

5

Conclusões

5.1.

Observações e Conclusões

A técnica proposta na presente tese é apresentada como uma outra forma de misturar técnicas convencionais (redes neurais, modelos neuro-fuzzy, etc) com o propósito da modelagem de um sistema.

A partir dos testes realizados pode-se concluir que a técnica proposta apresenta bons resultados. Naturalmente, a eficiência do sistema de identificação dependerá dos novos dados da entrada apresentarem ou não um comportamento parecido com o de determinadas regiões dos sinais de entrada e saída, que foram usados no treinamento. Isto é comum a diversas técnicas e este método de reconhecimento não foge ao fato.

Esta eficiência do sistema é claramente observada na capacidade de prever dados baseados num histórico de poucas amostras, como foi o caso do teste 8, anteriormente comentado. Pode-se notar em tal exemplo foram usadas 21/22 amostras para modelar cada série mensal, tendo como resultado da síntese valores muito próximos dos esperados. A aplicação do SVD certamente nos permitiu obter maior informação sobre o comportamento do sinal.

No desenvolvimento da técnica de modelagem alguns dos parâmetros foram assumidos de forma bastante livre, como, por exemplo, a distância “default” usada como referência para realizar as partições dentro das trajetórias descritas pelo

comportamento dos vetores característicos. Uma distância “default” muito grande implicaria muito tempo computacional, maior número de sub-partições e possíveis erros originados pelo comportamento de alguns resíduos (como será explicado mais adiante), além do uso de maior espaço em disco para armazenar os parâmetros de todos os modelos respectivos às partições. Uma distância “default” muito pequena apresentaria um tempo computacional muito mais curto, mas não garante que o erro de modelagem desejado seja atingido, o que originaria erros na síntese, devido a partições que neste caso poderiam estar formadas por poucas amostras ou uma só amostra. Então aqui temos outro tópico de estudo futuro, objetivando determinar um valor relativo apropriado.

Agora vejamos a importância do critério das partições. Segundo testes realizados a realização de partições arbitrárias implicariam maior tempo computacional, e sub-partições desnecessárias, pois comportamentos do sinal de certa regularidade poderiam ser identificados na análise da trajetória dos vetores característicos (autovetores e autovalores), e modelados por uma só partição. Com isto pode concluir que as partições feitas segundo a análise das trajetórias aumentam a eficiência da técnica proposta, poupando tempo computacional e identificando comportamentos. As técnicas convencionais precisariam de parâmetros específicos para modelar somente esses comportamentos.

Outra observação importante é a ajuda mútua entre as técnicas usadas, expressada pela combinação linear de seus autovetores e autovalores, de forma tal a gerar uma estimativa mais próxima do ideal.

Casos como o da Figura 91, representam um erro significativo na estimação das novas amostras. Vejamos como acontece.

