

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

O papel da reconexão magnética em sistemas astrofísicos com discos de acreção: dos AGNs aos YSOs

Pamela de Paula Piovezan

Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas (IAG/USP)

Resumo. Jatos e ventos supersônicos emergem de uma grande variedade de objetos astrofísicos. Eles são observados nos objetos estelares jovens (YSOs, do inglês *Young Stellar Objects*), nas proto-nebulosas planetárias, em objetos compactos (tais como microquasares e sistemas binários), e nos núcleos ativos de galáxias (AGNs, do inglês *Active Galaxies Nuclei*). Apesar das diferenças nas escalas físicas (no tamanho, na velocidade e na quantidade de energia transportada), eles têm fortes similaridades morfológicas que sugerem a existência de um mecanismo universal de aceleração e colimação que opere em todas as classes de fontes. O modelo atualmente mais aceito para a produção dos jatos é baseado na aceleração magnetocentrífuga a partir de um disco de acreção magnetizado. Todavia, dentro deste cenário, existem questões que ainda não são inteiramente compreendidas, como a origem dos campos magnéticos que permeiam o disco, o(s) mecanismo(s) de transporte de momento angular que permite(m) a acreção do gás pelo objeto central e os fenômenos quase-periódicos de ejeção de matéria que frequentemente são associados a estas fontes. Neste contexto, foi recentemente proposto (de Gouveia Dal Pino e Lazarian, 2005) que as ejeções quase-periódicas de plásmos, ou partículas relativísticas, em grande escala, observadas nos microquasares, podem ser produzidas por episódios violentos de reconexão entre as linhas de campo magnético da região interna do disco, que são estabelecidas por um dínamo turbulento, e aquelas ancoradas na ergosfera do buraco negro toda vez que a razão β entre a pressão efetiva do disco e a pressão magnética decresce para valores menores ou iguais que 1 e a taxa de acreção se aproxima do valor crítico (de Eddington). Uma parte da energia magnética liberada pela reconexão aquece o gás coronal e o gás superficial do disco (por condução térmica da região de reconexão para o disco, ao longo das linhas de campo magnético). O restante acelera partículas a velocidades relativísticas através de um processo do tipo Fermi de primeira ordem dentro da zona de reconexão. Neste trabalho, reavaliamos esse modelo e discutimos a possibilidade de esse ser o mecanismo responsável pela transição entre os estados espectrais *'hard' steep power-law state* e *'soft' steep power-law state* (e, em última instância, o *thermal state*), freqüentemente observados nos sistemas binários de raios-X que produzem grandes ejeções em rádio. Além disso, mostramos que o mecanismo acima pode ser aplicado a outras classes de fontes astrofísicas com discos de acreção, isto é, aos AGNs e aos YSOs. No caso dos microquasares, a reconexão magnética violenta na coroa acima da região interna do disco causa o aquecimento do gás coronal ($T_c \sim 10^9$ K) é capaz de produzir um espectro térmico em raios-X moles (cuja origem é o disco) com luminosidade consistente com as observações ($L_X \lesssim 10^{39}$ erg/s), enquanto que o mecanismo de aceleração do tipo Fermi de primeira ordem resulta numa distribuição eletrônica de lei de potência $N(E) \propto E^{-\alpha_E}$, com $\alpha_E = 5/2$, e um espectro sincrotrônico em rádio cujo índice espectral é compatível com os observados durante os flares ($S_\nu \propto \nu^{-0.75}$), tal como havia sido encontrado por de Gouveia Dal Pino e Lazarian (2005). Os raios-X duros, o qual é normalmente atribuído à emissão Compton inverso dos fótons de raios-X moles do disco espalhados por elétrons relativísticos na coroa, sofre um queda nessa fase. A mesma poderia ser explicada pela expulsão dos elétrons relativísticos com o jato que se forma. Para os AGNs, encontramos uma lei de escala que indica que mecanismos similares devem ocorrer nessas fontes. Tanto para os AGNs, quanto para os microquasares, foram construídos diagramas mostrando o espaço de parâmetros de ocorrência desse mecanismo. Finalmente, no caso dos YSOs, os episódios de reconexão magnética violentos podem ocorrer quando a taxa de acreção de massa aumenta cerca de 10 a 1000 vezes em relação aos valores médios (dependendo da idade da fonte). É interessante notar que tais valores são inferidos das observações pelo menos em episódios do tipo FU Ori. A quantidade de energia magnética que pode ser extraída da região interna do disco pela reconexão magnética pode aquecer o gás coronal a temperaturas da ordem de 10^8 K e poderia explicar a emissão observada em ares em raios-X. Sugerimos que este processo é um bom candidato ao aquecimento do gás na base dos ventos e jatos, conforme exigem as recentes observações no infravermelho. Embora possa ser esperado, estes processos violentos de reconexão magnética nos YSOs provavelmente não são capazes de gerar fluxos de partículas relativísticas suficientemente intensos para serem observáveis na Terra.

Palavras-chave. discos de acreção – jatos relativísticos – núcleos galácticos ativos – objetos estelares jovens

Orientação

Elisabete M. de Gouveia Dal Pino (IAG/USP)

Local de Defesa

São Paulo, 15 de agosto de 2008

Banca Examinadora

Profa. Dra. Elisabete M. de Gouveia Dal Pino (IAG/USP) – orientadora

Prof. Dr. Marcos Perez Diaz (IAG/USP)

Profa. Dra. Silvia Helena Paixão Alencar (UFMG)

Prof. Dr. João Evangelista Steiner (IAG/USP) – suplente

Profa. Dra. Zulema Abraham (IAG/USP) – suplente

Prof. Dr. Flávio D'Amico (INPE/MCT) – suplente