

6 CONCLUSÃO

O biogás gerado em aterros sanitários é basicamente formado por metano e gás carbônico. A sua utilização para a produção de energia sinaliza que problemas ambientais consequentes dos resíduos sólidos podem ser revertidos em benefícios ambientais e econômicos para o Brasil e para o mundo.

Para um melhor aproveitamento desta fonte de energia são necessários controle e acompanhamento em cada fase do processo de eliminação e destinação dos resíduos. Os aterros sanitários devem ser adequadamente preparados para receber os resíduos a eles destinados, com infra-estrutura para a coleta e tratamento dos gases. Os aterros podem estar associados a uma termoelétrica, que a partir do gás do lixo, e através do processo de combustão, possibilita a geração de energia elétrica.

Os aterros sanitários se configuram como uma boa oportunidade para investimentos que objetivam a redução das emissões de metano em vários países. Programas para a recuperação de metano, fundamentados nas emissões evitadas e na recuperação ou geração de energia, criados em alguns países, apresentam uma previsão de reduzir em 50% as emissões de metano e proporcionar ganhos economicamente satisfatórios. O Brasil tem um grande potencial para a expansão de programas dessa natureza podendo contribuir para a geração distribuída de energia no país.

Esta dissertação estudou um modelo numérico baseado na formulação de volumes finitos, por meio da utilização do código comercial Fluent (versão 6.2), que inclui o modelo $k-\epsilon$ de turbulência, o modelo generalizado de taxas finitas de Arrhenius e Magnunssen para o cálculo das reações químicas e o modelo de radiação por transferência discreta, para simular o processo de combustão em fornalhas industriais. O principal objetivo deste estudo foi investigar a aplicação do modelo na simulação do processo de combustão do biogás, avaliar a possibilidade de uso do biogás como fonte de energia e prever a formação de poluentes, tais como NO, CO e SO₂.

O processo de combustão do biogás foi simulado em sete modelagens diferenciadas quanto ao fluxo de calor nas paredes e quanto à modelagem das reações químicas.

O modelo mostrou resultados que, qualitativamente, indicam a sua possível aplicação na investigação da formação de poluentes no processo de combustão do biogás. De acordo com os níveis de temperatura e de fluxo

encontrados nos resultados, aliado ao potencial de geração de resíduos dos centros urbanos, avalia-se que o biogás produzido nos aterros sanitários pode ser uma alternativa importante como fonte de energia. Isto era esperado visto que tem em sua composição média 40% de metano.

O aproveitamento do biogás, por meio de processos de combustão, também oferece uma redução significativa nas emissões de gases de efeito estufa, devido ao consumo do metano. No caso estudado, por exemplo, o biogás gerado no aterro apresentava 35% de metano, sendo praticamente consumido no processo de combustão.

As modelagens 01, 03 e 06 referem-se a uma fornalha adiabática e as modelagens 02, 04, 05 e 07 referem-se a uma fornalha não adiabática com um fluxo constante nas paredes. O estudo destes casos possibilitou perceber a dependência da formação do NO em relação à temperatura, além de estabelecer comparação entre os modelos de taxas finitas e fração de mistura.

Com o modelo de taxas finitas, nas modelagens 01 e 02 utilizou-se uma única reação global (1 etapa) para a oxidação dos hidrocarbonetos enquanto que nas modelagens 03, 04 e 05 utilizou-se duas reações (2 etapas). O processo de combustão em duas etapas possibilita a previsão da formação do CO e análise de suas emissões.

O processo de Combustão em duas etapas, comparado ao processo em uma única etapa, mostrou uma redução nos níveis de temperatura no início do processo de combustão.

Resultados experimentais, obtidos por Garreton (1994), e encontrados em Isnard (2004), dizem respeito à combustão de gás natural com elevado percentual de metano. Esses resultados indicam uma tendência a valores máximos de temperatura inferiores a 1800K, então, pelo fato de que o biogás tem no metano (em concentrações inferiores ao gás natural) o seu principal combustível, entende-se que os níveis de temperatura encontrados pelo modelo de taxas finitas ainda estão acima do esperado (cerca de 1850K).

Na modelagem 07 (formulação PDF não adiabática), encontrou-se valores para as temperaturas máximas inferiores à modelagem 04 (em torno de 1760K), porém, qualitativamente, a sua distribuição no interior da fornalha não corresponde ao encontrado nas outras modelagens.