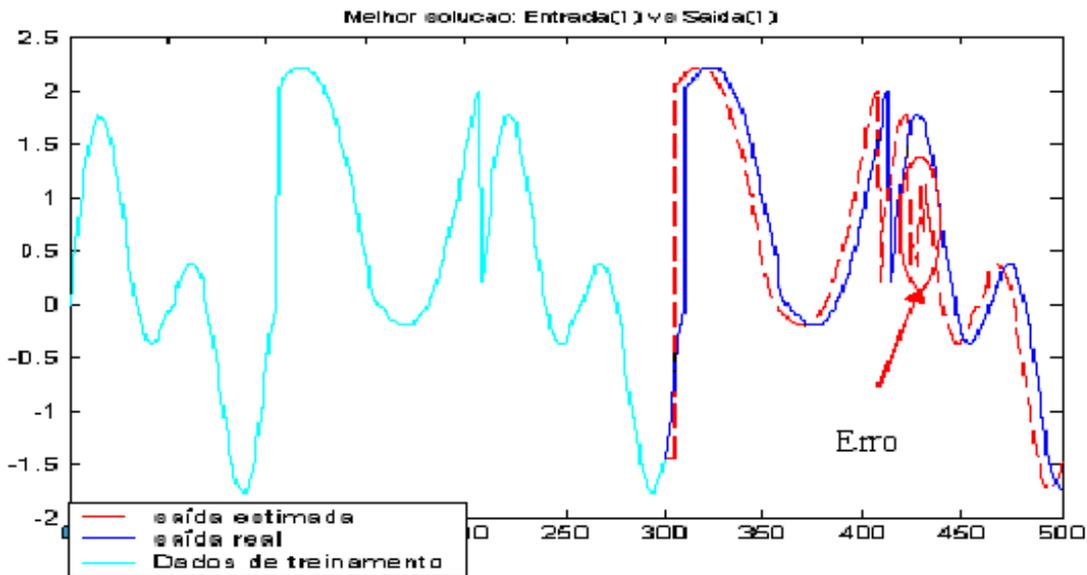


Figura 91 Erros produzidos nas sub-partições pelos resíduos

Lembremos que o processo de síntese é baseado na procura de partições contendo vetores com comportamento parecidos, tanto no sinal de entrada, quanto no de saída. Ainda que se tenha identificado a partição certa, a amostra estimada pode não se encaixar exatamente dentro do histórico do sinal de treinamento, eventualmente provocando no futuro erros de identificação (partições erradas, por exemplo). Este erro se propaga às amostras seguintes, apresentando maiores erros de modelagem. Este tipo de erro é mais factível de acontecer quando se têm sub-partições. Lembremos que uma vez feita a modelagem de uma partição o respectivo resíduo é levado para uma segunda sub-partição, etc. Entretanto, pode acontecer que este resíduo apresente saltos, fato que originará partições com modelos susceptíveis de erro no momento da estimação da amostra. A seguir temos a explicação em detalhe da causa deste tipo de erro.

A Figura 92 mostra a identificação da partição no mapeamento de dados.

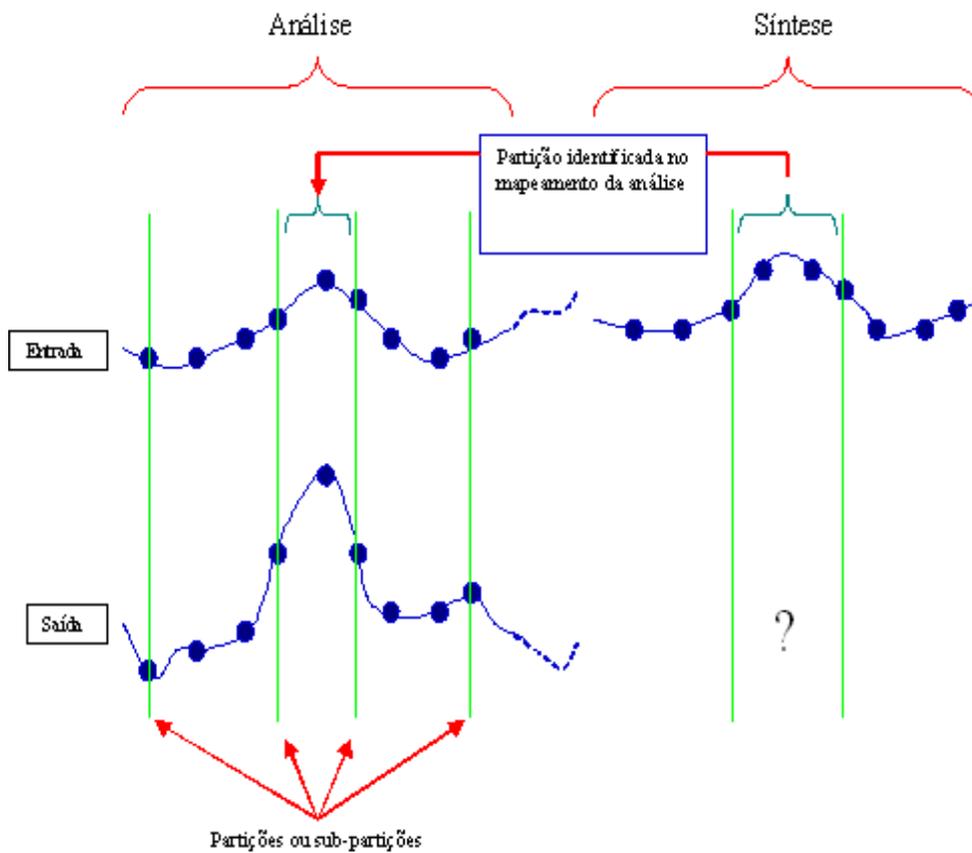


Figura 92 Identificação da partição no mapeamento

Uma vez identificada a partição ou sub-partição no mapeamento de dados procede-se a usar os modelos de tais partições para estimar as respectivas amostras de saída, isto é; levamos todas as amostras de entrada para os modelos de cada técnica originados na etapa do análise, mas estes modelos podem apresentar comportamentos como o mostrado na Figura 93.

