

INFLUÊNCIA DE PARÂMETROS DE PROJETO NO DESEMPENHO DE MÉTODOS PNEUMÁTICOS INTERMITENTES DE ELEVAÇÃO ARTIFICIAL DE PETRÓLEO

Odair G. Santos

Francisco J. S. Alhanati

Sérgio N. Bordalo

Universidade Estadual de Campinas, Departamento de Engenharia de Petróleo
Cx. P. 6052 – 13083-970 – Campinas, SP, Brasil

***Resumo.** A literatura não apresenta os efeitos das variáveis operacionais sobre o desempenho dos diferentes tipos de métodos pneumáticos (gas-lift) intermitentes de elevação artificial. Para preencher esta lacuna um simulador transiente foi desenvolvido para os quatro tipos de gas-lift intermitente: convencional, com pistão, com câmara de acumulação, e o pig-lift. O simulador, constituído por um sistema único de equações diferenciais, adapta-se a cada um dos estágios do ciclo de cada método. O simulador foi utilizado na análise de um poço característico, sob diferentes valores de pressão estática do reservatório e índice de produtividade. Os resultados discutidos aqui englobam apenas os efeitos do volume de gás injetado, da sede da válvula de gas-lift, da carga de elevação e da razão de pressão de abertura da válvula de gas-lift sobre o volume de líquido produzido por ciclo, o período do ciclo e a vazão média para todos os quatro métodos. Este trabalho provê uma melhor compreensão do comportamento de cada método, e uma visão mecanicista objetiva para comparação entre os métodos.*

***Palavras-chave:** Gas-lift intermitente, Elevação artificial, Produção de petróleo.*

1. INTRODUÇÃO

Métodos pneumáticos, *gas-lift*, são empregados quando a pressão de um reservatório não é suficiente para elevar petróleo em um poço até a superfície. A seleção do método apropriado é crítica para a lucratividade a longo prazo. Portanto, é importante avaliar corretamente o desempenho dos métodos disponíveis. Não havia na literatura, entretanto, uma ferramenta para comparar os diversos métodos de *gas-lift* intermitente (GLI); e para analisar a influência dos parâmetros operacionais sobre o desempenho destes métodos. Na primeira fase deste trabalho, um modelo computacional foi desenvolvido para simular os

ciclos do GLI convencional (GLI), GLI com pistão (GLIP), GLI com câmara de acumulação (GLIC) e o GLI com *pig*, ou *pig-lift* (PL). Os ciclos são compostos por estágios – injeção, elevação, produção, descompressão e carga, que consistem de processos transientes, representados no modelo por equações diferenciais temporais. Os mesmos modelos físicos, correlações e hipóteses são usados nos processos fundamentais que compõem os ciclos dos diferentes métodos, tornando bastante equitativa a comparação entre os métodos. Este simulador está descrito em artigo de Santos et al (1997). No presente trabalho, o simulador foi empregado para se estudar a dinâmica dos efeitos dos parâmetros operacionais sobre algumas variáveis do processo de *gas-lift*; este artigo descreve os resultados deste estudo.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA DO GLI

Clegg et al (1993) e Chacin (1994) apresentaram uma extensa revisão dos métodos de elevação artificial existentes. Brown e Jessen (1962), Brill et al (1967) e Neely et al (1974) fizeram trabalhos experimentais em instalações específicas em campos de petróleo. White et al (1963) desenvolveram as primeiras relações matemáticas simples, e fizeram trabalhos em laboratório. Machado (1988) desenvolveu um modelo simplificado para o cálculo de algumas variáveis do sistema. Liao (1991) apresentou uma modelagem teórica mais completa obtendo resultados coerentes com os dados de Brown, Brill e Neely. No entanto, não havia, ainda, um modelo único aplicável a todos os métodos.

3. VARIÁVEIS DE PROJETO

A vazão de produção diária Q_L equivale à vazão média do ciclo, e pode ser calculada determinando-se a razão entre o volume de líquido produzido na superfície por ciclo V_{LS} e o período do ciclo t_1 . Estas são as grandezas de interesse do presente estudo. Os parâmetros operacionais que influenciam estas grandezas são: o volume de gás injetado por ciclo V_{gi} ; o diâmetro da sede da válvula de *gas-lift* d_{gv} ; o comprimento inicial da golfada de líquido l_{si} (carga); e a pressão do revestimento a montante da válvula de *gas-lift* para abertura da válvula P_{co} . Torna-se uma tarefa do projetista estabelecer os valores deste conjunto de parâmetro que otimizam o método de elevação, segundo algum critério pré-estabelecido.

Outros parâmetros que influenciam o comportamento do método não oferecem, via de regra, ampla oportunidade para controle, e serão considerados parâmetros condicionantes do projeto: geometria do poço – diâmetro do revestimento D_c e do duto de produção D_t , profundidade de canhoneio do poço H_w ; propriedades dos fluidos – densidades do óleo γ_o (ou grau API), da água γ_w e do gás δ_g relativas aos padrões de água e ar, fração volumétrica de água ϕ_w , razão gás-líquido do reservatório R_{GL} , viscosidades dos fluidos $\mu(T)$; estado do reservatório – pressão estática P_r e índice de produtividade IP; restrições da planta – pressão na cabeça do poço P_{wh} , pressão do gás comprimido P_{gi} , temperatura da superfície T_s ; e ainda o gradiente geotérmico α_T . A profundidade da válvula de *gas-lift* H_{gv} também foi mantida constante ao se comparar os métodos.

