



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA

MAURÍCIO NONATO CAPUCIM

UM MODELO HÍBRIDO PARA A POEIRA COMETÁRIA

Londrina
2011

MAURÍCIO NONATO CAPUCIM

**UM MODELO HÍBRIDO PARA A
POEIRA COMETÁRIA**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação, em Física, do Centro de Ciências Exatas da Universidade Estadual de Londrina, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. Manuel Simões Filho
Co-orientador: Prof. Dr. Gilberto Carlos Sanzovo

Londrina
2011

Este Trabalho foi realizado com suporte financeiro e material da CAPES
(Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) e da Universidade
Estadual de Londrina

Catálogo Elaborado pela Divisão de Processos Técnicos da Biblioteca Central da
Universidade Estadual de Londrina.

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

C255m Capucim, Maurício Nonato.
Um modelo híbrido para a poeira cometária / Maurício Nonato
Capucim. – Londrina, 2011.
, 94 f.

Orientador: Gilberto Carlos Sanzovo.
Dissertação (Mestrado em Física) – Universidade Estadual de
Londrina, Centro de Ciências Exatas, Programa de Pós-Graduação
em Física.
Inclui bibliografia.

1. Cometa 67P/Churyumov-Gerasimenko – Teses. 2. Poeira
cósmica – Modelo híbrido – Teses. 3. Gás – Análise – Teses. 4.
Astrofísica – Teses. I. Sanzovo, Gilberto Carlos. II. Universidade
Estadual de Londrina. Centro de Ciências Exatas. Programa de
Pós-Graduação em Física. III. Título.

CDU 523.6

MAURÍCIO NONATO CAPUCIM

**UM MODELO HÍBRIDO PARA A
POEIRA COMETÁRIA**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação, em Física, do Centro de Ciências Exatas da Universidade Estadual de Londrina, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Gilberto Carlos Sanzovo
Departamento de Física
Universidade Estadual de Londrina

Prof. Dr. Amaury Augusto de Almeida
Instituto de Astronomia, Geofísica e
Ciências Atmosféricas
Universidade de São Paulo

Prof. Dr. Marcus Vinicius Canaves
Departamento de Física
Universidade Estadual de Londrina

Londrina, 25 de fevereiro de 2011

À minha família

AGRADECIMENTOS

À Deus, por todas as graças que me foram concedidas até o momento;

Aos meus familiares, por todos os sacrifícios que fizeram e que permitiram que chegasse até esta fase de minha vida;

À Regina pela paciência que teve comigo no último ano do meu trabalho e à Deus por abençoar a Gabriela no momento que ela mais precisava;

Ao Professor Doutor Gilberto Carlos Sanzovo, pela orientação, paciência e amizade construída nos últimos cinco anos;

Ao Professor Doutor Amaury A. de Almeida e ao Professor Doutor Marcus V. Canaves, por terem participado da minha banca de mestrado;

Aos colegas de pós-graduação em Física, especialmente ao Ricardo Amaral, e

À CAPES, pelo apoio financeiro que permitiu a realização deste trabalho.

CAPUCIM, Maurício, Nonato. **Um Modelo Híbrido para a Poeira Cometária.** 2011. 94 f. Dissertação (Mestrado em Física) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina.

RESUMO

Neste Trabalho, nós apresentamos os resultados de um estudo sistemático e uniforme da produtividade do Cometa 67P/Churyumov-Gerasimenko, alvo da Missão *ROSETTA*, durante as aparições de 1982, 1996 e 2002. As taxas de produção de gás [em g s^{-1}] são obtidas a partir das taxas do radical hidroxila (OH) [em moléculas s^{-1}], conhecidas na literatura, considerando que $\sim 85\%$ das foto-dissociações da água (H_2O) produzem o radical (HUEBNER, KEADY & LYON, 1992). Por sua vez, as taxas de perda de poeira [em g s^{-1}] são deduzidas a partir de um modelo que combina a estrutura do Modelo Fotométrico de NEWBURN & SPINRAD (1985, 1989) com aquele de A'HEARN (A'HEARN ET AL. 1984). Aqui apresentado como Modelo Híbrido, ele converte os parâmetros $Af\rho$ [em cm] em taxas de perda de massa da poeira [em g s^{-1}]. Além das taxas de perda de massa, o modelo também determina outras propriedades físicas da poeira, tais como dimensões efetivas médias, velocidades, temperaturas associadas de corpo negro, cores e razões poeira-gás, bem como suas variações com a distância heliocêntrica. Para o periélio de 2015 [$r = q = 1,24$ UA, em 12 de Agosto de 2015], nós concluimos que o Cometa 67P/Churyumov- Gerasimenko deverá perder massa, na forma de gás e poeira, a uma taxa de 405 kg s^{-1} .

Palavras-chave: Cometa 67P/ churyumov- gerasimenko. Missão *ROSETTA*. Modelo híbrido. Taxa de produção de gás. Taxa de perda de poeira. Propriedades físicas da poeira..

CAPUCIM, Maurício Nonato. **A Hybrid Model for Cometary Dust**. 2011. 94f. Dissertation (Masters in Physics) – State University of Londrina, Londrina.

ABSTRACT

In this Work, we present a systematic and uniform study involving the productivity of Comet 67P/Churyumov-Gerasimenko, target of *ROSETTA* Mission, during the 1982, 1996, and 2002 apparitions. Gas mass production rates [in g s^{-1}] are obtained using hydroxyl radical (OH) rates [in molecules s^{-1}], given in literature, considering that $\sim 85\%$ of the water photodissociation lead to OH radical (HUEBNER, KEADY & LYON, 1992). In turn, dust mass release rates [in g s^{-1}] are deduced using a model which combines the Photometric Model structure, given by NEWBURN & SPINRAD (1985, 1989), with the A'HEARN'S MODEL (A'HEARN ET AL., 1984). The Hybrid Model, here introduced, converts $Af\rho$ parameters [in cm] into dust mass release rates [in g s^{-1}], and determines several physical properties associated to grains, such as effective sizes, velocities, blackbody associated temperatures, colors and also dust-to-gas ratios as well as its variations with heliocentric distance. For the 2015 perihelion [$r = q = 1.24$ AU, in 12 August, 2015], we find that Comet 67P/Churyumov-Gerasimenko will lose mass as gas and dust at a rate of 405 kg s^{-1} .

Key-words: Comet 67P/Churyumov- gerasimenko. *ROSETTA* Mission. Hybrid model. Gas production rates. Dust release rates. Physical properties of dust.

LISTA DE TABELAS

Tabela 4.1 – Dados observacionais básicos.....	47
Tabela 4.2 – Resultados e comparações	55
Tabela 4.3 – Dados observacionais para o cometa 67P/CG	72
Tabela 4.4 – Cometa 67P/CG: resultados obtidos.....	74
Tabela 4.5 – A Cor da Poeira de 67P/CG para as passagens de 1982 e 1996.....	78
Tabela 4.6 – Resumo das propriedades do gás e da poeira para cometas- alvos de missões espaciais.	80

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Variação da taxa de produção de gás com a distância heliocêntrica para o cometa 67P/CG.....	83
Figura 2 – Variação da taxa de perda de poeira com a distância heliocêntrica para o cometa 67P/CG.....	84
Figura 3 – Variação do parâmetro Afp com a distância heliocêntrica para o Cometa 67P/CG	85
Figura 4 – Variação da temperatura da poeira para os retornos perielícos de 1982, 1996 e 2002 com a distância heliocêntrica para o Cometa 67P/CG.	86
Figura 5 – Variação da razão poeira-gás com a distância heliocêntrica para o cometa 67P/CG.	87
Figura 6 – Comportamento, com a distância heliocêntrica, das perdas de massa totais para o Cometa 67P/CG e os demais cometas da amostra.....	88

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
REFERÊNCIAS	16
2 O GÁS COMETÁRIO	17
2.1 O MODELO DE HASER.....	17
2.2 O MÉTODO DA FOTO-DISSOCIAÇÃO DA ÁGUA	19
2.3 O MÉTODO DAS ABUNDÂNCIAS FRACIONAIS.	19
2.4 O MODELO SEMI-EMPÍRICO DAS MAGNITUDES VISUAIS.	21
2.5 O MODELO DE VAPORIZAÇÃO DA ÁGUA E AS DIMENSÕES NUCLEARES.....	22
REFERÊNCIAS	23
3 A POEIRA COMETÁRIA	24
3.1 O MODELO FOTOMÉTRICO DAS PARTÍCULAS DE POEIRA COMETÁRIAS	24
3.2 O MODELO DO PARÂMETRO $Af\rho$	28
3.3 A TEMPERATURA DAS PARTÍCULAS DE POEIRA COMETÁRIAS.....	30
3.4 O MODELO HÍBRIDO	30
REFERÊNCIAS	33
4 RESULTADOS OBTIDOS E ANÁLISE	35
4.1 TESTANDO O DESEMPENHO DO MODELO HÍBRIDO.....	35
4.2 APLICAÇÃO DO MODELO HÍBRIDO AO COMETA 67P/CG.....	37
4.3 RESULTADOS ASSOCIADOS A MISSÃO ROSETTA	42
REFERÊNCIAS	45
REFERÊNCIAS	89

INTRODUÇÃO

Cometas são corpos primitivos do Sistema Solar (SS), constituídos por uma mistura de voláteis congelados, partículas carbonadas com hidrocarbonos complexos e partículas de poeira refratárias de dimensões microscópicas. Eles fazem parte de uma classe de objetos denominados Corpos Congelados do SS cujos processos de formação seguiram os mesmos que produziram o Sol, os Planetas (Terrestres e Gasosos) e seus Satélites e demais pequenos corpos, há 4,6 bilhões de anos, a partir da Nebulosa Solar Primitiva.

Além dos cometas, os Corpos Congelados do SS incluem a classe de asteróides denominada Centaurus, localizada entre as órbitas de Saturno e Netuno e, também, os objetos KBO's; ou seja, objetos presentes no cinturão de Kuiper (BRANDT, 2007). A temperatura de condensação do material que constitui um núcleo cometário é $T_c \sim 30$ K enquanto que simulações computacionais associadas à evolução da Nebulosa Solar Primitiva indicam que a região compreendida entre Urano e Netuno apresentava temperaturas similares a essa, na época da formação do SS (MUMMA ET AL., 2000). Portanto, é razoável a suposição de que, nessa região, material se condensou e se aglomerou em dimensões compatíveis [$1 < R$ (km) < 10] àquelas apresentadas pelos núcleos cometários (FESTOU, RICKMAN & WEST, 1993).

Processos dinâmicos devem ter dispersados os núcleos cometários de seus locais de formação. Por exemplo, perturbações gravitacionais promovidas pelos planetas gasosos podem ter deslocado quantidades razoáveis de núcleos cometários para locais mais internos e, também, mais externos do SS. Muitos cometas podem ter escapado do SS enquanto que estimativas envolvendo cálculos de afélios revelam a presença de uma quantidade significativa ($\sim 10^{11}$ - $\sim 10^{12}$) localizada em uma região esférica com dimensões que variam entre $\sim 10^4$ a $\sim 10^5$ UA, denominada Nuvem de Oort (OORT, 1950), fonte de Cometas Novos e de Longo-Período ($P > 200$ anos).

Perturbações, tais como passagem de estrelas próximas produzem flutuações no campo gravitacional na região do braço (Orion) onde se localiza o SS, e são capazes de enviar esses objetos em direção ao Sistema Solar Interno (SSI) bem como dispersar muitos núcleos cometários da Nuvem de Oort para fora do SS.

Estudos indicam que a nuvem de Oort possui duas componentes: uma mais interna, com dimensões variando entre 10^3 a 10^4 UA e outra mais externa, com $10^4 < R(\text{UA}) < 10^5$ (BRANDT, 2007). A nuvem interna de Oort é, muito provavelmente, a principal fonte de cometas do tipo-Halley, com períodos orbitais que variam entre 20 e 200 anos. Ao incursionarem na direção do SSI, muitos desses objetos são capturados, principalmente pelo campo gravitacional de Júpiter, passando a descrever órbitas ainda mais internas e estáveis, com períodos inferiores a 20 anos (Cometas de Curto-Período).

A vinda de um cometa pela primeira vez ao SSI (Cometa Novo, no sentido de Oort) é precedida de grande interesse sob o ponto de vista da observação, uma vez que a análise de seus constituintes pode evidenciar seu local de origem. Além disso, pelo fato de ser um corpo de dimensão reduzida, acredita-se que as principais características químicas do material pré-solar ainda se encontrem preservadas no seu interior. Por esses motivos, o estudo desses objetos vem contribuindo para que a física e a química envolvidas na formação do SS sejam melhor entendidas (JESSBERGER, KISSEL & RAHE, 1989; GRÜN & JESSBERGER, 1990).

Quando um núcleo cometário se aproxima do Sol, a radiação começa a sublimar os seus materiais constituintes, formando um gás denominado coma (ou atmosfera), enquanto que a interação do vento solar com o próprio movimento do objeto forma as caudas de poeira e gás. A presença da coma faz com que o núcleo não seja opticamente observado, daí a importância das observações "in situ", promovidas pelas Missões Espaciais. As estatísticas mostram que, em geral, a coma é bastante desenvolvida quando a distância heliocêntrica é inferior a 3,0 UA. Esse fato é evidenciado através das imagens difusas que são obtidas e, também, através dos espectros de emissão dos radicais cianogênio (CN) e carbeto (C_2), observados na faixa visível do espectro eletromagnético (BRANDT & CHAPMAN, 1981). A dimensão da coma óptica varia entre 10^4 a 10^6 km, alcançando valor máximo quando o cometa encontra-se entre 1,5 e 2,0 UA do Sol. De acordo com KELLER (1976), nas isofotas obtidas em Lyman- α , a dimensão da coma de hidrogênio alcança $\sim 10^7$ km.

O espectro de emissão do radical CN surge quando a distância heliocêntrica é inferior a 3,0 UA. Para $r < 2,0$ UA, os espectros dos radicais C_3 e NH_2 estão presentes enquanto que, à medida em que o cometa se aproxima ainda mais

($r < 1,5$ UA), surgem os espectros dos radicais C_2 (bandas de Swan), CH, OH e NH. Quando o cometa está a uma distância um pouco inferior a 1,5 UA, os espectros dessas espécies moleculares evidenciam-se e, da cauda aparecem linhas de emissão de H_2O^+ , CO^+ , OH^+ , N_2^+ e CH^+ . As linhas de Na estão presentes nos espectros cometários para distâncias próximas a 0,8 UA (SWINGS, 1943) enquanto que, se o cometa alcança distâncias muito próximas do Sol ($r \sim 0,1$ UA), são visualizadas em seu espectro, linhas de Fe, Cr e Ni (KRISHNA SWAMY, 1997). Medidas espectroscópicas, obtidas de cometas muito distantes, revelam que a emissão no contínuo, para comprimentos de onda λ na coma de um cometa, é devida ao espalhamento da radiação solar pelas partículas de poeira cometárias.