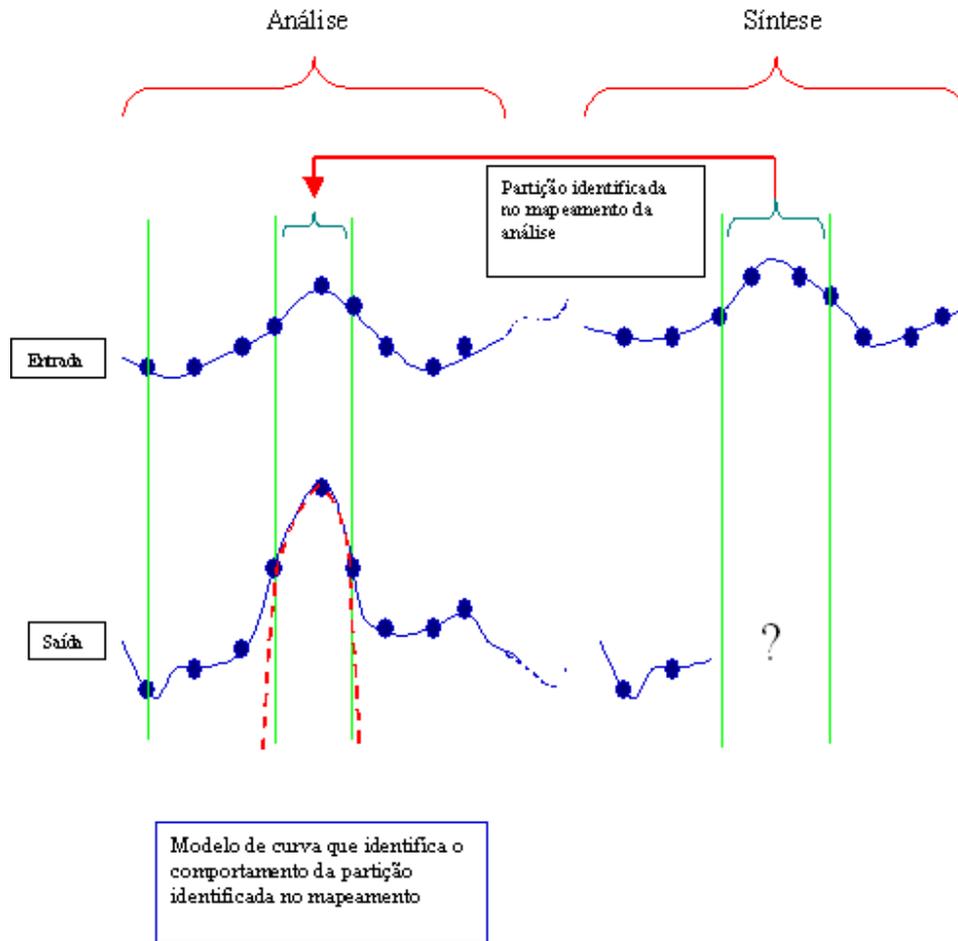


Figura 93 Curva de comportamento da partição identificada

Vejamos o que acontece quando se superpõem as partições identificadas como muito parecidas (Figura 94).