Para um tipo de válvula de *gas-lift*, o diâmetro nominal fixa todos os parâmetros geométricos da válvula, como o diâmetro do orifício de fluxo e a curva característica de abertura-fechamento, e também a curva característica de fluxo. O comprimento inicial da golfada representa a carga a ser elevada, e determina a “contra-pressão” na coluna de

produção a jusante da válvula de *gas-lift* no momento da abertura, P_{to} . A carga de elevação l_{si} será adimensionada pela altura de líquido equivalente à pressão estática do reservatório h_r (carga estática máxima, $P_r/\rho_L g$): $L = l_{si}/h_r$. A pressão de abertura P_{co} será adimensionada pela contra-pressão da coluna P_{to} , na forma da razão de pressão através da válvula $R = P_{to}/P_{co}$. Nota-se que assim fica implicitamente definida a pressão de fechamento da válvula P_{cc} . A quantidade de gás injetada V_{gi} será adimensionada pelo volume de referência originalmente definido por Liao (1991) V_{gref} : $V = V_{gi}/V_{gref}$. Esta variável estabelece também o período de abertura da válvula motora de injeção na superfície. Opcionalmente, a referência para o volume poderia ser a quantidade mínima de gás para abrir a válvula de *gas-lift* V_{gv} , univocamente relacionada às variáveis definidas acima. A pressão estática do reservatório P_r será adimensionada pela pressão estática do poço completamente preenchido pelo líquido, $P_H = \rho_L g H_w$: $P = P_r/P_H$ (equivalente à máxima fração de preenchimento do poço, h_r/H_w). Finalmente, na falta de uma padronização, arbitrou-se um índice de produtividade de referência $IP^* = 1 \text{ m}^3/\text{d.MPa}$, conveniente para a faixa de valores estudada, definindo-se $I = IP/IP^*$.

Na discussão que se segue, as simulações foram efetuadas com os dados do poço definido na Tabela 1, chamado “poço base” para comparação, o qual é representativo de um grande número de casos práticos. Embora o estudo de otimização tenha sido estendido para reservatórios nas faixas de $2,5 < I < 20$ e $0,2 < P < 0,8$, os casos aqui reunidos são todos para um reservatório com $P = 0,6$ e $I = 10$. Resta esclarecer que, nestes casos, usou-se o volume alimentado pelo reservatório, no primeiro ciclo, para estimar a vazão média em regime permanente, conforme o trabalho de Santos et al (1998).

Tabela 1 – Parâmetros do sistema para o poço-base.

H_w	(m)	1500	T_s	(°C)	27
H_{gv}	(m)	1480	α_T	(°C/m)	0,031
D_c	(mm)	140	γ_o		0,825
D_t	(mm)	60	γ_w		1,07
P_{gi}	(MPa)	7	δ_g		0,7
P_{wh}	(MPa)	0,7	ϕ_w		0,5

4. GAS-LIFT INTERMITENTE CONVENCIONAL

4.1 Influência do volume de gás injetado, V_{gi} , sobre V_{Ls} , t_1 e Q_L .

Para exemplificar, apresentam-se simulações do poço base com $d_{gv} = 12,7 \text{ mm}$ (1/2 in), $L = 0,5$ e $R = 0,7$. Com os resultados mostrados na Figura 1, pode-se afirmar que V_{Ls} é menor do que V_{Li} , o volume inicial da golfada; isto é devido ao *fallback*, a perda de líquido da golfada durante sua ascensão ΔV_L . A compreensão deste fenômeno é essencial para a análise do GLI; um estudo sobre *fallback* usando este simulador foi publicado anteriormente (Santos et al, 1998). Existem limites inferiores para V_{gi} : o valor mínimo para abrir a válvula (\circ), e o valor mínimo para se atingir a superfície (\square); em cada caso, um ou outro torna-se o fator limitante. Observa-se que uma parcela de V_{Ls} advém da golfada produzida, e outra de uma fração do líquido do *fallback* arrastada pelo gás durante a