Segundo HUEBNER (1990), há várias implicações científicas envolvidas na pesquisa cometária. Dentre elas, destacam-se:

- A compreensão da história inicial da formação do SS, ou seja, a composição química e as condições termodinâmicas reinantes nas regiões da nebulosa nas quais os núcleos cometários se formaram;
- Os impactos dos cometas com os proto-planetesimais e prováveis implicações desses impactos na evolução dos planetas;
- A importância dos influxos cometários ao longo do tempo, para a origem da biosfera em nosso planeta.

Obviamente, há outras implicações científicas quando se estuda cometas. Por exemplo, a perda de massa na forma de gás e poeira no decorrer de uma passagem periélica tem duas conseqüências: o enriquecimento do Meio Interplanetário e o estudo da evolução do próprio cometa.

Uma vez que desempenham importância vital para a compreensão da formação do SS, os cometas são muito estudados através de observações realizadas do solo ou por meio de veículos espaciais. Ao longo do tempo, diversas Missões Espaciais têm sido planejadas e enviadas, com o objetivo de analisar a estrutura e a atividade apresentadas pelos cometas-alvos. Sem sombra de dúvidas, o Programa Observacional mais completo (e relevante) de todos foi aquele conhecido como *INTERNATIONAL HALLEY WATCH (IHW)* que, em 1986, além das observações de solo e da Sonda *ICE (INTERNATIONAL COMETARY EXPLORER)*,

contou com as contribuições dadas pelas Sondas Giotto, Vegas 1 e 2, Suissei e Sakigake, que investigaram o gás, a poeira e o plasma associados à coma do Cometa 1P/Halley. A Sonda Giotto foi reativada em 1992 e observou o Cometa 26P/Grigg-Skjellerup na missão denominada *GIOTTO EXTENDED MISSION (GEM)*.

Lançada em Fevereiro de 1999, a Missão *STARDUST* coletou amostras de gás e poeira da coma do Cometa 81P/Wild 2 para serem analisadas detalhadamente em laboratórios terrestres, em 2006. Ela foi reativada em 14 de Janeiro de 2009 tendo como alvo o Cometa 9P/Tempel 1, aproximando-se 200 quilômetros de sua superfície em 14 de Fevereiro de 2011. A Missão *DEEP SPACE 1* realizou uma aproximação máxima do núcleo do Cometa 19P/Borrelly em Setembro de 2001, uma semana após a sua passagem periélica. 9P/Tempel 1 foi o cometa-alvo da Missão *DEEP IMPACT* que, lançada com sucesso em Janeiro de 2004, enviou um artefato de impacto de cobre sobre a superfície do cometa, em Julho de 2005, abrindo uma cratera sobre a superfície nuclear do cometa, expondo, à observação, o gás e a poeira.

A Missão *ROSETTA*, de responsabilidade da Agência Espacial Européia (ESA), estava inicialmente planejada para ser lançada em Janeiro de 2003 tendo, como alvo, o Cometa 46P/Wirtanen. No entanto, problemas de lançamento com o foguete Ariane 5 fez com que a missão só pudesse ser efetivada em Março de 2004, tendo como novo alvo, o Cometa 67P/Churyumov-Gerasimenko (doravante, 67P/CG). Em Setembro de 2008, ela passou a uma distância de 803 km do Asteróide 2867-Steins e, em Julho de 2010, por 21-Lutetia, um asteróide de 95 km de diâmetro (SCHULZ, 2010). A Missão tem por objetivo orbitar em torno do Cometa 67P/CG e acompanhá-lo durante sua aproximação periélica de 2015, monitorando a evolução do núcleo e da coma na medida em que o fluxo solar aumenta e diminui nas fases pré e pós-periélicas, respectivamente.

O Cometa 67P/CG foi descoberto em 1969 durante uma visita de astrônomos de Kiev ao Instituto de Astrofísica de Alma-Ata para realizar uma pesquisa cometária. No período compreendido entre 9 a 21 de Setembro daquele ano, ao examinar placas fotográficas do Cometa 32P/Comas-Solá, obtidas por Svetlana Gerasimenko, com o auxílio de um telescópio Maksutov de 50 cm, Klim Churyumov notou a presença de um objeto difuso nas bordas de uma das placas fotográficas examinadas. Ele assumiu que aquele objeto fraco, possuindo magnitude

visual aparente ~ 13 e coma com cerca de 0,6 minutos de arco de diâmetro, deveria ser um cometa periódico.

A história do alvo da Missão *ROSETTA* é particularmente interessante: por volta de 1840, sua distância periélica era de cerca de 4,0 UA não sendo, portanto, observado da Terra. Naquele ano, uma passagem próxima a Júpiter fez com que seu periélio diminuísse para 3,0 UA. No Século seguinte, essa distância decresceu gradualmente até alcançar $q = 2,77$ UA. Por fim, em 1959, outra passagem próxima a Júpiter fez com que seu periélio se reduzisse para 1,29 UA. Atualmente, 67P/CG completa uma volta em torno do Sol em 6,57 anos. A partir dos registros fotográficos de 6 aparições (1969, 1976, 1982, 1989, 1996 e 2002) verifica-se que se trata de um cometa ativo apresentando, nas proximidades do periélio, coma e caudas bem desenvolvidas. Durante o retorno de 2002, a cauda apresentou uma dimensão de ~ 10 minutos de arco, com uma brilhante condensação central. Sete meses após este retorno, a cauda ainda era observada.

Observações espectroscópicas do gás e da poeira perdidos por 67P/CG foram realizadas, a partir do solo, durante os retornos de 1982, 1996 e 2002 e aparecem disponíveis na literatura. Com base nos dados observacionais dessas três passagens nas proximidades do Sol, nós realizamos um estudo sistemático da atividade apresentada pelo cometa de modo a fornecer informações úteis aos instrumentos do módulo de pouso *PHILAE* da Missão *ROSETTA*. Tais informações compreendem o cálculo das taxas de produção de massa do gás e da poeira, das razões poeira-gás, das deduções das dimensões efetivas médias das partículas de poeira e dos respectivos excessos de cor além das temperaturas associadas aos grãos de poeira cometários.

No **CAPÍTULO 2** nós descrevemos o gás produzido por um cometa apresentando os principais modelos que permitem o seu cálculo enquanto que os modelos conhecidos, associados às taxas de perda de massa, na forma de poeira cometária, aparecem resumidos no **CAPÍTULO 3**. Neste mesmo Capítulo, a partir da estrutura padrão do Modelo Fotométrico das Partículas de Poeira Cometárias (NEWBURN & SPINRAD, 1985, 1989), nós reescrevemos o produto área-albedo em termos do parâmetro Afp , de A'HEARN ET AL. (1984), de modo a apresentar um Modelo Híbrido através do qual as taxas de perda de poeira, podem ser diretamente obtidas do parâmetro Afp . O Modelo Híbrido foi aplicado para uma amostra contendo 3 (três) cometas Novos e 11 (onze) cometas de Curto-Período e os resultados

obtidos foram diretamente comparados com aqueles deduzidos a partir do Modelo Fotométrico das Partículas de Poeira Cometárias.

Finalmente, no **CAPÍTULO 4**, nós aplicamos o Modelo Híbrido para o Cometa 67P/CG, levando-se em conta os dados observacionais disponibilizados na literatura ao longo dos retornos de 1982, 1996 e 2002. O Capítulo apresenta, também, a análise dos resultados obtidos para as taxas de perda de gás e poeira, bem como a projeção de alguns resultados para três datas significativas, associadas à Missão *ROSETTA*.

REFERÊNCIAS

- A'HEARN, M. F.; SCHLEICHER, D. G.; FELDMAN, P. D.; MILLIS, R. L. & THOMPSON, D. T.: 1984, Comet Bowell (1980b). *AJ*, **89**, 579
- BRANDT, J. C.: 2007, Physics and Chemistry of Comets. Em "*Encyclopedia of the Solar System*", ed. por L. McFadden, P. R. Weissman e T. V. Johnson, Academic Press, Amsterdam, p. 966
- BRANDT, J. C. & CHAPMAN, R. D.: 1981, Em "*Introduction to Comets*", Cambridge University Press, Cambridge, p. 246
- FESTOU, M. C.; RICKMAN, H. & WEST, R. M.: 1993, Comets. II Models, evolution, origin and outlook. *The Astron. Astrophys. Rev.*, **4**, 448
- GRÜN, E. & JESSBERGER, E. K.: 1990, Em "*Physics and Chemistry of Comets*", ed. por W. F. Huebner, Springer-Verlag, New York, p. 391
- HUEBNER, W. F.: 1990, Em "*Physics and Chemistry of Comets*", Springer-Verlag, New York, p. 391
- JESSBERGER, E. K., KISSEL, J. & RAHE, J.: 1989, Em "*Origin and Evolution of Planetary and Satellite Atmospheres*", ed. por S. K. Atreya, J. B. Pollack e M. S. Mathews. The University of Arizona Press, Tucson, p. 167
- KELLER, H. U.: 1976, The interpretations of ultraviolet observations of comets. *Space Sci. Rev.*, **18**, 641
- KRISHNA SWAMY, K. S.: 1997, Em "*Physics of Comets*". World Scientific Series in Astronomy and Astrophysics, Cingapura, p. 371
- MUMMA, M. J.; DISANTI, M. A.; DELLO RUSSO, N.; MAGEE-SAUER, K. & RETTIG, T. W.: 2000, Detection of CO and Ethane in Comet 21P/Giacobini-Zinner: Evidence for Variable Chemistry in the Outer Solar Nebula. *AJ*, **531**, L155
- NEWBURN, R. L. & SPINRAD, H.: 1985, Spectrophotometry of seventeen comets. II – The continuum. *AJ*, **90**, 2591
- NEWBURN, R. L. & SPINRAD, H.: 1989, Spectrophotometry of 25 Comets: Post-Halley updates for 17 Comets plus new observations for Eight additional Comets. *AJ*, **97**, 552
- OORT, J. H.: 1950, The structure of the cloud of comets surrounding the solar system and a hypothesis concerning its origin. *Bull. Astron. Inst. Neth.*, **11**, 91
- SCHULZ, R.: 2010, The Rosetta Mission: Comets and Asteriod Exploration. *Icy Bodies of the Solar System, Proceedings of the International Astronomical Union, IAU Symposium*, **263**, 312
- SWINGS, P.: 1943, Cometary Spectra. *Mon. Not. R. Astron. Soc.*, **103**, 86

2 O GÁS COMETÁRIO

O surgimento da coma e das caudas de um cometa quando se encontra nas proximidades do Sol é a principal evidência e característica marcante de sua perda de massa. Essa massa perdida ocorre na forma de gás e de partículas de poeira e o seu estudo é útil para a compreensão da evolução do SS e do próprio objeto. Do ponto de vista observacional há diversas maneiras de se estudar essas taxas. Neste Capítulo faz-se uma breve descrição dos principais modelos e métodos existentes na Literatura, para o gás cometário.

2.1. O MODELO DE HASER

As taxas de produção de espécies moleculares importantes, observadas nas comas cometárias, tais como CN, C₂ e C₃ podem, a partir do cálculo de suas densidades colunares, ser obtidas utilizando-se a estrutura do Modelo de Haser (HASER, 1957). Trata-se de um modelo clássico onde o núcleo do cometa localiza-se na parte central da coma que é considerada simetricamente esférica. Uma espécie molecular estável desloca-se isotropicamente para fora do núcleo sendo foto-dissociada ao longo de uma escala de comprimento, l_p , para formar o radical observado na coma. Este, por sua vez, é eliminado através de um processo adicional, cuja escala de comprimento é l_r . Por definição, as escalas de comprimento representam o produto entre o tempo de vida médio da espécie molecular e a sua velocidade de expansão.

A densidade numérica do radical, $D(\rho)$ [em cm⁻³], localizado a uma distância ρ do núcleo vale, segundo A´HEARN & COWAN (1975)

$$D(\rho) = \left(\frac{Q}{4\pi\rho^2v} \right) \cdot \left[\frac{l_r}{(l_p - l_r)} \right] \cdot \left[\exp\left(\frac{-\rho}{l_p}\right) - \exp\left(\frac{-\rho}{l_r}\right) \right], \quad (2.1)$$

onde Q é a taxa de produção das espécies moleculares progenitoras [em s^{-1}] e v é a velocidade de expansão. Ao longo da linha de visada, a densidade colunar [em cm^{-2}] de radicais localizados a uma distância x do núcleo vale

$$n(x) = \frac{Q}{4\pi v} \cdot \left[\frac{l_r}{(l_p - l_r)} \right] \cdot \left(\frac{2}{x} \right) \cdot \left[\int_0^{x/l_r} K_0(y) dy - \int_0^{x/l_p} K_0(y) dy \right], \quad (2.2)$$

enquanto que o número total de radicais, $T(s)$, em um círculo de raio s [em cm], centrado no núcleo vale, segundo NEWBURN & SPINRAD (1984)

$$T(s) = \left(\frac{Qs}{v} \right) \cdot \left[\frac{l_r}{(l_p - l_r)} \right] \cdot \left\{ \left[\int_0^{s/l_r} K_0(y) dy - \int_0^{s/l_p} K_0(y) dy \right] + \left[\frac{(l_p - l_r)}{s} \right] + K_1\left(\frac{s}{l_r}\right) - K_1\left(\frac{s}{l_p}\right) \right\}, \quad (2.3)$$

onde K_0 e K_1 representam as funções modificadas de Bessel de zero e primeira ordens, respectivamente, e

$$T(s) = (\pi s^2) N, \quad (2.4)$$

em que N é o número médio de radicais observados por unidade de área na linha de visada; ou seja, a densidade colunar [em cm^{-2}], dada por

$$N = \left(\frac{4\pi}{g} \right) \cdot \left(\frac{F}{\Omega A} \right), \quad (2.5)$$

em que Ω é o ângulo sólido de visada do observador e F/A é a densidade de fluxo observada. Na Equação (2.5), g é o fator de taxa de emissão [em $erg\ s^{-1}$] que varia com o inverso da distância heliocêntrica do cometa com exceção àquelas espécies moleculares, em dadas regiões do espectro eletromagnético, onde o efeito Swings (excitação pelo mecanismo de Fluorescência Ressonante) é importante.

