

2. Revisão Bibliográfica

A previsão dos processos relacionados ao problema de fornecimento de gás natural em pontos de entrega requer o conhecimento das equações que governam o escoamento e da modelagem específica dos equipamentos utilizados na instalação. Além disso, é necessário o levantamento das propriedades do gás natural através da solução de equações de estados, como a de Peng-Robinson e de Soave-Redlich-Kwong, largamente empregadas na indústria do petróleo e gás natural. Dessa forma, a presente revisão bibliográfica contempla trabalhos relacionados com a modelagem do problema.

Com relação a modelagem, pode-se mencionar o trabalho de Pratt (2001), que apresenta o cálculo de várias propriedades termodinâmicas envolvendo a equação de estado de Peng-Robinson, inclusive o cálculo diferencial dos calores específicos à pressão constante; a volume constante e o coeficiente Joule-Thomson. O coeficiente Joule-Thomson do gás define a taxa de variação de temperatura em função da pressão quando submetido a um processo isentálpico. Para a maioria dos gases, inclusive o gás natural, o coeficiente Joule-Thomson é positivo indicando que ocorre redução de temperatura quando o gás é submetido a uma redução brusca de pressão (processo isentálpico).

A utilização da lei de mistura de Van de Waals na equação de Peng-Robinson também se encontra ilustrada no trabalho de Cavalcanti e Rojas (2008).

As propriedades críticas de substância pura utilizadas no cálculo das propriedades de mistura do gás natural podem ser obtidas a partir da norma técnica NBR1513 da ABNT.

Uma vez que este tema é de alta importância para a indústria de gás natural, diversas patentes internacionais descrevendo o processo de redução de pressão com pré-aquecimento em linha foram depositadas. A malha de gasodutos do Brasil também tem sido muito estudada no meio acadêmico. Diversos trabalhos técnicos como de: Melo (2005), Henrique e Machado (2005), Santos e Bissaggio(2007) podem ser encontrados nas bases de dados do IBP (Instituto

Brasileiro de Petróleo, Gás e Biocombustíveis), sendo alguns destes descritos a seguir.

Melo (2005) apresenta informações relevantes sobre a expansão da malha de gasodutos no Brasil e da tendência do consumo para os próximos anos, apresentando uma simulação do impacto do crescimento na matriz energética baseada no gás natural, e calculando o potencial de redução de emissões de CO₂ associado à troca de combustíveis líquidos e sólidos por gás natural para indústrias próximas as estações de entrega existentes.

Henrique e Machado (2005) propuseram a aplicação de novos critérios para dimensionamentos dos aquecedores para pontos de entrega de gás. De acordo com critério atual o sistema de aquecimento deverá ser projetado de forma a garantir uma temperatura de entrega de 20°C em condições normais de operação (com 02 ou mais aquecedores), e de 5°C no caso de falha de um dos aquecedores. Segundo os autores o critério de projeto atual não considera as condições climáticas brasileiras que na maioria dos casos aumenta a capacidade térmica dos aquecedores e conseqüentemente o custo de projeto e operação das estações. O novo critério proposto considera as condições climáticas locais com levantamento do diagrama de fases da mistura (curva de formação de condensado e de hidrato) em cada região do Brasil para determinação da temperatura mínima de entrega do gás.

Santos e Bisaggio (2007) apresentaram uma metodologia de cálculo estatístico do consumo de gás nas estações de compressão e estações de entrega de gás do gasoduto Bolívia-Brasil (GASBOL). Neste estudo os autores informam que o consumo de gás combustível em sistemas de gasodutos com estações de compressão corresponde à cerca de 4 a 6 % do volume movimentado e sistemas sem compressão ficam abaixo de 1%. No entanto as contribuições das estações de entrega tendem a aumentar para os próximos anos.

Santos et al (2008) realizaram estudos de redução consumo do gás natural combustível nos pontos de entrega de gás. Os autores informam que o consumo nos pontos de entrega atuais pode ser reduzido adotando-se módulos de aquecimento com malha de controle associada que permita a associação alternada do sistema de aquecimento, ora em série, ora em paralelo de forma a otimizar a utilização dos aquecedores de acordo com a demanda.

Brito e Camargo (2010) fizeram uma avaliação da lógica de controle de temperatura do sistema de pré-aquecimento de uma estação de entrega de gás natural da Petrobrás utilizando simulador dinâmico AspenTech HYSYS. Eles analisaram o comportamento operacional de uma estação de entrega com e sem malha de controle de temperatura em cascata e concluíram que é desnecessária a implementação de uma lógica em cascata envolvendo a instalação de dois novos controladores PID com tomada de temperatura na saída de cada aquecedor indireto.

Durante a etapa de pesquisa bibliográfica verificou-se a falta de informações na literatura sobre o funcionamento operacional dos aquecedores de gás indiretos de banho de água ou de chama indireta e sobre sua lógica de controle de temperatura da água. Um algoritmo baseado no método Runge-Kutta de 4ª. ordem foi desenvolvido para formulação transiente do aquecedor. Nesta formulação considerou-se a influência da capacidade térmica da água, vazão de gás combustível e temperatura de controle da água. Esta formulação foi criada usando somente os dados disponíveis nas folhas de dados de projeto do aquecedor.

De acordo com os trabalho apresentado por (Rami et al, 2006) a resposta dinâmica real exercida pelo piloto automático de uma válvula reguladora de pressão é muito complexa e de difícil parametrização. É necessário o levantamento das curvas de atuação destas válvulas em bancada de testes para criação de um modelo matemático mais adequado ao estudo de transientes rápidos nas estações de entrega.

A criação de uma formulação transiente para o elemento duto possibilitaria avaliação do impacto da variação brusca do consumo de gás na tubulação conectada na saída da estação de entrega de gás natural, uma vez que a resposta da válvula reguladora de pressão é bastante influenciada pelas características da rede de distribuição como abordado por (Gato e Henriques, 2005).