descompressão. O volume da golfada produzida aumenta com V_{gi} , mas não linearmente, e tende a estabilizar-se. A parcela arrastada torna-se significativa apenas para altos valores de V_{gi} . Explicam-se estes efeitos através da relação entre o volume injetado e a velocidade de elevação - a Figura 2 mostra que o tempo de elevação para uma profundidade fixa diminui conforme V_{gi} aumenta; com menor tempo de viagem a golfada perde menos líquido. Além disso, o gás a alta velocidade tem mais capacidade para arrastar líquido durante a descompressão. A Figura 3 mostra os instantes de fechamento da válvula de *gas-lift* (t_{vc}), comparando-os com as chegadas do topo e da base da golfada na superfície, os quais definem os estágios de elevação e produção (t_{Le} , t_{Lp}). Para valores baixos de V_{gi} , a válvula de *gas-lift* fecha-se durante a elevação, e o processo procede sustentado apenas pela energia armazenada na coluna; para valores altos de V_{gi} , a válvula de *gas-lift* permanece aberta, até mesmo após a produção, continuando a prover energia para manutenção do processo, incluindo o arraste de líquido. Entretanto, o aumento de V_{Ls} não representa, por si só, um ganho de vazão. É preciso verificar a variação no período do ciclo, t_1 , cujos estágios de elevação e descompressão são influenciados por V_{gi} . O período de elevação reduz-se na medida que V_{gi} aumenta porém tendendo a um limite (Figura 4). Ao mesmo tempo, o período de descompressão sempre aumenta com o aumento de V_{gi} (Figura 4, $t_{gd}-t_{Lp}$) porque há mais gás para ser purgado da coluna; e este efeito mostra-se dominante. Assim, a combinação dos efeitos de V_{gi} sobre V_{Ls} e t_1 resulta no comportamento mostrado na Figura 5 para a vazão Q_L . Para V_{gi} baixo, o aumento de V_{Ls} traduz-se em aumento de vazão, mas para V_{gi} alto o aumento de t_1 reduz a vazão. Existe, então, um ponto “ótimo” para V_{gi} que maximiza a vazão. O termo “ótimo”, aqui, é um tanto impreciso, pois a otimização pressupõe a definição de um critério, através de uma função objetivo, a qual não é obrigatoriamente a maior vazão de líquido. Ocorre que a maior vazão de líquido pode estar associada a uma grande vazão de gás, cujo custo sobrepuje o ganho de líquido. Logo, considerando-se o máximo ganho econômico efetivo diário, encontra-se um ponto “ótimo econômico” diferente do ponto de máxima vazão. Para a prática operacional, é importante ressaltar a sensibilidade significativa da vazão à variação de V_{gi} – apresentando faixas de variações da ordem de 15 a 20% em relação à mediana da faixa, para $0,3 < V < 1,5$.

4.2 Influência da sede da válvula de gas-lift, d_{gv} , sobre V_{Ls} e Q_L .

A Figura 6 mostra o volume V_{Ls} obtido com os diâmetros de 6,4, 9,5, 12,7 e 19,1 mm (1/4, 3/8, 1/2 e 3/4 in) para a sede da válvula, mantendo-se $L = 0,5$ e $R = 0,7$ – a curva de $d_{gv} = 12,7$ mm é a mesma da Figura 1. Para V_{gi} baixo, as sedes de maior diâmetro resultam em maior V_{Ls} ; para V_{gi} alto, a sede de menor diâmetro pode produzir tanto ou mais líquido por ciclo do que as outras. No exemplo, para $V = 1,25$, a menor e a maior sede empataram. Note-se que, devido ao alto valor do volume mínimo de gás para abrir a válvula V_{gv} (Figura 7), a sede de 19,1 mm (3/4 in) somente opera com altos valores de V_{gi} . A Figura 8 mostra o resultado final obtido para a vazão (já considerando o período do ciclo). Para alto V_{gi} , quanto maior d_{gv} maior Q_L ; entretanto, as vazões máximas ocorrem para V_{gi} baixo, numa faixa na qual a maior sede não opera, e as duas intermediárias seguintes são praticamente equivalentes.