Com a utilização de escalas de comprimentos para radicais e espécies moleculares progenitoras disponíveis na literatura (COCHRAN, 1985; A'HEARN ET AL., 1995), o modelo de Haser fornece, portanto, as taxas de

produção das espécies moleculares com velocidade de expansão, Q/v , deduzidas a partir da equação (2.3).

2.2. O MÉTODO DA FOTO-DISSOCIAÇÃO DA ÁGUA

Este método baseia-se na reação de foto-dissociação da água



que, em cometas, processa-se com uma eficiência de $\sim 85\%$ (HUEBNER, KEADY & LYON, 1992). Isso significa que, se em um cometa a taxa de produção do radical hidroxila é conhecida, por exemplo, a partir do Modelo de Haser, a taxa de produção de água [em moléculas s^{-1}] será obtida usando

$$Q(\text{H}_2\text{O}) = 1,1x Q(\text{OH}). \quad (2.7)$$

A composição do gás [em g s^{-1}] da coma de um cometa aqui considerada segue aquela obtida “in situ” para o Cometa 1P/Halley, e consiste de uma mistura em que $\sim 77\%$ é atribuída à água (H_2O), $\sim 13\%$ ao monóxido de carbono (CO), enquanto que cerca de 10% remanescente representa uma mistura de diversos voláteis mais pesados, tais como CO_2 , CH_4 , NH_3 , H_2CO , S_2 , HCN , N_2 , CH_3OH , etc, com peso molecular médio de ~ 30 u.m.a. A análise dessa composição química resulta em uma relação entre a taxa de produção de água [em moléculas s^{-1}] e a taxa de perda de massa na forma de gás [em g s^{-1}], que vale (SANZOVO, SINGH &)

$$q_g = 3,42 \times 10^{-23} Q(\text{H}_2\text{O}). \quad (2.8)$$

2.3. O MÉTODO DAS ABUNDÂNCIAS FRACIONAIS

O Método das Abundâncias Fracionais baseia-se nos trabalhos de OSIP, SCHLEICHER & MILLIS (1992) e A'HEARN ET AL. (1995). Nele, as taxas de

produção de água podem ser obtidas a partir das taxas de produção média de outras espécies moleculares observadas tais como os radicais hidroxila (OH), carbeto (C₂), tri-carbono (C₃) e cianogênio (CN). Desse modo, para um cometa típico, as seguintes razões entre abundâncias médias foram obtidas a partir das observações realizadas em solo (OSIP, SCHLEICHER & MILLIS, 1992):

$$\frac{Q(OH)}{Q(CN)} = 650 \pm 240 , \quad (2.9)$$

$$\frac{Q(CN)}{Q(C_2)} = 1,64 \pm 0,76 , \quad (2.10)$$

e

$$\frac{Q(CN)}{Q(C_3)} = 20,69 \pm 9,43. \quad (2.11)$$

Assim, se é conhecida a taxa de produção de um desses radicais, pode-se deduzir a abundância da água. Para o caso do CN, tem-se que

$$Q(H_2O) = \frac{Q(H_2O)}{Q(OH)} \cdot \frac{Q(OH)}{Q(CN)} \cdot Q(CN) \quad (2.12)$$

Do mesmo modo, se as abundâncias dos radicais C₃ e C₂ são conhecidas, a taxa de produção de água poderá ser obtida das expressões:

$$Q(H_2O) = \frac{Q(H_2O)}{Q(OH)} \cdot \frac{Q(OH)}{Q(CN)} \cdot \frac{Q(CN)}{Q(C_3)} \cdot Q(C_3) \quad (2.13)$$

e

$$Q(H_2O) = \frac{Q(H_2O)}{Q(OH)} \cdot \frac{Q(OH)}{Q(CN)} \cdot \frac{Q(CN)}{Q(C_2)} \cdot Q(C_2), \quad (2.14)$$

respectivamente.

Em cada uma dessas relações admite-se que $\frac{Q(H_2O)}{Q(OH)} \sim 1,1$, decorrente do processo de foto-dissociação da água (HUEBNER, KEADY & LYON, 1992).

2.4. O MÉTODO SEMI-EMPÍRICO DAS MAGNITUDES VISUAIS (MSEMV)

As taxas de produção de água também podem ser calculadas a partir de uma análise das magnitudes visuais absolutas determinadas, via de regra, por astrônomos amadores e publicadas em diversos volumes do “International Cometary Quarterly”, ICQ. O método foi proposto inicialmente por MORRIS (1973) e aperfeiçoado posteriormente por NEWBURN (1981) e DE ALMEIDA, SINGH & HUEBNER (1997). Nele, as taxas de produção de água [em moléculas s⁻¹] são obtidas por

$$Q(H_2O) = \left\{ \frac{r^2 \cdot 10^{[0,4(-26,8 - m_v)]} - pR_N^2 \phi_1 e^{-u\alpha}}{[Rl_f(1 + \delta(r, \theta))]} \right\}^{0,825}, \quad (2.15)$$

em que m_v [= $m_{6,78} - 5 \cdot \log(\Delta)$] é a magnitude total observada da coma, reduzida para uma abertura padrão de diâmetro 6,78 cm, à distância geocêntrica de 1,0 UA, quando o cometa está à distância heliocêntrica, r . Na Equação (2.14), o segundo termo do numerador representa a contribuição do núcleo para observações quando o ângulo de fase (α) é pequeno. Para cometas de curto-período, o parâmetro R assume o valor $2,0 \times 10^{-38} \text{ cm}^2 \cdot \text{s}$ enquanto que DE ALMEIDA, SINGH & HUEBNER (1997) sugerem o valor $R \sim 5,0 \times 10^{-39} \text{ cm}^2 \cdot \text{s}$ para cometas de longo-período. O termo l_f [= $6,6 \times 10^4 \cdot r^2 \text{ km}$], deduzido por A'HEARN ET AL. (1995), representa a escala de comprimento do radical carbeta.

A expressão (NEY, 1982).

$$\delta(r, \theta) = \frac{\delta(r, 90^\circ) \cdot \delta(\theta)}{\delta(90^\circ)}, \quad (2.16)$$

é a razão poeira-gás de um cometa. Os correspondentes valores de $\delta(\theta)$ são obtidos através das curvas observacionais propostas por DIVINE (1981), para o ângulo de espalhamento $\theta = [180^\circ - \alpha]$, enquanto que $\delta(90^\circ) = 0,0362$ é a função de espalhamento para $\theta = 90^\circ$. Para distâncias heliocêntricas compreendidas entre $0,5 \leq r(\text{UA}) \leq 2,5$, a variação da função de espalhamento com a distância heliocêntrica foi obtida por DE ALMEIDA, SINGH & HUEBNER (1997) e vale

$$\delta(r, 90^\circ) = (0,61 \pm 0,25)r^{1,8 \pm 0,5} \quad (2.17)$$

Desta forma obtida, as taxas de produção de água podem ser convertidas em taxas de produção de gás [em g s^{-1}] com o auxílio da Equação (2.8).

2.5. O MODELO DE VAPORIZAÇÃO DA ÁGUA E AS DIMENSÕES NUCLEARES

As dimensões nucleares dos cometas podem ser deduzidas a partir do Modelo de Vaporização da Água, desenvolvido por A'HEARN & COWAN (1975) e DELSEMME (1982). A estrutura do modelo é tal que $Z(T)$ representa o número de moléculas de água vaporizadas por unidade de área, na unidade de tempo. Além de depender da temperatura, esse parâmetro também depende da distância heliocêntrica. Assim, para um modelo de núcleo cometário esférico, possuindo lenta rotação de modo tal que meio hemisfério é iluminado pelo Sol (DE ALMEIDA, SINGH & HUEBNER, 1997), tem-se que

$$2\pi R_N^2 f_{AA} Z(T) = Q(\text{H}_2\text{O}), \quad (2.18)$$

onde f_{AA} é a fração de área superficial ativa, R_N é o raio nuclear [em cm] e $Q(\text{H}_2\text{O})$ é a taxa de produção de água [em moléculas s^{-1}], obtida a partir de qualquer um dos modelos anteriormente descritos. Se todo o hemisfério voltado para o Sol encontra-se iluminado, ($f_{AA} = 1$), obtém-se uma estimativa do raio nuclear mínimo do cometa.

REFERÊNCIAS

- A'HEARN, M. F. & COWAN, J. J.: 1975, Molecular production rates in Comet Kohoutek. *AJ*, **80**, 852
- A'HEARN, M. F.; MILLIS, R. L.; SCHLEICHER, D. G.; OSIP, D. J. & BIRCH, P. V.: 1995, The ensemble properties of comets: results from narrowband photometry of 85 comets, 1976-1992. *Icarus*, **118**, 223
- COCHRAN, A. L.: 1985, A re-evaluation of the Haser Model scale lengths of comets. *AJ*, **90**, 2609
- DE ALMEIDA, A. A.; SINGH, P. D. & HUEBNER, W. F.: 1997, Water release rates, active areas, and minimum nuclear radius derived from magnitudes of comets – an application to Comet 46P/Wirtanen. *Planet. Space Sci.*, **45**, 681
- DELSEMME, A. H.: 1982, Chemical composition of cometary nuclei. Em “Comets”, ed. by L. L. Wilkening, Univ. of Arizona Press, Tucson, p. 125
- DIVINE, N.: 1981, Simple Radiation Model of Cometary Dust for P/Halley. Em “Cometary Halley Dust and Gas”, Environment Workshop, ESA SP, **174**, p. 47
- HASER, L.: 1957, Distribution d'intensité dans la tête d'une Comète. *Bull. Acad. Roy. Sci. Bel.*, **43**, 740
- HUEBNER, W. F.; KEADY, J. J. & LYON, S. T.: 1992, “Solar Photo Rates for Planetary Atmospheres and Atmospheric Pollutants”. Kluwer Academic Publisher, Bélgica, p. 246
- MORRIS, C. S.: 1973, On aperture corrections for comet magnitude estimates. *PASP*, **85**, 470
- NEY, E. P.: 1982, Optical and infrared observations of bright comets in the range 0.5 micrometers to 20 micrometers. Em “Comets”. ed. by L. L. Wilkening, Univ. of Arizona Press, Tucson, p. 323
- NEWBURN Jr, R. L.: 1981, A semi-empirical photometric theory of cometary gas and dust production. Application to P/Halley's gas production rates. Em “Comet Halley Dust and Gas”; Environment Workshop, ESA SP, **174**, 3
- NEWBURN, R. L. & SPINRAD, H.: 1984, Spectrophotometry of 17 Comets. I. The Emission Features. *AJ*, **89**, 289
- OSIP, D. J.; SCHLEICHER, D. G. & MILLIS, R. L.: 1992, Comets: Groundbased observations of spacecraft mission candidates. *Icarus*, **98**, 115
- SANZOVO, G. C.; SINGH, P. D. & HUEBNER, W. F.: 1996, Dust colors, dust release rates, and dust-to-gas ratios in the comae of six comets. *A&ASS*, **120**, 301

3 A POEIRA COMETÁRIA

Na literatura, há dois modelos amplamente utilizados para as estimativas das taxas de perda de massa da poeira cometária. O primeiro, clássico, foi desenvolvido por NEWBURN & SPINRAD (1985, 1989) e passou a ser reconhecido como Modelo Fotométrico das Partículas de Poeira Cometárias (MFPPC), e o segundo, muito utilizado nos últimos 25 anos, o Modelo do parâmetro $Af\rho$, foi descrito por A'HEARN ET AL. (1984). Este Capítulo resume com alguns detalhes, esses dois modelos uma vez que eles serviram de base para a formulação do Modelo Híbrido, aqui proposto e descrito.

3.1. O MODELO FOTOMÉTRICO DAS PARTÍCULAS DE POEIRA COMETÁRIAS (MFPPC)

A estrutura do MFPPC baseia-se no fato de que o fluxo no contínuo, observado em um dado comprimento de onda λ na região óptica do espectro eletromagnético, na coma de um cometa, é devido ao espalhamento da radiação solar pelas partículas de poeira cometárias. Desse modo, considerando-se que as partículas de poeira cometárias desprendidas da coma sejam aproximadamente esféricas, a sua taxa de perda (de massa), q_p [em g s^{-1}], vale (NEWBURN & SPINRAD, 1985, 1989)

$$q_p = \int_{a_0}^{a_m} \left(\frac{4\pi}{3}\right) a^3 \rho(a) n(a) da \quad (3.1)$$

onde a é a dimensão média efetiva dos grãos de poeira e está compreendida entre um valor mínimo, a_0 [= 0,1 μm] e a_m , que representa a dimensão máxima capaz de deixar o núcleo pelas forças de arrasto. O valor de a_0 foi fixado para fins de comparação com os resultados das observações no infravermelho (HANNER ET AL., 1985) e, também, porque se acredita que grãos com dimensões ainda menores contribuem muito pouco para com a taxa de perda de massa total da poeira.

Em (3.1), $\rho(\alpha)$ [em g cm^{-3}] é a densidade das partículas de poeira, enquanto que $n(\alpha)$ [em $\text{cm}^{-1} \text{s}^{-1}$] é a função de distribuição da poeira cometária (HANNER, 1983; NEWBURN & SPINRAD, 1985, 1989), que vale

$$n(a) = K \left(1 - \frac{a_0}{a}\right)^M \left(\frac{a_0}{a}\right)^N \quad (3.2)$$

em que K é uma constante de normalização e N é o parâmetro que define a inclinação da curva de distribuição da dimensão dos grãos para grandes valores de α . N assume o valor 4,2 (SEKANINA, 1979), enquanto que o parâmetro M é utilizado para localizar o máximo na função de distribuição, sendo determinado pela equação proposta por DE FREITAS PACHECO, LANDABERRY & SINGH, (1988)

$$\log M = 1,13 + 0.62 \log r. \quad (3.3)$$

Na Equação (3.2), a constante de normalização K [em $\text{cm}^{-1} \text{s}^{-1}$] vale (NEWBURN & SPINRAD, 1985, 1989)

$$K = \left[\frac{2Ap(\lambda)}{\pi^2 Sp(\lambda)} \right] \cdot \left[\int_{a_0}^{a_m} \frac{a^2}{v(a)} \left(1 - \frac{a_0}{a}\right)^M \left(\frac{a_0}{a}\right)^N da \right]^{-1} \quad (3.4)$$

onde S (em cm) é o raio de abertura do diafragma utilizado nas observações, e $\rho(\lambda)$ é o albedo geométrico médio dos grãos de poeira. O valor canônico $\rho(\lambda) = 0,04$ de KELLER ET AL. (1986), obtido durante as observações do Cometa 1P/Halley, é normalmente adotado para a análise da poeira no contínuo. Em (3.4), $v(\alpha)$ é a velocidade das partículas de poeira [em cm s^{-1}] (PROBSTEIN, 1969; JEWITT ET AL., 1982). A constante de normalização K varia diretamente com o produto área-albedo geométrico $Ap(\lambda)$ [em cm^2], e inversamente com o campo de visão da abertura do espectrógrafo, projetada na coma do cometa, S [em cm] (NEWBURN & SPINRAD, 1985, 1989). Ainda considerando a Equação (3.4), o produto área-albedo geométrico é definido através da equação

$$Ap(\lambda) = \frac{\pi r^2 \Delta^2 f_c(\lambda)}{\phi(\theta) f_s(\lambda)}, \quad (3.5)$$

em que $f_s(\lambda)$ e $f_c(\lambda)$ [em ergs cm⁻² s⁻¹ Å⁻¹] representam os fluxos solar e no contínuo, respectivamente, para o comprimento de onda λ das observações. O parâmetro $\phi(\theta)$ é a função de espalhamento das partículas de poeira, para o ângulo de espalhamento $\theta (= 180^\circ - \alpha)$, onde α é o ângulo de fase do cometa (DIVINE, 1981). Na Equação (3.5), r e Δ , são as distâncias heliocêntrica e geocêntrica, respectivamente, do cometa no momento da observação, ambas expressas em UA.

