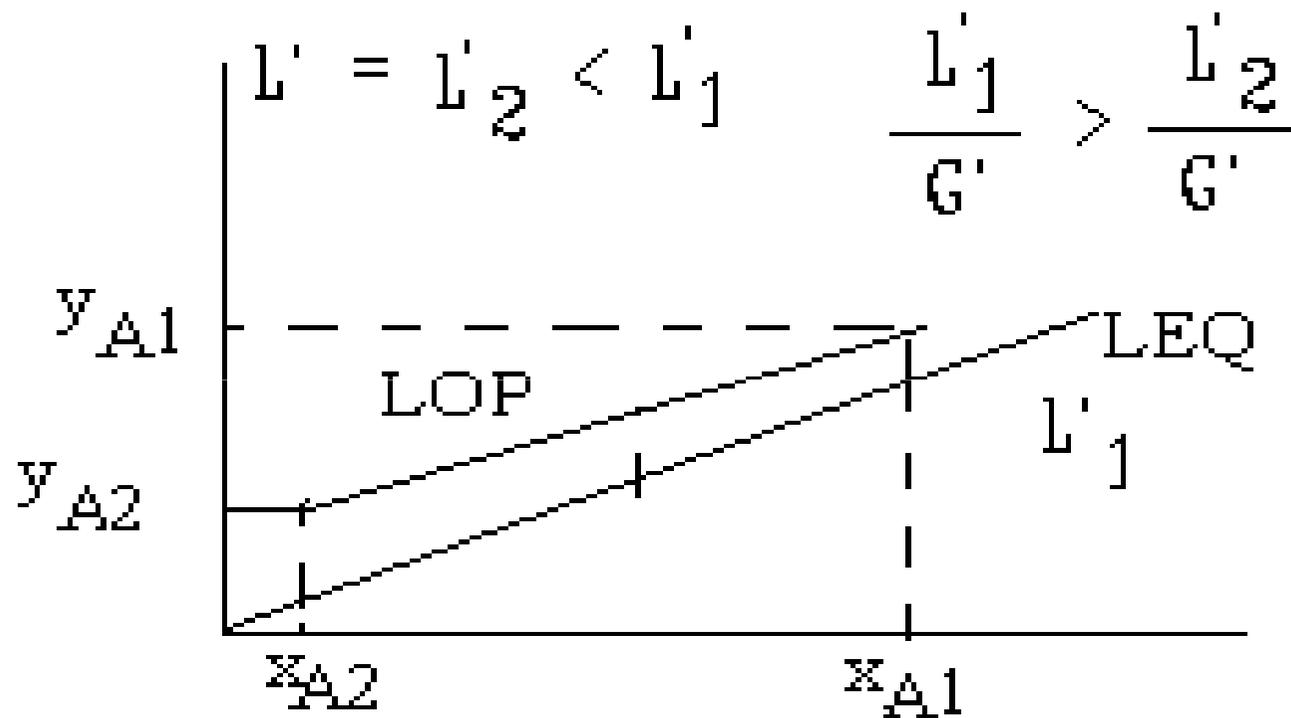
$$N_{OG} = \frac{x_{A1} - x_{A2}}{\frac{(x^*_{A1} - x_{A1}) - (x^*_{A2} - x_{A2})}{\ln \left(\frac{(x^*_{A1} - x_{A1})}{(x^*_{A2} - x_{A2}^*)} \right)}}$$

Vazão de líquido mínima e critério
para determinação da vazão de
líquido.