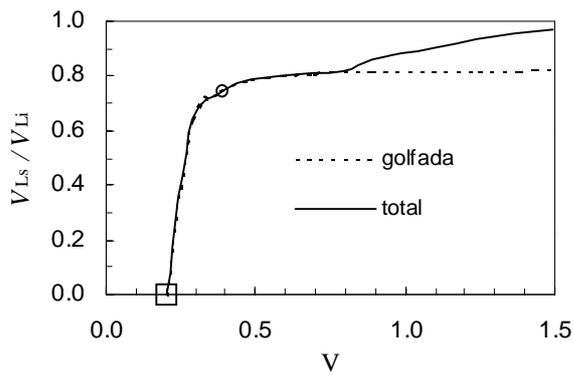


Figura 1 - GLI: L=0,5 , R=0,7

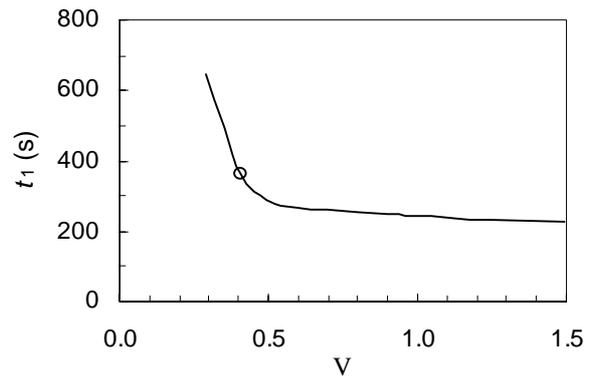


Figura 2 - GLI: L=0,5 , R=0,7

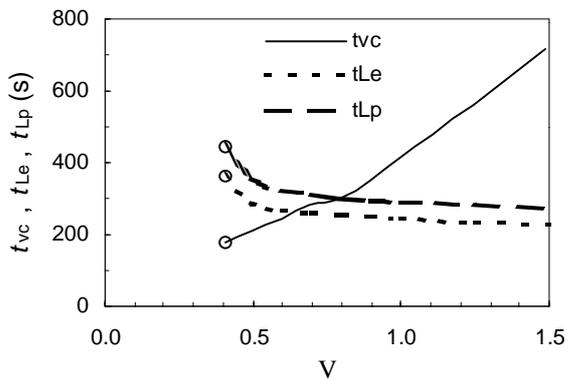


Figura 3 - GLI: L=0,5 , R=0,7

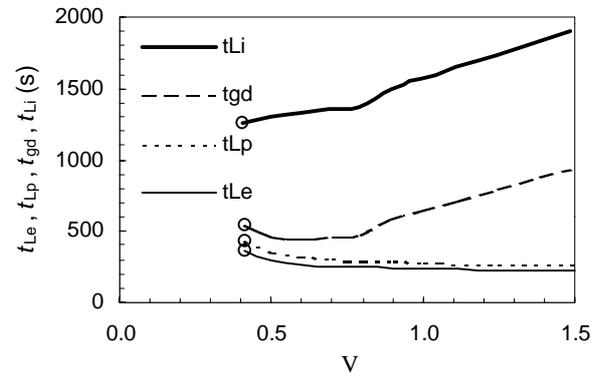


Figura 4 - GLI: L=0,5 , R=0,7

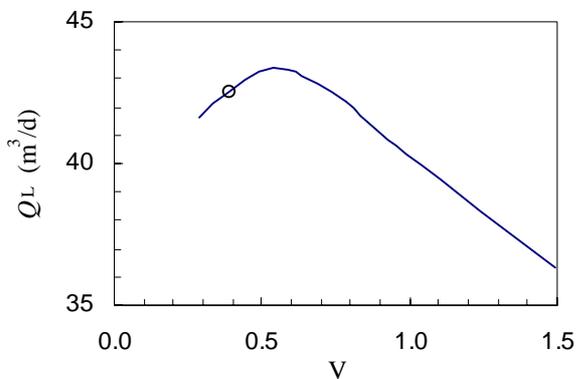


Figura 5 - GLI: L=0,5 , R=0,7

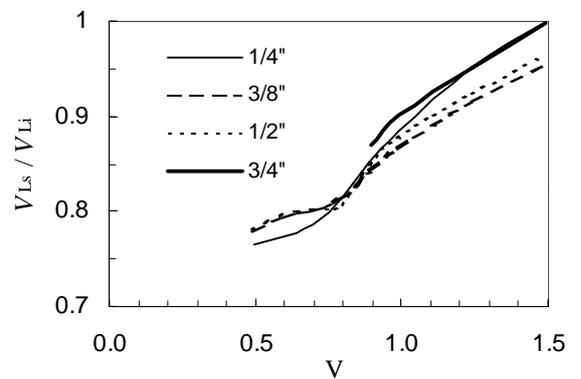


Figura 6 - GLI: L=0,5 , R=0,7

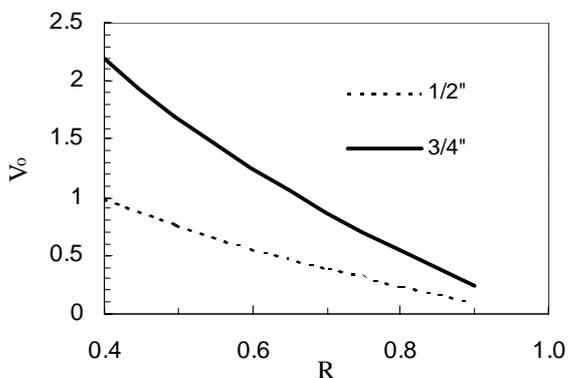


Figura 7 - GLI: L=0,5 , R=0,7

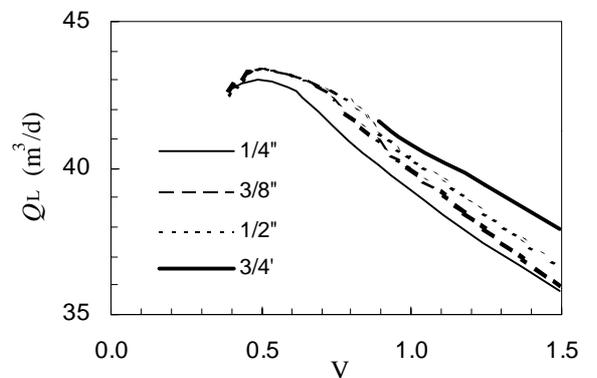


Figura 8 - GLI: L=0,5 , R=0,7

4.3 Influência do comprimento inicial da golfada l_{si} (carga), sobre V_{Ls} , t_1 e Q_L .

Em um certo sistema poço-reservatório (dados P e I), fixando-se as variáveis R e V, quanto maior a carga L, maior é o volume de líquido produzido devido ao menor *fallback* (Figura 9 – $FB = 1 - V_{Lf}/V_{Li}$). Ocorre que, quanto maior l_{si} , menor é a distância a ser percorrida para que o topo da golfada atinja a superfície; portanto, considerando que a velocidade média é aproximadamente a mesma, devido aos valores fixados de R e V, o tempo de viagem é menor, e há menos tempo para a golfada perder líquido. Por outro lado, o tempo para produzir a golfada mais comprida é maior, o que permitiria maior penetração do gás no corpo líquido, aumentando o *fallback* neste estágio. Entretanto, na medida em que o líquido é produzido, a massa da golfada diminui causando uma aceleração significativa na golfada; assim, o aumento do *fallback* neste estágio é menor do que a redução do *fallback* no estágio anterior. Aparentemente, seria desejável operar com a maior carga, contudo, isso aumentaria o período do ciclo t_1 , por causa do elevado do tempo de recarga do sistema (Figura 10). Estes efeitos puxam Q_L em direções opostas; portanto, no projeto é preciso buscar o ponto “ótimo”, seja para maximizar a vazão ou o ganho econômico efetivo. Ressalta-se, aqui, a sensibilidade da vazão em relação ao parâmetro L – apresentando faixas de variações da ordem de 40% em relação à mediana da faixa, para $0,2 < L < 0,6$.