SANZOVO, SINGH & HUEBNER (1996) e DE ALMEIDA, SINGH & HUEBNER (1997) verificaram que um núcleo cometário contribui significativamente na região do contínuo do espectro eletromagnético quando, no decorrer das observações, o ângulo de fase α é pequeno. Desta forma, estes autores adicionaram à estrutura do MFPPC, a função de fase nuclear cometária, expressa por

$$\phi_N = \phi_1 e^{-u\alpha} \quad (3.6)$$

em que $\phi_1 = 0,9983$ rad, $u = 1,842$ rad⁻¹ e α é o ângulo de fase [em rad.]. Portanto, se considerarmos um núcleo simetricamente esférico, de raio R_N , a sua contribuição para o produto área-albedo geométrico será

$$A_N p(\lambda) \phi_N(\alpha) = \pi R_N^2 p_\lambda(\alpha) \phi_N(\alpha), \quad (3.7)$$

onde $p_\lambda(\alpha)$ é o albedo geométrico médio do núcleo. O produto área-albedo geométrico somente para as partículas de poeira vale (NEWBURN & SPINRAD, 1985, 1989; SANZOVO, SINGH & HUEBNER, 1996; DE ALMEIDA, SINGH & HUEBNER, 1997):

$$A_p p(\lambda) = \frac{Ap(\lambda) - A_N p(\lambda)}{\phi(\theta)} \quad (3.8)$$

Para uma dada distância heliocêntrica, r , a dimensão efetiva média das partículas de poeira presentes na coma de um cometa pode ser calculada através da taxa de perda de massa de poeira e do produto área-albedo geométrico. Se a velocidade da poeira for representada pela relação $v_p = 0,5 \cdot r^{-0,6}$ [em km s^{-1}] (BOBROVNIKOFF, 1954; JEWITT ET AL., 1982), os grãos deverão atravessar uma distância S [em km], projetada na coma, em um tempo dado por

$$t = 2Sr^{0.6}, \quad (3.9)$$

de modo que a taxa de perda de massa das partículas de poeira, com raio médio efetivo α vale

$$q_p = \left(\frac{4\pi}{3}\right) \frac{a^3 \rho N_p}{t}, \quad (3.10)$$

onde ρ é a densidade dos grãos de poeira. Em (3.10), o termo N_p representa o número total de partículas de poeira que atravessa a seção de área A_p , coberta pelo espectrógrafo utilizado nas observações da coma, deduzido a partir do produto área-albedo geométrico. Ele vale

$$N_p = \frac{A_p p(\lambda)}{0,04\pi\alpha^2}. \quad (3.11)$$

Resolvendo as Equações (3.9) a (3.11), pode-se inferir a dimensão efetiva das partículas de poeira cometárias como sendo (SANZOVO, SINGH & HUEBNER, 1996)

$$N_p = \frac{A_p p(\lambda)}{0,04\pi\alpha^2}. \quad (3.12)$$

Desde o seu surgimento, o MFPPC tem sido extensivamente utilizado. Há mais de 20 anos, o grupo brasileiro de pesquisa multi-institucional, coordenado por A. A. de Almeida do IAG/USP, vem utilizando este modelo para o

cálculo das taxas de perda de massa da poeira cometária dando ênfase, mais recentemente, àqueles objetos que são alvos de missões espaciais (SANZOVO ET AL., 2001, 2010; DE ALMEIDA ET AL., 2004, 2009a, 2009b). Fato é que, tendo em vista a sua sensibilidade a muitos parâmetros (fluxos, densidade, função de distribuição das partículas, dimensão efetiva da poeira, etc), o MFPPC tem tido a sua aplicação restrita quase que exclusivamente àqueles grupos que dispõem de todos os dados observacionais.

3.2. O MODELO DO PARÂMETRO $Af\rho$

Um modo alternativo e relativamente simples de se obter a taxa de perda de poeira foi desenvolvido por A'HEARN ET AL. (1984) através do parâmetro $Af\rho$ [em cm], que representa o produto entre o albedo geométrico dos grãos, A , o fator de preenchimento (*filling factor*), f , e o raio de abertura, ρ [em cm], utilizado durante as observações. Para os grãos de poeira cometários, o parâmetro f representa a razão entre a seção de choque total dos grãos no campo de visada das observações e a seção de choque atribuída a cada grão que abandona o diafragma de observação (A'HEARN ET AL., 1984). Em outras palavras, o produto $Af\rho$ é determinado diretamente das observações, o que faz com que o modelo não dependa de muitas variáveis e tenha aplicação geral. O parâmetro $Af\rho$ é definido por A'HEARN ET AL. (1984) como

$$Af\rho = \frac{4r^2\Delta^2 f_c(\lambda)}{\rho f_s(\lambda)}, \quad (3.13)$$

onde $f_c(\lambda)$ e $f_s(\lambda)$ [em $\text{ergs cm}^{-2} \text{s}^{-1} \text{Å}^{-1}$] representam os fluxos no contínuo e solar, para o comprimento de onda λ das observações. Os termos r e Δ representam as distâncias heliocêntricas, medidas em UA, e geocêntricas, expressas em cm, respectivamente, enquanto que ρ [em cm] é o raio de abertura do espectrógrafo, projetado na coma do cometa.

Se as observações fotométricas são realizadas em mais de um comprimento de onda, tanto o MFPPC quanto o Modelo $Af\rho$ podem ser utilizados para se conseguir uma estimativa do excesso de cor das partículas de poeira cometárias. Se $m_c(\lambda_1)$ e $m_c(\lambda_2)$ representam as magnitudes cometárias, observadas com os comprimentos de onda λ_1 e λ_2 respectivamente, com $\lambda_1 < \lambda_2$, o índice de cor do cometa (IC) será dado pela diferença entre essas duas magnitudes de modo que o excesso de cor valerá (SANZOVO, SINGH & HUEBNER, 1996; DE ALMEIDA, SINGH & HUEBNER, 1997)

$$EC = IC - [m_s(\lambda_1) - m_s(\lambda_2)], \quad (3.14)$$

onde a expressão que aparece entre colchetes envolve os respectivos índices de cor solares, nos mesmos comprimentos de onda. Em termos dos fluxos no contínuo e solar, o excesso de cor da poeira valerá

$$EC = -2,5 \cdot \log \left[\frac{F_c(\lambda_1)F_s(\lambda_2)}{F_c(\lambda_2)F_s(\lambda_1)} \right]. \quad (3.15)$$

Desse modo, através da razão representada por $Af\rho(\lambda_1)$ e $Af\rho(\lambda_2)$, onde λ_1 e λ_2 são os respectivos comprimentos de onda para os quais as observações foram realizadas, o excesso de cor (EC) será escrito como

$$EC = -2,5 \cdot \log \left[\frac{Af\rho(\lambda_1)}{Af\rho(\lambda_2)} \right] \quad (3.16)$$

e a sua interpretação é tal que, se EC é positivo diz-se que a cor das partículas de poeira é avermelhada em relação à cor neutra (solar), enquanto que, se EC for negativo a poeira é azulada. Do mesmo modo, se EC for nulo, a cor da poeira será neutra.

3.3. A TEMPERATURA DAS PARTÍCULAS DE POEIRA COMETÁRIAS

Se considerarmos que cada partícula de poeira cometária possui uma emissividade, ϵ , no infravermelho e um albedo de Bond, A_B para comprimentos de onda ópticos, a sua temperatura a uma dada distância heliocêntrica, r [em UA], poderá ser obtida a partir da equação de equilíbrio entre a radiação solar absorvida e a radiação térmica emitida de modo que (AGARWAL, MÜLLER & GRÜN, 2010),

$$\frac{(1 - A_B)F_S}{r^2} = 4\epsilon\sigma T^4, \quad (3.17)$$

onde σ é a constante de Stefan-Boltzmann e $F_S = 1,367 \times 10^6$ [erg s⁻¹ cm⁻²], é a constante solar. Se considerarmos que cada grão de poeira apresenta emissividade $\epsilon = 1$ e $A_B = 0$, poderemos encontrar a variação da temperatura de corpo negro associada à poeira com a distância heliocêntrica.

3.4. O MODELO HÍBRIDO

Neste Trabalho, as estruturas dos dois modelos descritos nas Seções 3.1 e 3.2 foram utilizadas para gerar um novo modelo, híbrido, a partir do qual as taxas de perda de massa dos grãos de poeira cometários [em g s⁻¹] podem ser deduzidas diretamente, se o parâmetro $Af\rho$ é conhecido. O modelo teve a sua concepção a partir da relação entre o produto área-albedo geométrico, do modelo de NEWBURN & SPINRAD (1985, 1989) e o parâmetro $Af\rho$, de A'HEARN ET AL (1984, 1995), daí a razão para esse nome. Tomando a razão entre as Equações (3.5) e (3.13), encontra-se

$$Ap(\lambda) = \left(\frac{\pi\rho}{4\phi(\theta)} \right) Af\rho, \quad (3.18)$$

em que $\rho(=s)$ [em cm] é a abertura do espectrógrafo, projetada ao longo da extensão da coma cometária, e $\phi(\theta)$ é a função de espalhamento das partículas de poeira. De acordo com o MFPPC, para se calcular a taxa de perda de poeira, combina-se as equações (3.1), (3.2) e (3.4), cujo resultado é dado pela expressão

$$q_p = \left(\frac{8}{3p(\lambda)} \right) \cdot \left(\frac{Ap(\lambda)}{\pi\rho} \right) \cdot \left\{ \frac{\int_{a_0}^{a_m} a^3 \rho(a) \left(1 - \frac{a_0}{a}\right)^M \left(\frac{a_0}{a}\right)^N da}{\int_{a_0}^{a_m} \frac{a^2}{v(a)} \left(1 - \frac{a_0}{a}\right)^M \left(\frac{a_0}{a}\right)^N da} \right\}. \quad (3.19)$$

Substituindo o valor encontrado em (3.18) na Equação (3.19), obtém-se

$$q_p = \left[\frac{8(Af\rho)}{12p(\lambda)\phi(\theta)} \right] \cdot \left\{ \frac{\int_{a_0}^{a_m} a^3 \rho(a) \left(1 - \frac{a_0}{a}\right)^M \left(\frac{a_0}{a}\right)^N da}{\int_{a_0}^{a_m} \frac{a^2}{v(a)} \left(1 - \frac{a_0}{a}\right)^M \left(\frac{a_0}{a}\right)^N da} \right\} \quad (3.20)$$

de modo que (3.20) explicita a relação existente entre o parâmetro $Af\rho$ e a taxa de produção de poeira, q_p .

A dimensão média efetiva das partículas de poeira, α [em cm], responsáveis pela taxa de perda de massa de poeira é obtida a partir da expressão (3.10). Portanto, em termos do parâmetro $Af\rho$, o número de partículas vale.

$$N_p = \frac{\rho(Af\rho)}{4\phi(\theta)p(\lambda)\alpha^2}. \quad (3.21)$$

Desse modo, assumindo o valor canônico para o albedo geométrico dos grãos, $p(\lambda) = 0,04$, (KELLER ET AL., 1986), a taxa de perda de massa da poeira, q_p [em g s⁻¹] poderá ser escrita como

$$q_p = \frac{\pi \rho \alpha v_p (Af\rho)}{3 \phi(\theta) p(\lambda)} \quad (3.22)$$

onde $v_p = 0,5 \cdot r^{-0,6} \text{ km s}^{-1}$ $v_p = 0,5 \cdot r^{-0,6}$ é a velocidade de arraste das partículas de poeira (BOBROVNIKOFF, 1954; JEWITT ET AL.,1982), e α é a dimensão efetiva média das partículas de poeira cometárias.