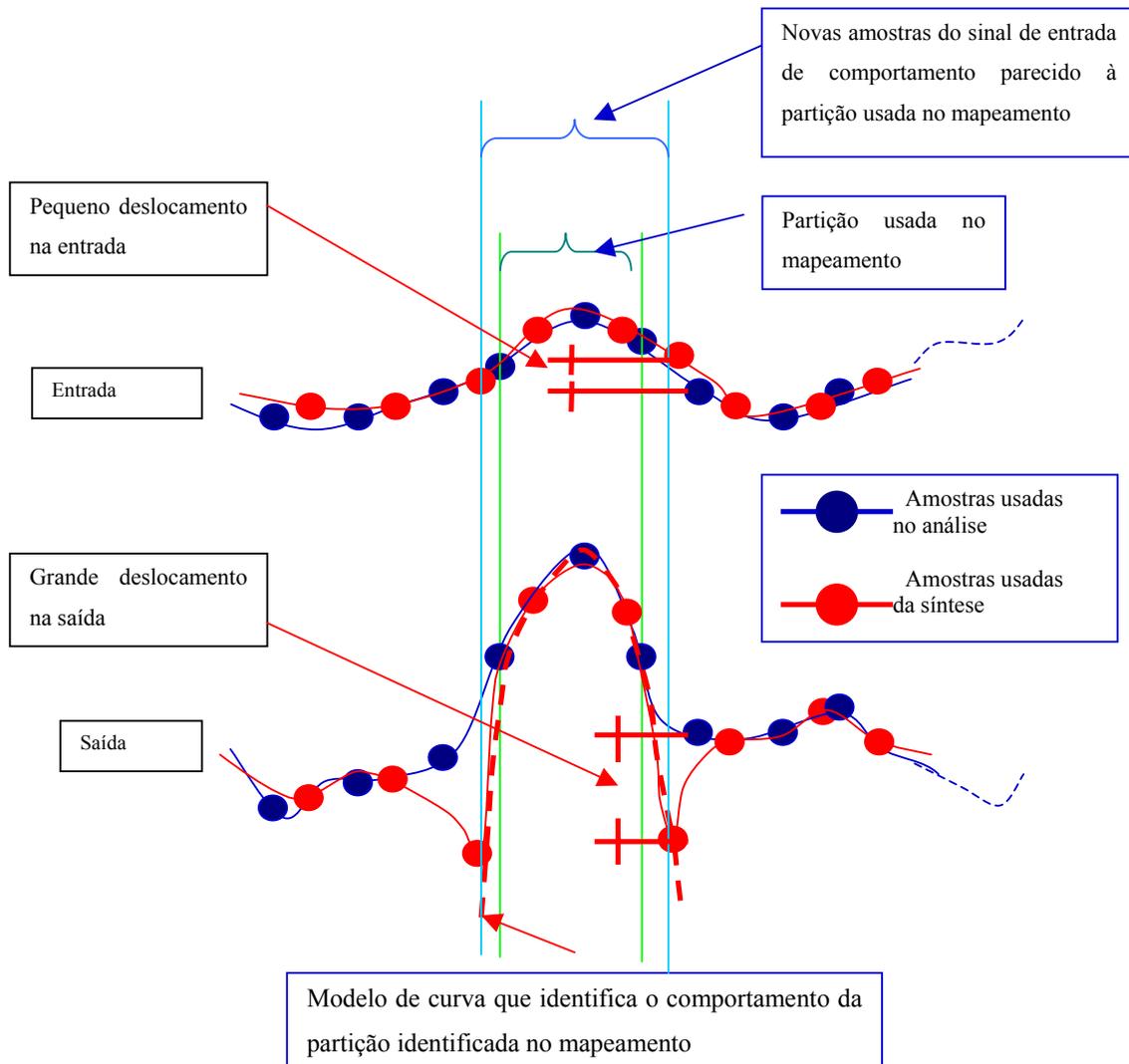


Figura 94 Erro produzido pelos comportamentos de descontinuidades abruptas dos resíduos

É claro que as amostras do sinal de entrada, das quais vai-se estimar suas respectivas saídas, estão ligeiramente deslocadas com respeito das amostras de entrada da partição identificada. Supondo o caso que a partição identificada no mapeamento esteja modelada por uma curva como a da Figura 87, o pequeno

deslocamento das amostras de entrada pode originar um grande deslocamento em algumas amostras das saídas respectivas, como foi mostrado na Figura 94.

5.1.1.

Modificação da técnica

Com o propósito de reduzir a possibilidade de acontecerem erros na modelagem, devido ao comportamento das curvas dos resíduos, é que se propõe uma modificação da técnica. Esta modificação é simplesmente a eliminação do uso do resíduo em futuras sub-partições.

Como se pode observar na Figura 95, uma vez feitas as partições nos sinais e modeladas cada uma delas, verifica-se se os resíduos respectivos estão dentro da tolerância de erro de modelagem permitido, em caso de que não estarem dentro dessa tolerância serão feitas sub-partições dentro da partição respectiva. A diferença para o anteriormente proposto é que estas sub-partições serão feitas diretamente sobre os sinais de entrada e de saída da partição. Assim fica cumprido o objetivo de eliminar o uso do resíduo, com seus saltos inerentes, nas sub-partições, mas estabelece-se um menor erro, exigindo maior detalhe nas partições.