4.4 Influência da pressão de abertura da válvula de *gas-lift*, P_{co} , sobre V_{Ls} , t_1 e Q_L .

Para este exemplo, fixou-se a sede da válvula em $d_{gv}=12,7$ mm (1/2 in), a carga em $L=0,5$ e a injeção em $V_o = V_{gv}/V_{gref}$. Nestas condições, V_{Ls} é maior para os menores valores de R, i.e., maior P_{co} (Figura 11). Isso ocorre porque quanto maior a pressurização no revestimento, maior é a velocidade de injeção na coluna, conseqüentemente, a velocidade média de elevação da golfada é maior; como explicado acima, a maior velocidade acarreta em maior V_{Ls} . Ao mesmo tempo, uma alta P_{co} requer maior massa de gás para abrir a válvula; conforme visto uma alta V_{gi} implica em alto V_{Ls} . Com relação ao período t_1 , a alta velocidade da golfada traduz-se em baixo tempo de elevação, mas o alto V_{gi} acarreta em longo tempo de descompressão. O balanço final é desfavorável, resultando em aumento do período do ciclo para alto P_{co} (Figura 12). Para a vazão Q_L , estes efeitos se contrariam, e como em outros casos, existe um ponto de máximo (Figura 13). Entretanto, a sensibilidade de Q_L em relação a R é pequena, comparativamente à sensibilidade observada com respeito à V e L – a faixa de variação fica próxima de 6% em relação à mediana da faixa, para $0,5 < R < 0,75$.

5. GAS-LIFT INTERMITENTE COM CÂMARA

Para o GLIC, os parâmetros de projeto analisados foram V e L. Nesta instalação emprega-se uma válvula piloto com sedes de 7,9 mm (5/16 in) e 14,3 mm (9/16 in), respectivamente, nas seções piloto e principal. A válvula é ajustada para abrir no nível da pressão de gás disponível na superfície. Nota-se que, no GLIC, l_{si} é igual à altura da câmara de acumulação; assim, define-se a carga e amarra-se o tempo de recarga, como no GLI. A diferença está no comprimento da golfada no início da elevação, após o estágio de transferência de líquido da câmara para a coluna: para o GLI, $h_{si} = l_{si}$; para o GLIC

$h_{si} = l_{si} \cdot (D_c/D_t)^2$. A pressão inicial da coluna e a pressurização do revestimento ficam definidas por estes parâmetros.

As simulações mostram que o comportamento do GLIC é muito semelhante ao GLI, em termos das relações entre as variáveis do sistema discutidas na seção anterior; a diferença encontra-se nos valores dos pontos ótimos e das respectivas vazões que são maiores para o GLIC, no baixo valor de L nestes pontos, nos valores do *fallback* que são menores para o GLIC. Alguns resultados são mostrados nas Figuras 14, 15 e 16.