REFERÊNCIAS

- AGARWAL, J.; MÜLLER, M. & GRÜN, E.: 2010, Dust Environment Modelling of Comet 67P/Churyumov-Gerasimenko. *arXiv:1001.301v1 [astro-ph.EP]*
- A'HEARN, M. F.; SCHLEICHER, D. G.; FELDMAN, P. D.; MILLIS, R. L. & THOMPSON, D. T.: 1984, Comet Bowell (1980b). *AJ*, **89**, 579
- A'HEARN, M. F.; MILLIS, R. L.; SCHLEICHER, D. G.; OSIP, D. J. & BIRCH, P. V.: 1995, The ensemble properties of comets: results from narrowband photometry of 85 comets, 1976-1992. *Icarus*, **118**, 223
- BOBROVNIKOFF, N.: 1954, Reports of observations 1953-1954: Perkins Observatory-Physical properties of comets. *AJ*, **59**, 356
- DE ALMEIDA, A. A.; SINGH, P. D. & HUEBNER, W. F.: 1997, Water release rates, active areas, and minimum nuclear radius derived from magnitudes of comets – an application to Comet 46P/Wirtanen. *Planet. Space Sci.*, **45**, 681
- DE ALMEIDA, A. A.; TREVISAN SANZOVO, D.; SANZOVO, G. C.; BOCZKO, R. & MIGUEL TORRES, R.: 2004, Groundbased investigation of comet 67p/churyumov-gerasimenko, target of the spacecraft Mission Rosetta. *35th COSPAR Scientific Assembly*. Paris, França, p.931
- DE ALMEIDA, A. A.; TREVISAN SANZOVO, D.; SANZOVO, G. C.; BOCZKO, R. & MIGUEL TORRES.: 2009a, Comparative study of productivity of the Rosetta target Comet 67P/Churyumov-Gerasimenko. *Adv. Space Res.*, **43**, p. 1993
- DE ALMEIDA, A. A.; BOCZKO, R.; SANZOVO, G. C. & TREVISAN SANZOVO, D.: 2009b, Analysis of total visual and CCD V-broadband observations of Comet C/1995 O1 (Hale-Bopp): 1995-2001. *Adv. Space Res.*, **44**, p. 335
- DE FREITAS PACHECO, J. A.; LANDABERRY, S. J. C. & SINGH, P. D.: 1988, Spectrophotometric observations of the Comet Halley during the 1985-86 apparition. *Mon. Not. R. Astron. Soc.*, **235**, 457
- DIVINE, N.: 1981, Simple Radiation Model of Cometary Dust for P/Halley. Em “*Cometary Halley Dust and Gas*”, Environment Workshop, ESA SP **174**, p. 47
- HANNER, M. S.: 1983, The nature of cometary dust from remote sensing. Em “*Cometary Exploration II*”. ed. T. I. Gambosi, CRIP, Budapeste, 1-22
- HANNER, M. S.; TEDESCO, E.; TOKUNAGA, A. T.; VEEDER, G. J.; LESTER, D. F.; WITTEBORN, F. C.; BREGMAN, J. D.; GRADIE, J. & LEBOSKY, L.: 1985, The dust coma of periodic Comet Churyumov-Gerasimenko (1982 VIII). *Icarus*, **64**, 11
- JEWITT, D. C.; SOIFER, B.T.; NEUGEBAUER, G.; MATTHEWS, K. & DANIELSON, G. E.: 1982, Visual and infrared observations of the distant Comets P/Stephan-Oterma (1980g), Panther (1980u), and Bowell (1980b). *AJ*, **87**, 1854

KELLER, H. U.; ARPIGNY, C.; BARBIERI, C.; BONNET, R. M; LAZES, S; CORADINI, M.; COSMOVICI, C. B.; DELAMERE, W. A.; HUEBNER, W. F.; HUGHES, D. W.; JAMAR, C.; MALAISE, D.; REITSEMA, H. J.; SCHMIDT, W. K. H.; SEIGE, P. & WHIPPLE, K.: 1986, First Halley multicolour camera imaging results from Giotto. *Nature*, **321**, 320

NEWBURN, R. L. & SPINRAD, H.: 1985, Spectrophotometry of seventeen comets. II – The continuum. *AJ*, **90**, 2591

NEWBURN, R. L. & SPINRAD, H.: 1989, Spectrophotometry of 25 Comets: Post-Halley updates for 17 Comets plus new observations for Eight additional Comets. *AJ*, **97**, 552

PROBSTEIN R. F.: 1969, Em “*Problems of Hydrodynamics and Continuum and Mechanics*”, SIAM, Philadelphia, p. **568**

SANZOVO, G. C.; SINGH, P. D. & HUEBNER, W. F.: 1996, Dust colors, dust release rates, and dust-to-gas ratios in the comae of six comets. *A&ASS*, **120**, 301

SANZOVO, G. C.; TREVISAN SANZOVO, D. & DE ALMEIDA, A. A.: 2010, On the relationship between gas and dust in 15 comets: an application to Comet 103P/Hartley 2 target of the NASA EPOXI mission of opportunity. *Icy Bodies of the Solar System, Proceedings of the International Astronomical Union, IAU Symposium*, **263**, p. 272

SEKANINA, Z.: 1979, Fan-shaped coma, orientation of rotation axis, and surface structure of a cometary nucleus I. Test of a model on four comets. *Icarus*, **37**, 420

4 RESULTADOS OBTIDOS E ANÁLISE

O Modelo Híbrido, descrito em detalhes no Capítulo 3, foi utilizado para calcular as taxas de perda de massa, na forma de poeira, e verificar as suas variações, com a distância heliocêntrica r , para o Cometa 67P/CG, durante os retornos periélicos de 1982, 1996 e 2002. Com intenção de demonstrar a eficiência do modelo, ele foi testado em 14 cometas cujas taxas de perda de massa, na forma de gás e poeira são conhecidas na literatura. A descrição da amostra cometária escolhida e o desempenho do modelo aparecem descritos na Seção 4.1 deste Capítulo enquanto que a aplicação, para o Cometa 67P/CG e a análise dos resultados são discutidas nas Seções 4.2 e 4.3, respectivamente.

4.1. TESTANDO O DESEMPENHO DO MODELO HÍBRIDO

Para verificar o desempenho do Modelo Híbrido fez-se uma pesquisa bibliográfica por alguns cometas (novos e periódicos), cujas taxas de perda de massa, na forma de gás e poeira, estão disponibilizadas na literatura. Desse modo, 3 Cometas Novos (C/Bowell, C/Bradfield e C/Levy) e 11 Cometas Periódicos (23P/Brorsen-Metcalf, 21P/Giacobini-Zinner, 38P/Stephan-Oterma, 1P/Halley, 6P/d'Arrest, 2P/Encke, 26P/Grigg-Skjellerup, 45P/Honda-Mrkos-Pajdusakova, 22P/Kopff, 9P/Tempel1 e 81P/Wild 2) foram escolhidos. O principal critério utilizado para a escolha destes objetos foi o fato deles terem suas taxas de perda de poeira, q_p [em $g\ s^{-1}$], determinadas a partir do modelo fotométrico de NEWBURN & SPINRAD (1985, 1989). Pode-se dizer, também, que o número significativo de dados observacionais disponíveis, contido na amostra, contribuiu para a escolha.

A TABELA 4.1 apresenta os Dados Observacionais Básicos; ou seja, um conjunto de 275 informações, creditadas pelos autores, nas épocas das respectivas observações. A tabela contempla as datas das observações [em TU], as distâncias heliocêntricas e geocêntricas [em UA], os raios de abertura [em km] dos instrumentos utilizados em cada observação, os ângulos de fase [em °] e de

espalhamento [em radianos] e, também, o parâmetro M [adimensional], que expressa o máximo da função de distribuição da poeira.

A TABELA 4.2 apresenta os resultados para as taxas de perda de massa das partículas de poeira, obtidas com o uso do MFPPC e do Modelo Híbrido, aqui proposto. Para cada dado observacional de entrada, apresentado na TABELA anterior têm-se, na TABELA 4.2, as taxas de produção de gás, q_g [em $g\ s^{-1}$], mostrada na coluna 2; os produtos entre a área e o albedo geométrico dos grãos de poeira cometários, $A_p\rho(\lambda)$ [em cm^2], na coluna 3; os parâmetros Afp [em cm] na coluna seguinte, as dimensões efetivas médias das partículas de poeira cometárias, α [em μm], na coluna 5; as taxas de perda de massa, na forma de poeira, q_p [em $g\ s^{-1}$], na sexta coluna e as razões poeira-gás [adimensional] na última coluna. As citações dos pesquisadores responsáveis pelos fluxos observados no contínuo, nos vários comprimentos de onda analisados, são mostradas no rodapé da TABELA 4.2.

A análise dos resultados obtidos para as taxas de perda de massa, na forma de poeira, geradas pelo Modelo Híbrido é realizada através da sua comparação com os respectivos resultados, calculados através do modelo de NEWBURN & SPINRAD (1985, 1989). Assim, se q_{MH} e q_{MFPPC} representam as taxas deduzidas por esses dois modelos, respectivamente, e N for o número de dados amostrais para cada cometa,

$$M_p = \frac{1}{N} \left(\sum_N \left| \frac{q_{MH}}{q_{MFPPC}} \right| \right) \quad (4.1)$$

irá representar a média percentual entre as razões dos valores obtidos neste Trabalho e aqueles, deduzidos a partir do MFPPC.

A aplicação deste teste estatístico aos cometas escolhidos na amostra revela que o melhor grau de confiança nos resultados obtidos ocorre para o Cometa 23P/Brosen-Metcalf, com 4%, enquanto que os menores percentuais de confiança comparativos ficam com os Cometas C/Bradfield, 45P/Honda-Mrkos-Pajdusakova e 81P/Wild 2, com 11%. Os percentuais individuais obtidos valem: 5% para C/Bowell, 11% para C/Bradfield, 4% para 23P/Brosen-Metcalf, 8% para 21P/Giacobini-Zinner, 7% para C/Levy, 6% para 38P/Stephan-Oterma, 7% para 1P/Halley, 6,5% para 6P/d'Arrest, 10% para 2P/Encke, 5,8% para 26P/Grigg-

Skjellerup, 11% para 45P/Honda-Mrkos-Pajdusakova, 8% para 22P/Kopff, 7% para 9P/Tempel 1 e 11% para o Cometa 81P/Wild 2. Esses resultados demonstram a confiabilidade no modelo aqui proposto de modo que ele pode ser aplicado, com segurança, a outros cometas novos e/ou periódicos.

4.2. A APLICAÇÃO DO MODELO HÍBRIDO AO COMETA 67P/CG

A partir do momento em que se obteve a confiança nos resultados apresentados pelo Modelo Híbrido, o passo seguinte foi aplicá-lo ao Cometa 67P/CG e obter a variação temporal do gás e da poeira, durante as passagens periélicas de 1982, 1996 e 2002, disponíveis na literatura. A preferência por essa escolha seguiu sugestão apresentada pelo Professor Doutor Amaury Augusto de Almeida, do Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da Universidade de São Paulo (IAG/USP), com os seguintes argumentos: a) o Cometa dispõe de dados observacionais relativos a três retornos periélicos; b) os resultados aqui obtidos para a poeira podem ser comparados com aqueles disponíveis através do MFPPC, e c) o Cometa 67P/CG é o objeto-alvo da Missão *ROSETTA*.

Os dados observacionais aparecem mostrados na TABELA 4.3 onde, na primeira coluna aparecem as datas das observações [em TU]; nas colunas 2 e 3 encontram-se as distâncias r e Δ [em UA]; na quarta coluna foram colocados os ângulos de fase, α [em $^\circ$]; enquanto que, nas três últimas colunas da TABELA 4.3, aparecem os raios de aberturas dos instrumentos usados, S [em km], os parâmetros M e as funções de espalhamento [em radianos], respectivamente. Por sua vez, os resultados obtidos com a aplicação do Modelo Híbrido são apresentados nas TABELAS 4.4 e 4.5 e nas FIGURAS 1 a 6.

Para cada um dos retornos periélicos investigados, a TABELA 4.4 apresenta, na primeira coluna, as distâncias heliocêntricas r [em UA]; as taxas de produção de gás, q_g [em $g\ s^{-1}$] na segunda coluna; os correspondentes valores de $Af\rho$ [em cm] na coluna três; as velocidades das partículas de poeira, v_p [em $km\ s^{-1}$], na coluna quatro, bem como as temperaturas de corpo negro dos grãos de poeira cometários, T [em K], na coluna seguinte. Nas três últimas colunas aparecem

as dimensões efetivas médias das partículas de poeira, α [em μm], as taxas de perda de poeira, q_p [em g s^{-1}], e as razões poeira-gás, χ [adimensional], respectivamente.

Os resultados mostrados nas três últimas colunas da TABELA 4.4 para a poeira, obtidos com a aplicação do Modelo Híbrido, são comparados com aqueles que foram deduzidos a partir do MFPPC (NEWBURN & SPINRAD, 1985, 1989), apresentados na segunda entrada da mesma Tabela. Para o conjunto de dados observacionais de STORRS, COCHRAN & BARKER (1992), os resultados aqui obtidos (primeira entrada) são comparados com aqueles obtidos por TREVISAN SANZOVO (2006), colocados na segunda entrada. É importante esclarecer aqui que TREVISAN SANZOVO (2006) aplicou o MFPPC utilizando uma densidade nuclear $\rho_N = 0,5 \text{ g cm}^{-3}$, diferentemente daquela aqui utilizada ($\rho_N = 0,3 \text{ g cm}^{-3}$), fornecido por GREENBERG & HAGE (1990).

Para todos os resultados obtidos a partir das observações de SCHLEICHER (2006), mostrados na TABELA 4.4, as taxas de produção de gás, q_g [em g s^{-1}], foram deduzidas a partir das respectivas taxas de produção do radical hidroxila (OH), levando-se em conta que a água (H_2O), o principal componente volátil presente nos cometas, sofre fotodissociação a uma taxa de $\sim 85\%$ (HUEBNER, KEADY & LYON, 1992). Uma vez obtidas, as taxas de produção de água, $Q(\text{H}_2\text{O})$ [em moléculas s^{-1}], foram convertidas em taxas de produção de gás [q_g , em g s^{-1}] com o uso da Equação (2.8). Para o conjunto de dados observacionais analisados a partir das observações de STORRS, COCHRAN & BARKER (1992), as taxas de produção de gás foram determinadas levando-se em conta as abundâncias fracionais envolvendo as espécies moleculares OH e CN e esse fato introduz, como será comentado mais tarde, uma menor confiabilidade nos resultados obtidos para a poeira. Os resultados conseguidos para o gás permitem concluir que, nos retornos de 1982 e 1996, a taxa de produção variou com a distância heliocêntrica segundo a lei de potência $q_g = 1,100 (\pm 0,331) \times 10^6 \cdot r^{-(5,59 \pm 0,82)} \text{ g s}^{-1}$, válida apenas para a fase pós-periódica uma vez que, na fase pré-periódica, não se conseguiu uma lei de potência suficientemente conclusiva.

Os dados observacionais relativos à passagem periódica de 2002 foram obtidos de SCHULZ, STÜWE & BOEHNHARDT (2004), para o intervalo de comprimentos de onda $\lambda = 5200\text{-}5250 \text{ \AA}$ e os resultados contidos na TABELA 4.4

foram deduzidos levando-se em conta uma dimensão efetiva média para as partículas de poeira cometária, $\langle \alpha \rangle = 2,2 \mu\text{m}$, resultante dos retornos de 1982 e 1996.

