

## 5 Conclusões

Neste trabalho foi realizado um estudo numérico da estrutura do escoamento resultante quando da interação entre um leque de expansão e uma onda de detonação forte. Esta onda de detonação foi obtida pela ignição de uma mistura estequiométrica de hidrogênio e ar em rampas de comprimento finito. A deflexão da superfície desta rampa é responsável pela formação do leque de expansão que, oriundo da região dos gases queimados da onda de detonação oblíqua, interage com esta. Esta interação é responsável por uma diminuição de intensidade da ODO e, por conseguinte, do desenrolar do processo químico mantenedor da ODO. Embora os parâmetros que governam o resultado desta interação, seja uma ODO CJ, ou seja um desacoplamento da frente de combustão de sua OCO precursora, ainda não sejam conhecidos no presente estudo, os resultados de cálculo mostram que estas duas situações são possíveis.

Para ângulos do diedro  $\delta$  intermediários, dentro da faixa de detonações estáveis ( $\delta_{cj}, \delta_{max}$ ), obteve-se ondas de detonação oblíquas Chapman-Jouguet como resultado da interação entre a ODO forte e o leque de expansão. Nestes casos observa-se que a ODO resultante e a característica esquerda  $C^+$ , a qual possui a mesma inclinação da detonação CJ, isola a ODO resultante do escoamento a jusante.

Para ângulos do diedro  $\delta$  próximos ao ângulo máximo  $\delta_{max}$ , para o qual detonações estáveis podem ser suportadas, observou-se um desacoplamento entre a onda de choque precursora e a frente de combustão tornando-se a onda de combustão uma onda de deflagração. Os resultados indicam que mais a jusante, no exterior do domínio de cálculo, o processo de combustão será extinto. Neste caso, a onda de choque se tornaria uma onda do tipo Prandtl-Meyer após uma distância suficientemente grande.

Os ângulos das ODO fortes e ODO Chapman-Jouguet obtidos nas simulações apresentam uma concordância muito boa com aqueles obtidos usando as técnicas das polares de choque e detonação.

A análise dos resultados obtidos não permitiu determinar as causas

da formação de uma ODO CJ ou de um desacoplamento como resultado da interação entre a ODO forte e o leque de expansão. Não é possível excluir que a dimensão da malha não seja suficiente para capturar em todo seu detalhe a região de indução da ODO forte, embora as malhas utilizadas sejam as mais refinadas que a capacidade computacional disponível permite. Nas situações em que o desacoplamento ocorre, a expansão do escoamento acarreta uma forte curvatura da ODO na região da interação, o que de fato é verificado quando o ângulo do diedro  $\delta$  é próximo do ângulo máximo  $\delta_{max}$  para detonações estáveis. Nestes casos o caráter bidimensional da interação entre a ODO e o leque de expansão não permite que a detonação seja descrita mediante uma técnica quase unidimensional, como das polares de choque e detonação.

Trabalhos futuros visando compreender os mecanismos que levam ao desacoplamento ou a formação da detonação oblíqua Chapman-Jouguet devem buscar uma sinergia entre o cálculo numérico e abordagens teóricas. Dentre estas, uma via promissória é a que envolve técnicas assintóticas considerando-se a grande energia de ativação das reações químicas. No tocante a simulação numérica, a implementação de métodos de alta ordem em malhas não estruturadas se faz necessária para uma melhor resolução da estrutura da onda de detonação.

Por fim, mostrou-se neste trabalho que o uso do procedimento de empobrecimento de malha desenvolvido leva a diminuir o tempo de cálculo devido a redução da quantidade total de volumes, resultado do aumento da dimensão característica da malha em regiões onde a solução do escoamento não apresenta grandes variações. Nos testes realizados obteve-se uma redução média, tanto em tempo do processamento, quanto em número de volumes, de cerca de 20%.