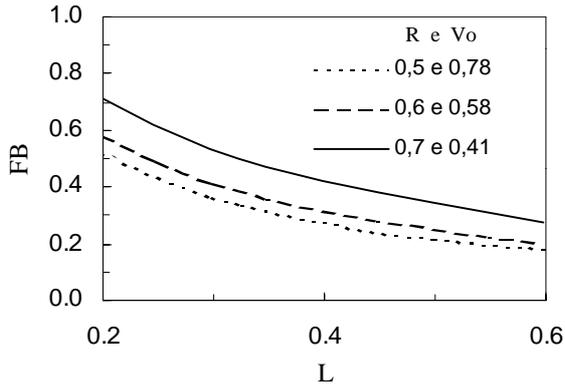


Figura 9 - GLI: $V_o = V$ para abrir a válvula, dado R

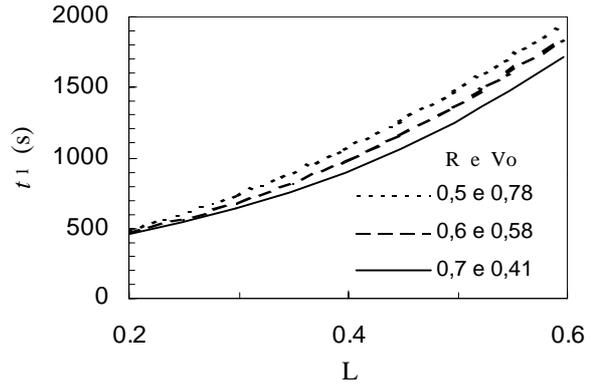


Figura 10 - GLI: $V_o = V$ para abrir a válvula, dado R

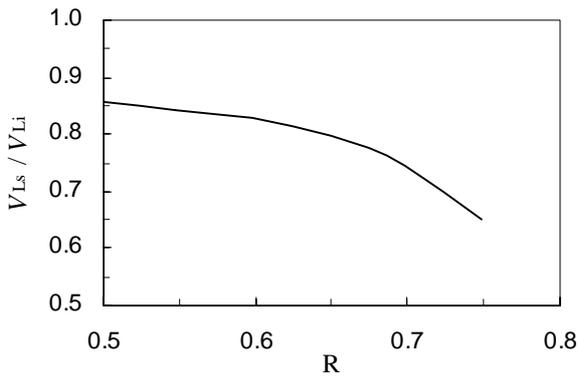


Figura 11 - GLI: $L=0,5$ e $V=V_o$

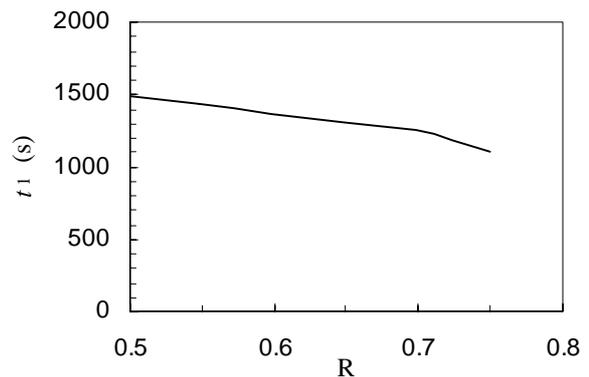


Figura 12 - GLI: $L=0,5$ e $V=V_o$

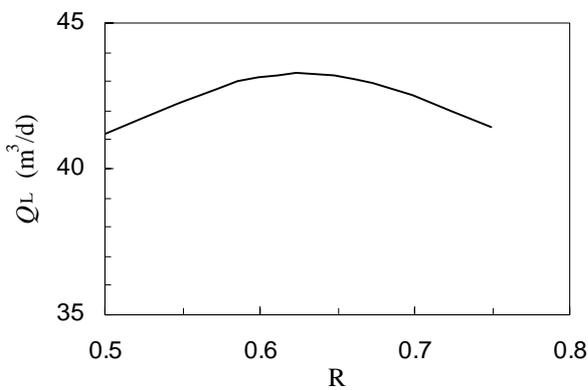


Figura 13 - GLI: $L=0,5$ e $V=V_o$

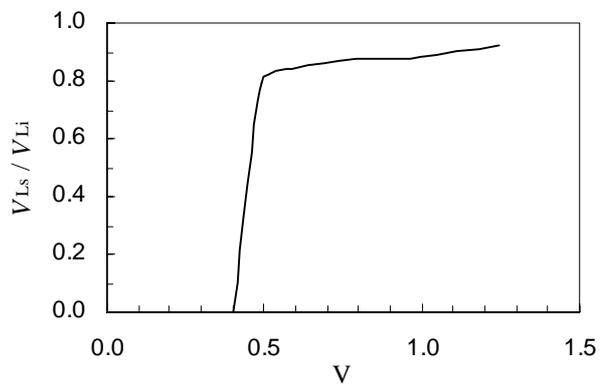


Figura 14 - GLIC: $L=0,1$

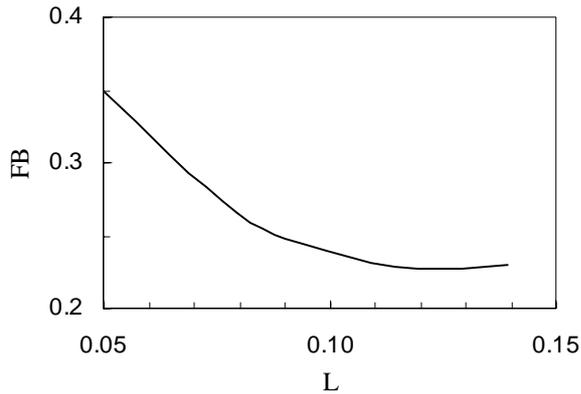


Figura 15 - GLIC: L=0,1

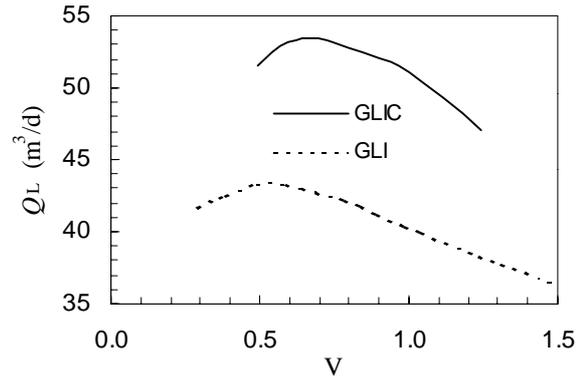


Figura 16 - GLIC: L=0,1 ; GLI: L=0,5 (mesmo h_{gi})