Todos os resultados apresentados para a poeira na TABELA 4.4 foram deduzidos considerando-se um núcleo cometário esférico, de raio $R_N = 2,0 \text{ km}$ correspondendo a uma fração de área ativa de $\sim 10\%$ do hemisfério iluminado pelo Sol; densidades de poeira e núcleo dadas por $1,0$ e $0,3 \text{ g cm}^{-3}$, respectivamente, e albedo geométrico, $p(\lambda) = 0,04$. A dimensão do núcleo adotada neste Trabalho é coerente com diversos resultados apresentados na literatura: $R_N = 1,98 \pm 0,02 \text{ km}$, determinado por LAMY ET AL. (2006) a partir das observações com o sistema fotométrico Johnson-Kron-Cousins; $R_N = 2,1 \text{ km}$, deduzido por TREVISAN SANZOVO (2006), usando o Modelo de Vaporização da Água, de A'HEARN & COWAN (1975) e DELSEMME (1982), e $R_N = 2,5 \text{ km}$, calculado por TRANCREDI ET AL. (2000) e disponibilizado em um Catálogo que contempla 105 Cometas da Família de Júpiter. Para o núcleo esférico (assumido) do Cometa 67P/CG, esse raio nuclear é consistente com uma massa $M_N = 1 \times 10^{16} \text{ g}$, se a densidade nuclear, $\rho_N = 0,3 \text{ g cm}^{-3}$ é utilizada. Esse resultado concorda com aquele, $M_N = 1,55 \times 10^{16} \text{ g}$, fornecido por LAMY ET AL. (2006). Se forem levadas em conta possíveis incertezas nos valores da densidade do núcleo de modo que o intervalo $0,1$ a $0,5 \text{ g cm}^{-3}$ possa ser considerado, a massa do núcleo irá variar entre $3,4 \times 10^{15}$ e $1,67 \times 10^{16} \text{ g}$, respectivamente. Com a adoção dos parâmetros acima citados, as taxas de perda de massa, na forma de poeira, q_p [em g s^{-1}], foram obtidas através da estrutura do Modelo Híbrido, de modo que o seu comportamento com r [em UA] é dado pela lei de potência $1,685 (\pm 0,311) \times 10^5 \cdot r^{-(3,79 \pm 0,66)} \text{ g s}^{-1}$, válida para todas as passagens aqui analisadas.

Vamos descrever em detalhes, o modo como o Modelo Híbrido determina as taxas de perda de poeira, analisando as observações realizadas por SCHLEICHER (2006) em 14,52 de dezembro de 1982, quando as distâncias heliocêntrica e geocêntrica do Cometa 67P/CG eram $1,362$ e $0,408 \text{ UA}$, respectivamente. Para esta data observacional, os ângulos de fase e espalhamento valem $\alpha = 18,7^\circ$ e $\phi = 0,669$ radianos, enquanto que a abertura do diafragma utilizado na observação correspondia a $S = 2,027 \times 10^8 \text{ cm}$ e $A_f = 275 \text{ cm}$, para $\lambda = 3675 \text{ \AA}$. Um cálculo simples, complementar, revela que a secção de choque das partículas

de poeira com dimensão efetiva, $\alpha = 3,46 \times 10^{-4}$ cm (ver TABELA 4.4), vale $\sigma_p = 3,761 \times 10^{-7}$ cm². Desse modo, o número de partículas de poeira que abandona o diafragma é $N_p (= \pi \cdot \rho \cdot A f \rho / 4 \phi \cdot p \cdot \sigma_p) = 4,350 \times 10^{18}$ grãos. Como o modelo admite partículas esféricas, a massa de cada partícula que abandona o diafragma utilizado na observação vale $1,735 \times 10^{-10}$ g, implicando em uma massa total $M_t = 7,547 \times 10^8$ g. Desse modo, quando se aplica esses resultados na Equação (3.22), obtém-se $q_p = 1,55 \times 10^5$ g s⁻¹, conforme é mostrado na TABELA 4.4. Para essa mesma data observacional, a taxa de produção de gás, deduzida a partir da taxa de produção do radical OH, vale $q_g = 5,08 \times 10^5$ g s⁻¹. Portanto, em 14,52 de dezembro de 1982, o Cometa 67P/CG perdeu $Q_T = 662$ kg de massa em cada segundo, na forma combinada de gás e de poeira, apresentando uma razão poeira-gás equivalente a 30%. A taxa de perda de poeira aqui obtida concorda bem com aquela deduzida usando o modelo fotométrico de NEWBURN & SPINRAD (1985, 1989), $q_p = 1,49 \times 10^5$ g s⁻¹, conforme se pode verificar, na segunda entrada da TABELA 4.4.

Aplicando-se o teste de confiança através das médias percentuais, descrito na Seção 4.1, as taxas de perdas de poeira determinadas pelo Modelo Híbrido são, em média, 13% diferentes daquelas obtidas através do MFPPC. Esse percentual é ligeiramente superior àquele (11%) obtido para os Cometas C/Bradfield, 45P/Honda-Mrkos-Pajdusakova e 81P/Wild 2, apresentada na Seção 4.1. A discrepância aqui obtida é atribuída ao conjunto de dados observacionais de STORRS, COCHRAN & BARKER (1992), cujas taxas de produção de gás foram deduzidas usando-se o método das abundâncias fracionais típicas, que foram aplicadas ao Cometa 67P/CG, de acordo com as prescrições de OSIP, SCHLEICHER & MILLIS (1992). Conforme se pode notar [Equações (2.8) a (2.10)], a margem de erro com a aplicação do Método das Abundâncias Fracionais chega a quase 50%.

Para as passagens periélicas de 1982 e 1996, os parâmetros A_f foram obtidos com $\lambda = 3675$ e 5240 Å e com $\lambda = 3650$ e 4845 Å, respectivamente, a partir das observações realizadas por SCHLEICHER (2006). Esses conjuntos de dados observacionais permitiram que se fizesse uma estimativa da cor das partículas de poeira através do excesso de cor (EC), com o uso da Equação (3.16). Os resultados obtidos são mostrados na TABELA 4.5, e indicam que a cor da poeira é avermelhada, com relação à cor solar, neutra, durante essas duas passagens

periélicas, com exceção às observações realizadas em 10,24 de Março de 1983 (ligeiramente neutra, com $EC = 0,08$) e em 25,15 de fevereiro de 1996, quando a poeira apresentou-se com cor azulada ($EC = -0,35$), em relação à cor neutra, solar.

Para os três retornos do Cometa 67P/CG investigados neste Trabalho, os comportamentos do gás e da poeira com a distância heliocêntrica podem ser visualizados, também, nas FIGURAS 1 e 2, respectivamente, enquanto que o comportamento do parâmetro Afp , com r é mostrado na FIGURA 3. Todos esses resultados mostram que as taxas de perda de massa, tanto na forma de gás, quanto na forma de poeira, crescem à medida que o cometa se aproxima do periélio e decrescem com o aumento da distância heliocêntrica, após a sua passagem pelo periélio. Esses gráficos também evidenciam uma assimetria pós-periélica, com pico de produtividade ocorrendo cerca de trinta dias após a máxima aproximação de 67P/CG do Sol. Essa conclusão foi inicialmente constatada por OSIP, SCHLEICHER & MILLIS (1992) e confirmada, posteriormente, por SCHLEICHER (2006) e AGARWAL, MÜLLER & GRÜN (2010).

As FIGURAS 4 e 5 apresentam as dependências das temperaturas associadas à poeira e das razões poeira-gás com a distância heliocêntrica, respectivamente. Para o Cometa 67P/CG, uma análise da FIGURA 4 permite concluir que a temperatura de corpo negro associada aos grãos cometários obedece à lei de potência $T = K \cdot r^{-n}$ [em K], [em K], onde $K = 278,068061(\pm 0,000036)$ e $n = (0,49978 \pm 0,00008)$. Por sua vez, a FIGURA 5 revela que o cometa-alvo da Missão ROSETTA possui uma razão poeira-gás compreendida entre $0,17 < \chi < 1,42$, com valor médio de $\langle \chi \rangle = 0,47$ sendo classificado, portanto, como pertencente à família de cometas com razão poeira-gás intermediária (SANZOVO, SINGH & HUEBNER., 1996). Esse resultado está de acordo com aqueles obtidos por SCHLEICHER (2006) e TRANCREDI ET AL. (2000).

A FIGURA 6 compara a produtividade do cometa 67P/CG com as produtividades dos demais cometas da amostra descrita na Seção 4.1. Nesse caso, a produtividade é representada pela taxa de perda de massa total Q_T [em $g \cdot s^{-1}$] em função da distância heliocêntrica, r [em UA], para pontos pré-periélicos (com valores negativos para r) e pós-periélicos, onde se representa valores positivos para r . A FIGURA 6 é particularmente importante uma vez que consegue comparar as atividades dos 14 cometas da amostra com aquela apresentada por 67P/CG. Assim,

os cometas C/Levy e 1P/Halley são, no mínimo, duas ordens de grandeza mais produtivos que o Cometa 67P/CG, enquanto que 2P/Encke, 81P/Wild 2, 22P/Kopff e 38P/Stephan-Oterma apresentam o mesmo nível de produtividade.

4.3. RESULTADOS ASSOCIADOS À MISSÃO *ROSETTA*

A TABELA 4.6 resume algumas propriedades do gás e da poeira para os Cometas 1P/Halley, 19P/Borrelly, 81P/Wild 2, 9P/Tempel 1, 103P/Hartley 2 e 67P/CG, alvos das Missões *GIOTTO*, *DEEP SPACE 1*, *STARDUST*, *DEEP IMPACT*, *EPOXI* e *ROSETTA*, respectivamente. Nela, aparecem o período orbital [em anos], os raios nucleares [em km] e as respectivas áreas ativas [em km² e %] associadas, as aparições investigadas e as dependências com a distância heliocêntrica das leis de potência (para o gás e a poeira) além dos intervalos de valores de Afp [em cm]. Nesta mesma TABELA, também são apresentados os intervalos relativos às dimensões efetivas médias das partículas de poeira [a , em μm], as perdas de massa totais [Q_T , em kg s⁻¹] e as razões poeira-gás [χ adimensional]. As referências são citadas na última coluna da TABELA.

A análise que fazemos sobre os objetos apresentados na TABELA 4.6 permite concluir que o Cometa Halley, ao perder $\sim 6100 \text{ kg s}^{-1}$, para $r = 1,6 \text{ UA}$, é o mais produtivo enquanto que Hartley 2 ($Q_T \sim 52,3 \text{ kg s}^{-1}$) é o menos produtivo. Borrelly e Wild 2 possuem o mesmo nível de produtividade para essa mesma distância heliocêntrica, sendo cerca de quatro vezes mais produtivos que 67P/CG. A TABELA 4.6 também induz a que se pense que Tempel 1 e 67P/CG apresentem a mesma produtividade na fase pós-periélica, com $r = 1,6 \text{ UA}$, enquanto que o alvo da Missão *ROSETTA* é cerca de cinco vezes mais produtivo que Hartley 2.

Podemos fazer uma estimativa das taxas de perda de massa totais do Cometa 67P/CG durante o encontro com a Missão *ROSETTA* em 2014, considerando-se que o cometa manterá o mesmo nível de produtividade apresentado em 1982, 1996 e 2002. Para essa análise devemos também considerar que as leis de potência são válidas para ambas as fases periélicas. Dessa forma, em Maio de 2014, quando a distância heliocêntrica será $r = 4,5 \text{ UA}$, estima-se que o cometa estará perdendo massa, na forma de gás e poeira, a uma taxa $Q_T \sim 0,8 \text{ kg s}^{-1}$.

¹. Por sua vez, a acoplagem do “lander” *PHILAE* sobre a superfície do núcleo está prevista para 10 de Novembro de 2014, quando $r = 3,0$ UA, de modo que, na oportunidade, a taxa de perda de massa total deverá ser $Q_T \sim 5,0 \text{ kg s}^{-1}$. De acordo com SCHULZ (2010), o cometa alcançará o periélio em 12 de Agosto de 2015, ocasião em que sua distância heliocêntrica será $\sim 1,24$ UA. Assim, se as leis de potência aqui obtidas forem consideradas válidas, nesta data observacional, 67P/CG deverá perder massa a uma taxa de $Q_T \sim 4,05 \times 10^5 \text{ g s}^{-1}$, ou seja, 405 kg s^{-1} .

A utilização do Modelo Híbrido apresenta algumas vantagens em relação aos dois modelos descritos no Capítulo 3. As principais são:

- Ele é decorrente da combinação entre os dois modelos existentes na Literatura.
- O Modelo Híbrido permite o cálculo das taxas de perda de massa da poeira, q_p [em g s^{-1}], diretamente a partir dos parâmetros $Af\rho$, ou seja, sem o uso explícito de todas as variáveis que são utilizadas no MFPPC. Mais que isso, se o parâmetro $Af\rho$ é conhecido, não há mais a necessidade de se usar os fluxos no contínuo para os comprimentos de onda envolvidos nas observações. É importante ressaltar aqui que, ao longo do tempo esses fluxos não aparecem mais disponibilizados nos artigos que tratam da poeira cometária.
- O modelo permite o cálculo da dimensão efetiva das partículas de poeira cometárias em cada data observacional; ou seja, não há a necessidade de se adotar uma mesma dimensão efetiva média para a poeira no cálculo das taxas de perda de massa da poeira. A adoção de uma mesma dimensão efetiva média, a , das partículas de poeira cometárias só é conveniente quando o número de observações a ser analisado é pequeno e, mesmo assim, ele implica em uma margem maior de erros.
- Finalmente, no uso do modelo de A'HEARN ET AL. (1984), o cálculo das taxas de perda de poeira é quantificado pelo próprio parâmetro $Af\rho$, medido em partículas.cm perdidas, sendo difícil a sua compreensão e

quantificação em termos de massa perdida por unidade de tempo. Neste sentido, como o modelo ora proposto se baseia na relação entre o produto área-albedo e o próprio parâmetro $Af\rho$, pode-se dizer que o Modelo Híbrido realiza essa transformação fazendo com que o resultado seja visualizado diretamente em termos da quantidade de massa perdida na forma de poeira.