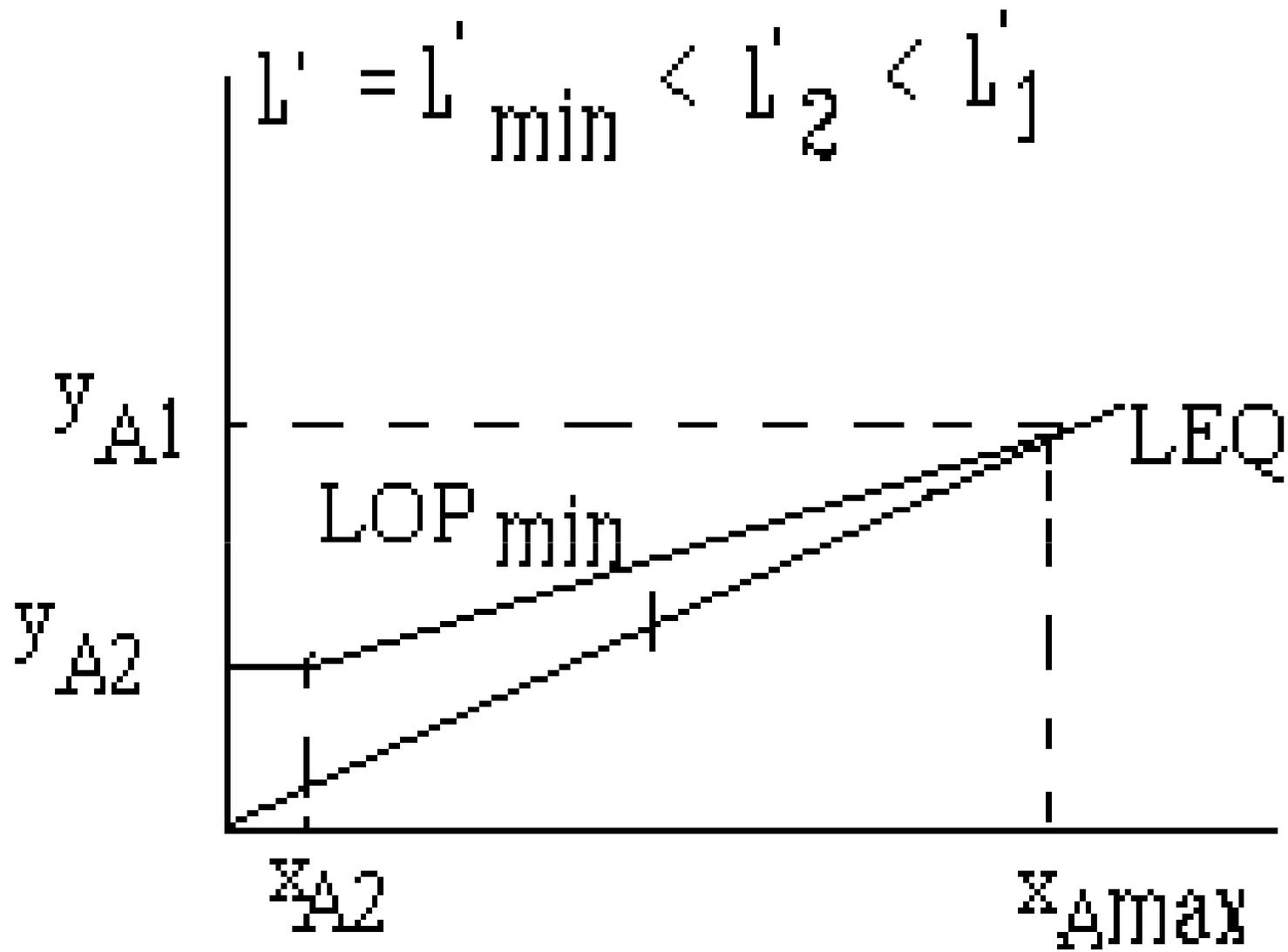
Fixados a vazão de gás, as concentrações de entrada e saída do gás bem como a fração molar do líquido de absorção, pode ser utilizada várias vazões de líquido porem, quanto menor a vazão de líquido mais alta é a coluna, menos líquido para absorver, Isto pode ser observado nas figuras abaixo:



Sendo $\text{tg } a = L'/G'$, fixado G' quanto menor L' menor o valor da tangente o que acarreta uma menor inclinação da LOP.



A LOP aproximando se da LEQ faz com que as forças motoras diminuam e, conseqüentemente, a altura do recheio aumente para a mesma variação de concentrações entre a entrada e a saída do gás, serviço de purificação. A diminuição da vazão de líquido tem um limite, pode s diminuir a vazão de líquido, pelo menos em teoria até que a LOP encosta na LEQ em y_{A1} .