6. GAS-LIFT INTERMITENTE COM PISTÃO

Para o GLIP, estudou-se o modelo do pistão ideal, isto é, sem vazamento (*leakage*), usualmente considerado como padrão de desempenho. Logo, o volume de líquido produzido é idêntico à carga, e não é influenciado por V_{gi} , P_{co} ou d_{gv} . Continua havendo um valor mínimo para V , em função de L e R , para que a golfada atinja a superfície – por exemplo, com $d_{gv} = 12,7$ mm (1/2in), $L = 0,5$ e $R = 0,7$, $V_{min} = 0,6$. Note que, nestas mesmas condições, o GLI consegue produzir com $V = 0,4$, i.e., consumindo menos gás. Acima do V_{min} , o V_{Ls} é maior no GLIP do que no GLC, por causa do *fallback* neste último. Para altos valores de V_{gi} , o V_{Ls} do GLC aproxima-se do máximo (Figura 17). O maior V_{Ls} não é exatamente uma vantagem, pois há que se considerar ainda o período do ciclo t_1 , o qual é influenciado por V_{gi} (Figura 18). O período do GLIP é maior do que o período do GLI, resultando em vazões de mesma ordem, ou mesmo menores, do que o GLI (Figura 19). Para o caso de uma otimização, é importante observar o maior consumo de gás exigido pelo GLIP. Explica-se o maior período do GLIP devido ao maior comprimento da golfada, em relação ao GLI, uma vez que não há *fallback*. Assim, a velocidade de ascensão da golfada é menor pois as forças que se opõem ao movimento – atrito e gravidade – são maiores. Logo, o estágio de elevação do GLIP é mais longo. O estágio de produção do GLIP também perdura mais por causa da menor velocidade e do maior comprimento da golfada. Também o estágio de alimentação (recarga) do GLIP é mais demorado, pois somente o reservatório contribui para a formação da carga, enquanto que no caso do GLI parte do *fallback* retorna ao fundo do poço completando a carga mais cedo.

7. GAS-LIFT INTERMITENTE COM PIG, PIG-LIFT

Para o *pig-lift* ideal, admite-se também que não há vazamento, logo para uma mesma carga L , V_{Ls} é invariável como no GLIP. Além disso, não há válvula de *gas-lift*, conseqüentemente, o único parâmetro a ser analisado é o comprimento da golfada. Evidentemente, $V_{Ls} = V_{li}$ sendo proporcional a L , mas quanto maior L maior será o período do ciclo (Figura 20), o que resulta em menor vazão (Figura 20). Existe um artifício operacional para reduzir o período, e aumentar a vazão, através da redução do período de descompressão. Para tanto, ambas pernas da coluna (produção e injeção) são interligadas neste estágio, para descompressão simultânea.