REFERÊNCIAS

- AGARWAL, J.; MÜLLER, M & GRÜN, E.: 2010, Dust Environment Modelling of Comet 67P/Churyumov-Gerasimenko. *arXiv:1001.301v1 [astro-ph.EP]*
- A'HEARN, M. F. & COWAN, J. J.: 1975, Molecular production rates in comet Kohoutek. *AJ*, **80**, 852
- A'HEARN, M. F.; SCHLEICHER, D. G.; FELDMAN, P. D.; MILLIS, R. L. & THOMPSON, D. T.: 1984, Comet Bowell (1980b). *AJ*, **89**, 579
- A'HEARN, M. F.; MILLIS, R. L. & BIRCH, P. V.: 1981, Comet Bradfield 1979X: The Gassiest Comet ?. *AJ*, **86**, 1559
- DE ALMEIDA, A. A.; SANZOVO, G. C.; SINGH, P. D.; MISRA, A.; MIGUEL TORRES, R.; BOICE, D. C. & HUEBNER, W. F.: 2007, On the relationship between visual magnitudes and gas and dust production rates in target comets to space missions. *Adv. Space Res.*, **39**, 432
- DISANTI, M. A & FINK, U.: 1991, Composition comparison between Comets P/Halley and P/Brosen-Metcalf. *Icarus*, **91**, 105
- GREENBERG, J. M. & HAGE, J. I.: 1990, From Interstellar Dust to Comets: A Unification of Observational Constraints. *ApJ*, **361**, 260
- HUEBNER, W. F.; KEADY, J. J. & LYON, S. T.: 1992, "Solar Photo Rates for Planetary Atmospheres and Atmospheric Pollutants". Kluwer Academic Publisher, Bélgica, p. 246
- LAMY, P. L.; TOTH, I.; WEAVER, H. A.; JORDA, L.; KAASALAINEN, M. & GUTIÉRREZ, P. J.: 2006, Hubble Space Telescope observations of the nucleus and inner coma of comet 67P/Churyumov-Gerasimenko. *A&A*, **458**, 669
- MILLIS, R. L.; A'HEARN, M. F. & THOMPSON, D. T.: 1982, Narrowband Photometry of Comet P/Stephan-Oterma and the Backscattering Properties of Cometary Grains. *AJ*, **87**, 1310
- NEWBURN, R. L. & SPINRAD, H.: 1985, Spectrophotometry of seventeen comets. II – The continuum. *AJ*, **90**, 2591
- NEWBURN, R. L. & SPINRAD, H.: 1989, Spectrophotometry of 25 Comets: Post-Halley updates for 17 Comets plus new observations for eight additional Comets. *AJ*, **97**, 552
- OSIP, D. J.; SCHLEICHER, D. G. & MILLIS, R. L.: 1992, Comets: Groundbased observations of spacecraft mission candidates. *Icarus*, **98**, 115
- SANZOVO, G. C.; SINGH, P. D. & HUEBNER, W. F.: 1996, Dust colors, dust release rates, and dust-to-gas ratios in the comae of six comets. *A&ASS*, **120**, 301

- SANZOVO, G. C.; TREVISAN SANZOVO, D. & DE ALMEIDA, A. A.: 2010, On the relationship between gas and dust in 15 comets: an application to Comet 103P/Hartley 2 target of the NASA EPOXI mission of opportunity. *Icy Bodies of the Solar System, Proceedings of the International Astronomical Union, IAU Symposium*, **263**, p. 272
- SCHLEICHER, D. G.; MILLIS, R. L. & BIRCH, P. V.: 1987, Photometric observations of comet P/Giacobini-Zinner. *A&A*, **187**, 531
- SCHLEICHER, D. G.; MILLIS, R. L.; OSIP, D. J. & BIRCH, P. V.: 1991, Comet Levy (1990c): Groundbased photometric results. *Icarus*, **94**, 511
- SCHLEICHER, D. G.; MILLIS, R. L. & BIRCH, P. V.: 1998, Narrowband Photometry of Comet P/Halley: Variation with Heliocentric Distance, Season, and Solar Phase Angle. *Icarus*, **132**, 397
- SCHLEICHER, D. G.: 2006, Compositional and physical results for Rosetta's new target Comet 67P/Churyumov-Gerasimenko from narrowband photometry and imaging. *Icarus*, **181**, 442
- SCHULZ, R.; STÜWE, J. A. & BOEHNHARDT, H.: 2004, Rosetta target comet 67P/Churyumov-Gerasimenko. *A&A*, **442**, L19
- SCHULZ, R.: 2010, The Rosetta Mission: Comets and Asteriod Exploration. *Icy Bodies of the Solar System, Proceedings of the International Astronomical Union, IAU Symposium*, **263**, 312
- STORRS, A. D.; COCHRAN, A. L. & BARKER, E. S.: 1992, Spectrophotometry of the Continuum in 18 Comets. *Icarus*, **98**, 163
- TANCREDI, G.; FERNÁNDEZ, J. A.; RICKMAN, H. & LICANDRO, J.: 2000, A Catalog of observed nuclear magnitudes fo Jupiter family comets. *A&A*, **146**, 73
- TREVISAN SANZOVO, D.: 2006, Correlação Gás-Poeira em 14 Cometas: Uma Aplicação ao Cometa 85P/Boethin. *Dissertação de Mestrado*, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, Paraná

Tabela 4.1.– Dados Observacionais Básicos

Coluna 1. Entrada da Série de dados.

Coluna 2. Data das observações [em TU].

Coluna 3. Distância Heliocêntrica, r [em UA].

Coluna 4. Distância Geocêntrica, Δ [em UA].

Coluna 5. Ângulo de fase do cometa, α [em $^\circ$].

Coluna 6. Raio de abertura do espectrógrafo, S [em km].

Coluna 7. Parâmetro M .

Coluna 8. Função de espalhamento, ϕ [em rad.]

Tabela 4.1.– Dados Observacionais Básicos

Série de Dados	Data [TU]	r [UA]	Δ [UA]	α [°]	S [km]	M	ϕ [rad]
			C/Bowell				
1	14,52/Nov/1980	5,554	6,116	8,0	43.496	39	0,826
2	05,43/Jan/1981	5,254	5,035	10,7	51.123	38	0,783
3	12,36/Mar/1981	4,787	3,822	3,3	27.165	36	0,928
4	05,41/Abr/1981	4,636	3,649	2,3	51.208	35	0,950
5	06,39/Abr/1981	4,630	3,646	2,6	17.981	35	0,950
6	30,53/Jan/1982	3,387	3,834	14,0	38.928	29	0,730
7	06,51/Mar/1982	3,364	3,381	16,9	45.976	29	0,693
8	24,49/Mar/1982	3,366	3,144	17,2	42.753	29	0,691
9	26,35/Mar/1982	3,366	3,120	17,2	56.343	29	0,691
10	27,32/Mar/1982	3,367	3,107	17,1	27.829	29	0,691
11	28,33/Mar/1982	3,367	3,094	17,1	20.083	29	0,691
12	29,37/Mar/1982	3,368	3,081	17,1	110.16	29	0,691
					0		
13	23,54/Abr/1982	3,388	2,785	15,0	39.891	29	0,717
14	24,50/Abr/1982	3,390	2,775	14,9	49.912	29	0,717
15	25,55/Abr/1982	3,391	2,764	14,8	25.158	29	0,717
16	28,49/Abr/1982	3,394	2,735	14,3	39.175	29	0,717
17	28,44/Abr/1982	3,394	2,735	14,4	27.770	29	0,717
18	28,44/Abr/1982	3,394	2,735	14,4	9.521	29	0,717
19	30,45/Abr/1982	3,397	2,716	14,0	2.167	29	0,730
20	30,45/Abr/1982	3,397	2,716	14,0	9.455	29	0,730
21	29,40/Mai/1982	3,447	2,513	7,7	17.861	29	0,833
22	30,39/Mai/1982	3,449	2,509	7,4	17.833	29	0,833
23	24,32/Jun/1982	3,509	2,493	0,2	17.719	29	0,980
			C/Bradfield				
24	28,83/Dez/1979	0,570	1,082	65,0	60.816	10	0,464
25	29,82/Dez/1979	0,577	1,048	67,0	58.905	10	0,464
26	02,81/Jan/1980	0,613	0,909	78,0	51.092	10	0,464
27	03,82/Jan/1980	0,623	0,874	80,0	49.125	10	0,464
28	07,81/Jan/1980	0,671	0,729	89,0	40.975	11	0,520
29	09,82/Jan/1980	0,697	0,655	93,0	36.815	11	0,552
30	10,80/Jan/1980	0,710	0,620	95,0	34.848	11	0,572
31	16,80/Jan/1980	0,798	0,406	105,0	22.820	12	0,703
32	17,82/Jan/1980	0,814	0,372	106,0	20.909	12	0,719
33	18,83/Jan/1980	0,829	0,339	107,0	19.054	12	0,735
34	20,81/Jan/1980	0,860	0,280	108,0	15.738	12	0,751
35	29,29/Jan/1980	0,996	0,239	80,0	9.620	13	0,464
36	30,27/Jan/1980	1,012	0,262	77,0	10.546	14	0,464
37	01,12/Fev/1980	1,042	0,314	71,0	11.250	14	0,464
38	02,13/Fev/1980	1,059	0,345	68,0	12.360	14	0,464
39	05,28/Fev/1980	1,110	0,451	62,0	18.153	14	0,464
40	06,25/Fev/1980	1,126	0,485	61,0	19.522	15	0,464
41	08,28/Fev/1980	1,159	0,557	58,0	22.420	15	0,464
42	09,28/Fev/1980	1,176	0,593	57,0	23.869	15	0,464
43	12,28/Fev/1980	1,224	0,702	54,0	28.256	15	0,478
44	09,16/Mar/1980	1,633	1,633	35,0	31.681	18	0,551
45	10,13/Mar/1980	1,648	1,666	35,0	32.321	18	0,551

Tabela 4.1.– (Cont.)

Série de Dados	Data [TU]	r [UA]	Δ [UA]	α [°]	S [km]	M	ϕ [rad]
23P/Brorsen-Metcalf							
46	04/Ago/1989	0,970	0,630	75,4	9.458	13	0,464
47	04/Ago/1989	0,970	0,630	75,4	31.527	13	0,464
48	08/Ago/1989	0,910	0,620	80,6	9.308	13	0,464
49	08/Ago/1989	0,910	0,620	80,6	31.026	13	0,464
50	12/Ago/1989	0,840	0,640	85,3	9.608	12	0,493
51	12/Ago/1989	0,840	0,640	85,3	32.027	12	0,493
52	14/Ago/1989	0,800	0,650	88,0	9.758	12	0,522
53	14/Ago/1989	0,800	0,650	88,0	32.527	12	0,522
54	16/Ago/1989	0,770	0,670	89,1	10.058	12	0,522
55	16/Ago/1989	0,770	0,670	89,1	33.528	12	0,522
56	19/Ago/1989	0,720	0,700	90,9	10.590	11	0,522
57	19/Ago/1989	0,720	0,700	90,9	35.030	11	0,522
21P/Giacobini-Zinner							
58	15,34/Jun/1985	1,507	1,001	42,0	7.100	17	0,522
59	15,43/Jun/1985	1,507	1,001	42,0	5.000	17	0,522
60	16,29/Jun/1985	1,498	0,991	42,4	7.000	17	0,522
61	16,36/Jun/1985	1,498	0,991	42,4	7.000	17	0,522
62	16,43/Jun/1985	1,498	0,991	42,4	4.900	17	0,522
63	11,36/Ago/1985	1,087	0,546	67,4	5.900	14	0,464
64	11,43/Ago/1985	1,087	0,546	67,4	3.900	14	0,464
65	12,37/Ago/1985	1,082	0,541	67,9	5.400	14	0,464
66	12,43/Ago/1985	1,082	0,541	67,9	7.600	14	0,464
67	12,46/Ago/1985	1,082	0,541	67,9	2.700	14	0,464
68	13,42/Ago/1985	1,078	0,535	68,4	5.400	14	0,464
69	20,37/Ago/1985	1,053	0,502	71,3	5.000	14	0,464
70	09,37/Set/1985	1,030	0,469	74,0	6.400	14	0,464
71	09,42/Set/1985	1,030	0,469	74,0	6.400	14	0,464
72	09,45/Set/1985	1,030	0,469	74,0	4.500	14	0,464
73	09,48/Set/1985	1,030	0,469	74,0	9.100	14	0,464
74	12,42/Set/1985	1,033	0,473	73,5	9.500	14	0,464
75	12,44/Set/1985	1,033	0,473	73,5	9.500	14	0,464
76	12,46/Set/1985	1,033	0,473	73,5	6.600	14	0,464
77	13,45/Set/1985	1,035	0,475	73,3	9.500	14	0,464
78	16,39/Set/1985	1,041	0,482	72,5	4.800	14	0,464
79	17,47/Set/1985	1,043	0,485	72,1	4.900	14	0,464
80	13,59/Out/1985	1,159	0,613	59,5	6.100	15	0,464
81	15,47/Out/1985	1,173	0,626	58,4	4.400	15	0,464
82	07,47/Nov/1985	1,346	0,768	46,8	10.500	16	0,507
83	20,45/Nov/1985	1,457	0,845	41,1	16.400	17	0,522
C/Levy							
84	03,41/Jun/1990	2,420	2,708	21,9	52.438	23	0,638
85	04,42/Jun/1990	2,408	2,681	22,2	51.915	23	0,636
86	05,42/Jun/1990	2,396	2,654	22,4	51.392	23	0,635
87	06,44/Jun/1990	2,383	2,626	22,7	50.850	23	0,630
88	20,81/Jun/1990	2,209	2,223	26,5	124.867	22	0,605
89	21,42/Jun/1990	2,197	2,194	26,8	87.436	22	0,603

Tabela 4.1.– (Cont.)