As previsões das concentrações de monóxido de carbono foram possíveis no processo em duas etapas. Os níveis de CO encontrados no interior da fornalha para o processo adiabático e não adiabático são bastante próximos.

Portanto, a temperatura não teve, no caso estudado, influência significativa em seu processo de formação.

A formação do dióxido de enxofre, de acordo com os resultados das modelagens 02 e 04, apresentou igualmente resultados bastante próximos (diferença em torno de 0,001ppmv) em seus valores máximos. Os resultados relativos à modelagem 07, referente à formulação PDF, apresentaram resultados bastante diversos quanto a distribuição do dióxido de enxofre no interior da fornalha. Para este modelo o processo de oxidação do gás sulfídrico não se completa até o final da fornalha, ocorrendo com isso emissões deste gás. Acredita-se que, qualitativamente, o modelo de fração de mistura não foi satisfatório.

A formação do óxido de nitrogênio sofre uma clara influência da temperatura. Isto pode ser percebido quando comparados aos resultados do processo de combustão entre fornalhas adiabáticas (modelagens 01 e 03) e não adiabáticas (modelagens 02, 04 e 05). A diferença entre os resultados foi de aproximadamente 100ppmv (valores máximos).

No caso estudado, quando separados os mecanismos de formação do monóxido de nitrogênio, percebeu-se que o mecanismo que exerce maior influência é o fuel NO. O pico de formação do NO, neste mecanismo, ocorre próximo ao centro da fornalha, chegando à ordem de 10^{-4} , sendo diluída posteriormente, e chegando, na saída da fornalha, a níveis satisfatórios (em torno de 20ppmv). A previsão para o fuel NO, que tem grande importância neste estudo, é possível apenas no modelo de taxas finitas.

Entre os mecanismos thermal e prompt, percebeu-se uma maior influência do thermal. Este tem sua maior formação nas regiões próximas à saída da fornalha. O mecanismo prompt NO tem sua maior formação na frente da chama, também próximo à saída. Os resultados de ambos os mecanismos ficam na ordem de 10^{-7} , valores muito inferiores em relação ao mecanismo fuel NO.

Os níveis das emissões de NO e SO₂ estão bastante coerentes do ponto de vista qualitativo, necessitando-se de resultados experimentais para uma avaliação mais precisa do modelo.

A modelagem 04 apresentou resultados qualitativamente satisfatórios com relação às concentrações do metano e do oxigênio. Porém, quantitativamente, os seus valores, na saída da fornalha, estão na ordem de 10^{-3} para ambos. Uma mistura que se aproxima da estequiometria deveria apresentar valores bem mais próximos de zero na saída do combustor. O modelo de fração de mistura apresentou um consumo total do metano, porém continuou emitindo

concentrações elevadas de oxigênio, além das já mencionadas concentrações de monóxido de carbono e gás sulfídrico.

Como sugestão para novas simulações seria a utilização de um modelo que contemple a injeção dos gases com uma rotação (swirl), possibilitando uma melhor mistura e sendo possível um consumo mais efetivo dessas espécies. Como também realizar a mesma simulação apenas aumentando o comprimento da fornalha e verificar sua influência na solução do problema.

O metano está presente no combustível em concentrações bem superiores em relação aos outros hidrocarbonetos. Outra sugestão seria a simulação do processo de combustão considerando apenas o metano, buscando um menor tempo computacional.

Estudos experimentais nessa área são necessários para um melhor aproveitamento do gás do lixo, e para um controle mais efetivo do que é realizado hoje em alguns aterros especialmente no Brasil. Os poluentes gerados neste processo precisam ser controlados para futuramente não se tornarem um problema a mais a ser resolvido. Os resultados deste estudo podem ser melhor avaliados se comparados com dados experimentais.

A comparação com os resultados apresentados pelo Centro de Eliminação de resíduos da cidade de Montreal revelam concordâncias nas emissões de NO (em torno de 20ppmv) e vapor d'água (próximas a 16%), valores na mesma ordem de grandeza quanto ao dióxido de enxofre e valores superestimados para as emissões de monóxido de carbono. Pelo fato de não estarem disponíveis informações a respeito de qualquer tratamento realizado no gás coletado no aterro, ou no gás antes de ser emitido para a atmosfera não é possível uma comparação mais precisa. Informações também a respeito do oxidante não foram fornecidas impossibilitando o confronto dos resultados para o gás carbônico.

Um aprofundamento em estudos sobre a formação do dióxido de enxofre no processo combustão e sua implementação numérica também são recomendados. Isso possibilitaria um melhor controle de suas emissões.