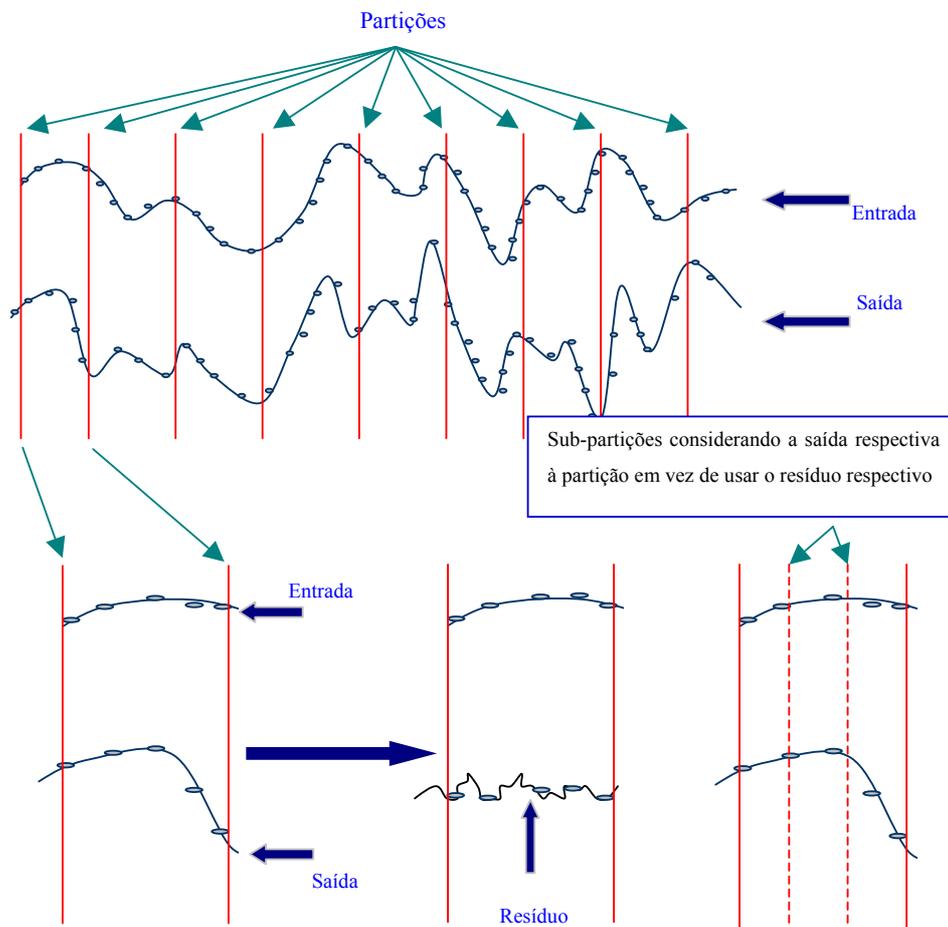


Figura 95 Modificação da técnica

Esta modificação além de evitar os erros devidos ao comportamento irregular dos resíduos, permite poupar espaço em disco, pois os parâmetros dos modelos obtidos de cada uma das técnicas convencionais somente serão armazenados se o resíduo final satisfizer o erro de modelagem esperado.

5.2.

Sugestões

Um fator importante para a seqüência da pesquisa é alterar o algoritmo, incluindo a implementação da rotina de esquecimento durante o processo de treinamento. Esta rotina não foi estudada, mas seria de muita utilidade para modelar sistemas não lineares variantes no tempo. Lembremos que a nova versão de SVD, usada no desenvolvimento do programa, permite a utilização de um fator de esquecimento.

Outra importante contribuição à técnica seria alcançar o funcionamento do programa “on-line”, sendo feito um novo treinamento a cada amostra nova que represente um novo comportamento no sinal, com o objetivo de fazer uma nova partição contendo os novos dados.

Outro critério a ser melhorado é o algoritmo recursivo implementado para reconhecimento da partição adequada para estimar novas amostras. O critério assumido foi considerar aquela solução (partição) que estiver mais afastada das demais (outras possíveis soluções) e mais perto da partição ideal. Mas o importante aqui é determinar quando pode-se considerar uma partição solução “suficientemente distante” das outras partições possíveis, permitindo decidir que é a partição certa para estimar ás amostras. Em alguns testes foram percebidos erros originados por este critério.

Como a técnica proposta é pesada computacionalmente, principalmente quando se trabalham muitas entradas e saídas, pode-se pensar em ter a técnica replicada para conjuntos de entradas e saídas, de forma a limitar sua carga computacional. As saídas propostas por estas seriam combinadas pela técnica descrita na referencia 49. Tendo desta forma uma “complementação” de ambas técnicas.