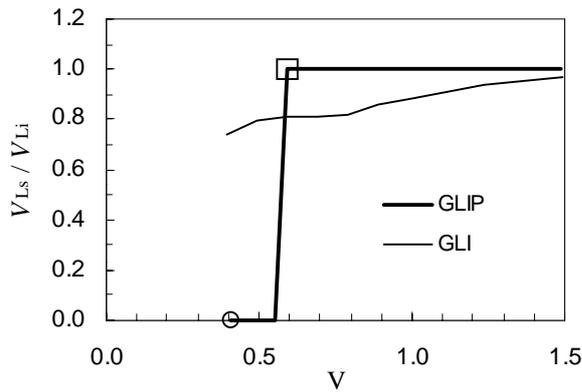


Figura 17 - GLIP: L=0,5, R=0,7

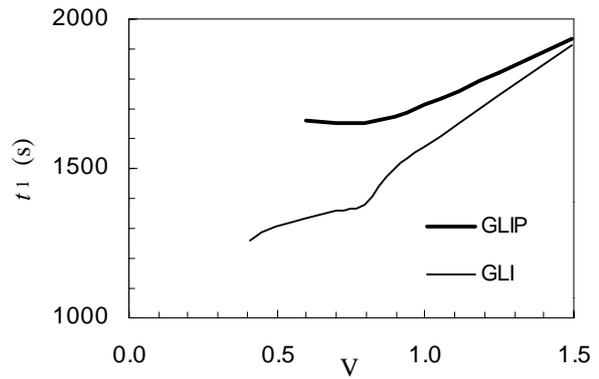


Figura 18 - GLIP: L=0,5, R=0,7

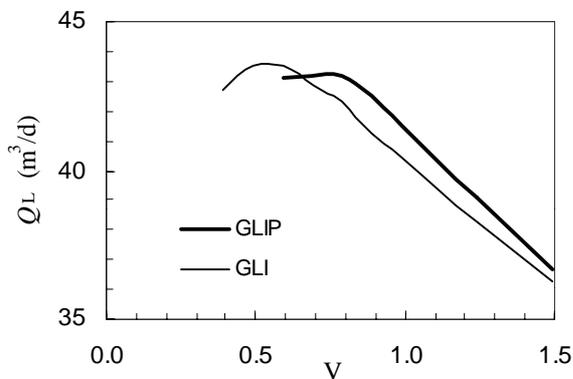


Figura 19 - GLIP: L=0,5, R=0,7

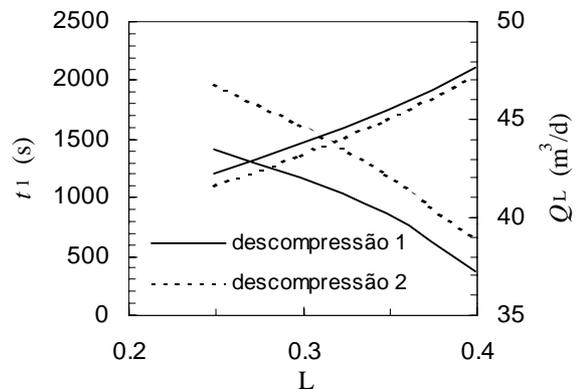


Figura 20 - Pig-lift

8. CONCLUSÕES.

Discutiu-se, neste artigo, com o auxílio de um exemplo típico, os efeitos dos parâmetros do *gas-lift*. Este estudo esclarece as relações entre as variáveis do sistema. Os resultados deste trabalho demonstram a sensibilidade do desempenho dos métodos de *gas-lift* intermitente em relação às variáveis de projeto. Conseqüentemente, a seleção do melhor método requer, para cada caso, um análise cuidadosa da influência dos parâmetros operacionais, e a determinação do ponto ótimo, segundo uma função objetivo pré-escolhida (máxima vazão ou máximo ganho econômico). Não existe uma conclusão única aplicável a todos os casos – é preciso usar o simulador de ciclos para se obter a vazão de líquido produzido Q_L e a vazão de gás consumido Q_G . Como exemplo do que pode ser feito, a Tabela 2 fornece uma comparação baseada no ganho econômico N_o expresso em volume de óleo, válida para o caso presente apenas, considerando um sistema de gás aberto e a equivalência gás-óleo $V_{g/o} = 1000 \text{ m}^3/\text{m}^3$. Para referência, a tabela mostra também o desempenho do *gas-lift* contínuo (GLC). Um estudo comparativo de emprego dos métodos de GLI usando os resultados desta análise, para outros reservatórios com diferentes características, encontra-se em Santos (1997).

Tabela 2 – Comparação entre os métodos de elevação para o poço-base.
Reservatório: **P** = 0,6 e **I** = 10.

	Ponto ótimo de operação			Q_L (m ³ /d)	Q_G (m ³ /d)	N_o (m ³ /d)
	L	R	V			
<i>GLIC</i>	0,1		0,5	51,4	6.890	18,8
<i>GLI</i>	0,3	0,7	0,5	48,0	6.770	17,2
<i>GLIP</i>	0,3	0,6	0,6	48,1	7.000	17,0
<i>GLC</i>				35,5	3.870	13,9
<i>PL</i>	0,4			39,2	8.370	11,2

Agradecimentos

Agradecimentos são devidos à Petrobras, ao Cepetro, e ao Depto. de Engenharia de Petróleo da Unicamp por suporte físico e financeiro ao presente trabalho.

REFERÊNCIAS

- Brill, J. P., Doerr, T. C. & Brown, K. E., 1967, An analytical description of liquid slug flow in small diameter vertical conduits, Trans. AIME, 240, JPT, March, pp.419-432.
- Brown, K. E. & Jessen, F. W., 1962, Evaluation of valve port size, surface chokes and fluid fallback in intermittent gas-lift installation, Trans. AIME, 225, JPT, March, pp.315-322.
- Chacín, J. E., 1994, Selection of optimum intermittent gas-lift scheme for gas-lift wells, SPE #27986.
- Clegg, J. D., Bucaram, S. M. & Hein Jr, N. W., 1993, Recommendations and comparison for selecting artificial lift methods, SPE #24834, JPT, December, pp. 1128-1167.
- Liao, T., 1991, Mechanistic modeling of intermittent gas-lift, Ph.D. thesis, U. of Tulsa, TX, USA.
- Machado, R. T. H., 1988, Modelagem e simulação numérica do mecanismo de gás-lift intermitente, M.Sc. dissertation, U. F. Ouro Preto, MG, Brazil.
- Neely, A. B. , Montgomery, J. W. & Vogel, J. W., 1974, A field test and analytical study of intermitent gas-lift, Trans. AIME, 257, SPE Journal October, pp. 502-512.
- Santos, O. G., 1997, Métodos pneumáticos intermitentes: análise e comparação, M.Sc. dissertation, Unicamp, SP, Brazil.
- Santos, O. G., Alhanati, J. S. & Bordalo, S. N., 1997, Modeling and performance of conventional intermittent gas-lift, Proc. of XIV-COBEM, cd-rom, Ilha Solteira, SP, Brazil.
- Santos, O. G., Alhanati, J. S. & Bordalo, S. N., 1998, Liquid fallback and the performance of intermittent gas-lift, Proc. of ENCIT-98, Rio de Janeiro, RJ, Brazil, v.2, pp. 989-994.
- White, G. W., 1963, An analytical concept of the static and dynamic parameters of intermittent gas-lift, Trans. AIME, 228, JPT, March, pp. 301-308.

The Effects of Operating Parameters in the Performance of Intermittent Gas-Lift

Abstract. *This article presents a study of the behavior of the intermittent gas-lift cycles and of the relationships among the variables of the system. A simulator was developed for the four intermittent methods: conventional, with plunger, with chamber and with pig. The case of a typical well is presented for various reservoir conditions – reservoir's static pressure head and productivity index. The present results include the effects of the injected volume of gas, the gas-lift valve, the slug charge and the valve pressure ratio in the volume of liquid produced at the surface, the cycle period and the daily average flow rate, for all four methods. This work will help the engineer to understand the behavior of the process, to design an optimized system and to select the best one.*

key-words: *Intermittent gas-lift, Artificial lift, Petroleum production.*