custo R\$

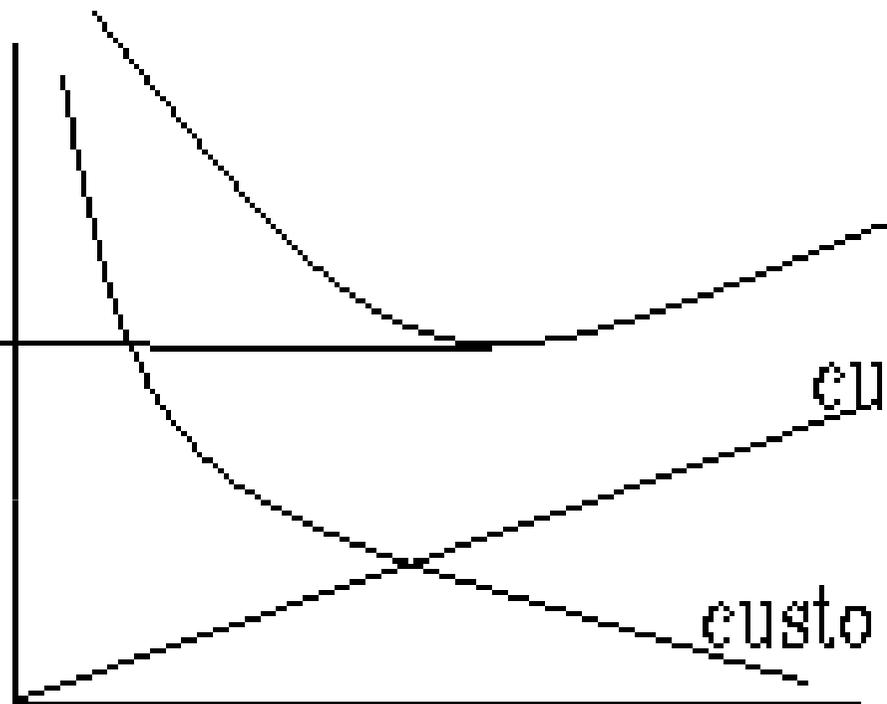
custo
mínimo

custo total

custo de operação

custo de instalação

vazão de líquido L'



Ao se compor os dois custos observa se a existência de um valor mínimo, constata se, da prática, que esse valor gira em torno de uma vazão 50% maior que a vazão mínima. Às vezes um pouco mais ou um pouco menos dependendo das condições locais de disponibilidade de materiais e insumos. Em resumo, o critério da determinação da vazão de líquido baseia se no valor da vazão mínima de líquido.

RELAÇÕES EMPÍRICAS PARA CÁLCULO DO H_{OG}

Em uma experiência com uma coluna de absorção experimental, pode-se medir:

$$G, L, y_{A0}, y_{A1}, x_{A0}, x_{A1} \text{ e } z$$

A constante de equilíbrio m pode ser obtida da literatura.

Com estes dados podemos calcular a integral:

$$\int_{y_{A1}}^{y_{Ao}} \frac{dy_A}{y_A - y_A^*} = n_{OG}$$

Se z é conhecido podemos obter o HOG:

$$H_{OG} = \frac{z}{n_{OG}}$$

mas

$$H_{OG} = \frac{G}{K_{\tilde{y}}a}$$

como a vazão molar de gás é conhecida pode-se, então, determinar

$$K_y a$$

Isto é o máximo de informação que se pode obter de uma medida experimental em uma coluna de enchimento. Não é possível se obterem os valores isolados de

a

$$K \frac{O}{y} \quad \text{ou a}$$

visto que a área interfacial é impossível de ser medida.

Experiências conduzidas em que uma das fases apresenta resistência nula permite se obter valores de H_{OG} para várias vazões e enchimentos e daí relações empíricas.

$$H_L = \Phi \left(\frac{L}{\mu_L} \right)^\eta Sc^{0,5}$$

L é a viscosidade do líquido em **cp**

ScL é o número de Schmidt para a fase líquida

L vazão mássica de líquido em **Kg/hm²**

ϕ e η constantes que dependem do tamanho e tipo de recheio.

Tipo de enchimento			intervalo de L (Kg/hm ²)
Anéis de Raischig			
3/8 pol	0,000176	0,46	1950 - 73000
1 pol	0,00177	0,22	1950 - 73000
1 1/2 pol	0,00213	enchimento. Tabela 3-22 Bennett	1950 - 73000
Selas de Berl			
1/2 pol	0,00102	0,28	1950 - 73000
1 pol	0,0009	0,28	1950 - 73000
1 1/2 pol	0,00095	0,28	1950 - 73000

$$H_G = \alpha G^\beta L^\gamma Sc_g^{0,5}$$

G é a vazão do líquido por área da seção transversal em **Kg/hm²**

Sc_g é o número de Schmidt para a fase gasosa

L vazão mássica de líquido por área da transversal em **Kg/hm²**

A β e γ são constantes que dependem do tamanho e tipo do en chimento.

Tipo de enchimento				G Kg/hm2 validade	LKg/hm2 validade
Anéis de Raschig					
3/8 pol	0,73	0,45	-0,47	1000-2450	2450-7300
1 pol	2,88	0,39	-0,58	1000-3900	1950-2450
	2,64	0,32	-0,51	1000-2950	2450-22000
2 pol	1,24	0,41	-0,45	1000-3900	2450-22000
Selas de Berl					
1/2 pol	1,98	0,30	-0,74	1000-3400	2450-7300
	0,192	0,30	-0,24	1000-3400	7300-22000
1 pol	0,64	0,36	-0,40	1000-3900	1950-22000
1 1/2 pol	1,89	0,32	-0,45	1000-4900	1950-22000

Com estas correlações calculam-se HL e HG, obtendo-se HOG através da expressão:

$$H_{OG} = H_G + m \frac{G}{L} H_L$$