Série de Dados	Data [TU]	r [UA]	Δ [UA]	α [°]	S [km]	M	ϕ [rad]
90	26,79/Jun/1990	2,131	2,034	28,1	114.251	22	0,594
91	20,33/Jul/1990	1,835	1,300	32,5	18.338	20	0,565
92	21,33/Jul/1990	1,822	1,268	32,5	17.886	20	0,565
93	22,41/Jul/1990	1,810	1,238	32,6	12.390	20	0,565
94	25,30/Jul/1990	1,773	1,148	32,6	62.402	19	0,565
95	26,34/Jul/1990	1,760	1,115	32,5	60.608	19	0,565
96	28,36/Jul/1990	1,735	1,054	32,3	14.333	19	0,565
97	18,27/Ago/1990	1,477	0,501	17,9	6.813	17	0,680
98	19,27/Ago/1990	1,464	0,484	17,3	9.267	17	0,680
99	20,19/Ago/1990	1,454	0,472	16,9	6.418	17	0,693
100	21,28/Ago/1990	1,441	0,458	16,9	6.228	17	0,693
101	21,62/Ago/1990	1,436	0,453	17,0	13.141	17	0,691
102	22,27/Ago/1990	1,429	0,448	17,7	6.092	17	0,682
103	22,57/Ago/1990	1,425	0,444	17,7	18.194	17	0,682
104	23,30/Ago/1990	1,417	0,439	18,7	6.193	17	0,669
105	24,28/Ago/1990	1,405	0,433	20,5	6.108	17	0,652
106	25,21/Ago/1990	1,393	0,430	22,9	8.233	17	0,631
107	26,25/Ago/1990	1,381	0,429	25,4	5.834	17	0,613
108	27,23/Ago/1990	1,370	0,430	27,9	5.847	16	0,595
109	29,24/Ago/1990	1,347	0,441	33,6	5.997	16	0,559
110	30,57/Ago/1990	1,332	0,453	37,3	13.141	16	0,537
111	04,52/Set/1990	1,275	0,526	48,7	15.259	16	0,493
112	05,52/Set/1990	1,264	0,545	50,4	15.810	16	0,493
113	09,14/Set/1990	1,226	0,620	55,0	8.701	15	0,478
114	11,55/Set/1990	1,200	0,677	57,0	9.722	15	0,464
115	12,52/Set/1990	1,190	0,701	57,6	20.336	15	0,464
116	13,57/Set/1990	1,180	0,725	58,0	10.411	15	0,464
117	20,53/Set/1990	1,112	0,900	58,7	26.109	14	0,464
118	26,55/Set/1990	1,061	1,051	56,7	30.489	14	0,464
119	27,54/Set/1990	1,053	1,075	56,2	31.186	14	0,464
120	26,75/Dez/1990	1,426	1,595	37,5	89.592	17	0,536
121	27,76/Dez/1990	1,438	1,583	37,6	88.918	17	0,536
122	18,47/Jan/1991	1,704	1,306	35,1	35.614	19	0,551
123	19,76/Jan/1991	1,721	1,291	34,5	36.422	19	0,551
124	13,35/Fev/1991	2,029	1,154	17,2	11.089	21	0,689
125	06,59/Mar/1991	2,294	1,397	13,6	78.470	23	0,736
126	07,23/Mar/1991	2,301	1,408	13,8	27.265	23	0,736
127	07,52/Mar/1991	2,305	1,415	14,0	79.481	23	0,730
128	09,56/Mar/1991	2,330	1,456	14,7	81.784	23	0,717
129	12,63/Mar/1991	2,369	1,522	15,7	60.655	23	0,708
130	13,27/Mar/1991	2,375	1,534	16,0	20.860	23	0,704
131	17,53/Mar/1991	2,428	1,636	17,4	91.895	23	0,686
132	18,23/Abr/1991	2,811	2,524	20,8	34.597	26	0,652
133	19,18/Abr/1991	2,821	2,550	20,8	69.537	26	0,652
134	05,17/Mai/1991	3,006	3,024	19,3	82.462	27	0,661
38P/Stephan-Oterma							
135	03,45/Set/1980	1,950	1,429	30,0	14.509	20	0,580

Tabela 4.1.– (Cont.)

Série de Dados	Data [TU]	r [UA]	Δ [UA]	α [°]	S [km]	M	ϕ [rad]
136	04,55/Out/1980	1,755	1,023	29,5	20.032	19	0,580
137	06,52/Out/1980	1,744	1,001	29,3	19.601	19	0,580
138	10,42/Out/1980	1,724	0,958	28,9	17.787	19	0,580
139	10,54/Out/1980	1,723	0,957	28,9	6.975	19	0,580
140	12,53/Out/1980	1,713	0,936	28,6	12.864	19	0,580
141	19,49/Out/1980	1,681	0,866	27,4	16.956	19	0,580
142	20,60/Out/1980	1,676	0,856	27,2	11.764	19	0,580
143	29,30/Out/1980	1,642	0,779	25,1	17.147	18	0,616
144	08,35/Nov/1980	1,611	0,704	21,6	19.861	18	0,652
145	14,41/Nov/1980	1,596	0,667	18,9	4.741	18	0,667
146	01,29/Dez/1980	1,575	0,602	9,2	4.279	18	0,783
147	10,35/Dez/1980	1,576	0,593	3,6	4.215	18	0,922
148	11,24/Dez/1980	1,576	0,593	3,2	6.021	18	0,922
149	11,32/Dez/1980	1,576	0,593	3,1	4.215	18	0,922
150	03,21/Jan/1981	1,617	0,663	13,2	9.106	18	0,754
151	06,22/Abr/1981	2,170	1,811	27,2	25.415	22	0,594
1P/Halley							
152	13,4/Out/1985	2,177	1,640	25,7	16.596	22	0,611
153	15,3/Out/1985	2,151	1,578	25,6	15.849	22	0,612
154	7,3/Nov/1985	1,830	0,904	15,7	17.378	20	0,707
155	8,4/Nov/1985	1,816	0,879	14,7	16.982	20	0,722
156	10,2/Nov/1985	1,789	0,836	12,5	16.218	19	0,748
157	19,3/Nov/1985	1,657	0,670	3,0	12.882	18	0,942
158	20,3/Nov/1985	1,642	0,658	5,0	12.882	18	0,894
159	22,2/Nov/1985	1,614	0,640	9,2	12.303	18	0,799
160	23,3/Nov/1985	1,599	0,632	11,5	12.303	18	0,764
161	04,3/Dez/1985	1,433	0,658	36,5	25.119	17	0,542
162	05,2/Dez/1985	1,419	0,668	38,2	25.704	17	0,532
163	14,2/Dez/1985	1,282	0,807	50,2	21.878	16	0,492
164	17,1/Dez/1985	1,236	0,862	52,3	24.547	15	0,486
165	6,1/Jan/1986	0,930	1,256	50,9	24.547	13	0,490
166	8,1/Jan/1986	0,900	1,292	49,5	25.119	13	0,494
167	9,1/Jan/1986	0,885	1,309	48,7	25.119	12	0,497
168	10,1/Jan/1986	0,870	1,326	47,9	25.704	12	0,499
169	4,4/Mar/1986	0,766	1,194	55,8	47.863	11	0,476
170	5,4/Mar/1986	0,780	1,171	57,0	33.113	12	0,473
171	6,4/Mar/1986	0,793	1,148	58,1	32.359	12	0,469
172	7,4/Mar/1986	0,807	1,124	59,1	31.623	12	0,466
173	8,4/Mar/1986	0,821	1,101	60,1	30.903	12	0,464
174	9,3/Mar/1986	0,835	1,077	61,0	30.199	12	0,464
175	10,3/Mar/1986	0,849	1,053	61,9	29.512	12	0,464
176	11,3/Mar/1986	0,864	1,028	62,7	28.840	12	0,464
177	12,3/Mar/1986	0,878	1,003	63,4	28.184	12	0,464
178	13,3/Mar/1986	0,893	0,979	64,0	27.542	13	0,464
179	14,4/Mar/1986	0,907	0,954	64,5	26.915	13	0,464
180	15,3/Mar/1986	0,922	0,929	65,0	26.303	13	0,464

Tabela 4.1.– (Cont.)

Série de Dados	Data [TU]	r [UA]	Δ [UA]	α [°]	S [km]	M	ϕ [rad]
181	16,4/Mar/1986	0,937	0,903	65,4	25.704	13	0,464
182	17,3/Mar/1986	0,952	0,878	65,7	24.547	13	0,464
183	18,3/Mar/1986	0,967	0,853	66,0	23.988	13	0,464
184	29,3/Mar/1986	1,136	0,585	61,4	16.596	15	0,464
185	30,2/Mar/1986	1,151	0,564	60,2	15.849	15	0,464
186	1,3/Abr/1986	1,183	0,522	57,0	14.791	15	0,473
187	2,3/Abr/1986	1,197	0,504	55,2	14.125	15	0,478
188	3,3/Abr/1986	1,213	0,487	53,1	13.804	15	0,484
189	4,3/Abr/1986	1,228	0,471	50,9	13.182	15	0,490
190	5,3/Abr/1986	1,244	0,457	48,4	12.882	15	0,498
191	6,3/Abr/1986	1,259	0,445	45,7	12.589	16	0,505
192	7,2/Abr/1986	1,274	0,434	42,9	12.303	16	0,513
193	8,2/Abr/1986	1,290	0,427	40,0	12.023	16	0,522
194	9,3/Abr/1986	1,305	0,421	37,0	11.749	16	0,539
195	10,3/Abr/1986	1,320	0,418	34,0	11.749	16	0,556
196	11,3/Abr/1986	1,336	0,417	31,1	11.749	16	0,574
197	12,1/Abr/1986	1,349	0,419	28,9	11.749	16	0,588
198	13,2/Abr/1986	1,366	0,424	26,2	12.023	16	0,608
199	14,2/Abr/1986	1,381	0,431	24,2	12.023	16	0,623
200	15,2/Abr/1986	1,396	0,441	22,7	12.303	17	0,633
201	16,1/Abr/1986	1,410	0,452	21,7	12.882	17	0,641
202	17,2/Abr/1986	1,426	0,468	21,0	13.162	17	0,644
203	18,2/Abr/1986	1,441	0,484	20,9	13.804	17	0,645
204	19,0/Abr/1986	1,454	0,499	21,0	14.125	17	0,645
205	6,1/Mai/1986	1,708	0,958	30,6	26.915	19	0,576
206	8,1/Mai/1986	1,737	1,021	31,0	28.840	19	0,574
207	10,1/Mai/1986	1,767	1,087	31,2	30.903	19	0,572
208	11,1/Mai/1986	1,780	1,117	31,3	31.623	19	0,572
209	1,0/Jun/1986	2,075	1,802	29,3	35.481	21	0,585
210	2,0/Jun/1986	2,089	1,835	29,0	51.286	21	0,587
211	3,0/Jun/1986	2,103	1,868	28,8	52.481	21	0,588
212	4,0/Jun/1986	2,116	1,900	28,6	53.703	21	0,590
213	6,0/Jun/1986	2,144	1,965	28,2	54.954	22	0,593
214	7,0/Jun/1986	2,157	1,997	27,9	56.234	22	0,595
215	25,0/Jun/1986	2,397	2,562	23,3	72.443	23	0,628
216	26,0/Jun/1986	2,410	2,593	23,1	72.443	23	0,630
6P/d'Arrest							
217	17,1/Out/1982	1,349	0,897	47,62	12.589	16	0,499
218	13,1/Dez/1982	1,654	1,487	36,04	20.893	18	0,544
2P/Encke							
219	10,6/Out/1980	1,230	0,451	49,56	16.596	15	0,494
220	10,6/Out/1980	1,230	0,451	49,56	16.596	15	0,494
221	6,5/Nov/1980	0,789	0,330	118,80	13.182	12	0,948
222	8,5/Nov/1980	0,753	0,354	122,80	10.000	11	1,069
223	20,1/Fev/1984	0,902	1,460	41,66	28.184	13	0,517
224	1,1/Mar/1984	0,726	1,316	48,07	18.621	11	0,498
225	6,1/Mar/1984	0,634	1,226	53,69	33.113	10	0,482

Tabela 4.1.–(Cont.)

Série de Dados	Data [TU]	r [UA]	Δ [UA]	α [°]	S [km]	M	ϕ [rad]
226	17,7/Abr/1984	0,625	0,701	98,28	20.893	10	0,606
227	22,7/Abr/1984	0,716	0,742	87,18	13.490	11	0,505
228	2,7/Mai/1984	0,893	0,809	72,45	72.443	13	0,463
229	2,7/Mai/1984	0,893	0,809	72,45	24.547	13	0,463
230	2,7/Mai/1984	0,893	0,809	72,45	95.499	13	0,463
231	28,4/Set/1990	0,791	0,797	78,24	21.878	12	0,463
232	28,5/Set/1990	0,791	0,797	78,24	21.878	12	0,463
233	28,5/Set/1990	0,791	0,797	78,24	10.965	12	0,463
234	28,5/Set/1990	0,791	0,797	78,24	21.878	12	0,463
235	30,5/Set/1990	0,755	0,799	80,19	21.878	11	0,464
236	30,5/Set/1990	0,755	0,799	80,19	10.965	11	0,464
237	30,5/Set/1990	0,755	0,799	80,19	21.878	11	0,464
238	3,5/Out/1990	0,700	0,808	82,80	21.878	11	0,480
239	3,5/Out/1990	0,700	0,808	82,80	21.878	11	0,480
240	4,5/Out/1990	0,681	0,814	83,48	22.387	11	0,483
241	4,5/Out/1990	0,681	0,814	83,48	22.387	11	0,483
242	5,5/Out/1990	0,663	0,820	84,08	22.387	10	0,487
243	5,5/Out/1990	0,663	0,820	84,08	22.387	10	0,487
244	6,5/Out/1990	0,644	0,828	84,57	22.387	10	0,490
245	11,5/Out/1990	0,551	0,880	85,18	23.988	9	0,493
246	12,5/Out/1990	0,532	0,894	84,79	24.547	9	0,491
247	12,5/Out/1990	0,532	0,894	84,79	24.547	9	0,491
26P/Grigg-Skjellerup							
248	14,2/Jun/1982	1,076	0,361	70,72	4.898	14	0,463
249	14,3/Jun/1982	1,076	0,361	70,72	4.898	14	0,463
250	15,2/Jun/1982	1,081	0,365	69,99	7.079	14	0,463
251	23,3/Jun/1982	1,131	0,405	63,40	4.074	15	0,463
45P/Honda-Mrkos-Pajdusakova							
252	20,4/Jul/1990	1,154	0,358	58,86	5.012	15	0,467
22P/Kopff							
253	15,5/Abr/1983	1,944	1,027	16,56	5.129	20	0,697
254	16,4/Abr/1983	1,939	1,016	16,14	7.244	20	0,702
255	16,5/Abr/1983	1,939	1,016	16,14	7.244	20	0,702
256	17,4/Abr/1983	1,929	0,996	15,36	7.079	20	0,712
257	16,3/Mai/1983	1,791	0,787	5,76	7.943	19	0,874
258	17,3/Mai/1983	1,787	0,782	5,46	5.495	19	0,881
259	17,3/Mai/1983	1,787	0,782	5,46	7.762	19	0,881
260	11,3/Jun/1983	1,687	0,727	17,17	3.631	19	0,689
261	12,3/Jun/1983	1,683	0,727	17,81	1.023	19	0,680
262	10,2/Set/1983	1,607	1,134	38,45	11.220	18	0,530
9P/Tempel 1							
263	9,4/Mar/1983	1,906	0,980	15,06	9.772	20	0,716
264	16,2/Abr/1983	1,711	0,759	16,01	3.802	19	0,704
265	16,3/Abr/1983	1,711	0,759	16,01	3.802	19	0,704
266	17,3/Abr/1983	1,701	0,755	17,04	5.370	19	0,690
267	17,3/Abr/1983	1,701	0,755	17,04	5.370	19	0,690
268	16,2/Mai/1983	1,589	0,757	30,36	7.586	18	0,577

Tabela 4.1.– (Cont.)

Série de Dados	Data [TU]	r [UA]	Δ [UA]	α [°]	S [km]	M	ϕ [rad]
269	16,3/Mai/1983	1,589	0,757	30,37	5.370	18	0,577
270	17,2/Mai/1983	1,586	0,759	30,76	5.370	18	0,575
271	11,2/Jun/1983	1,519	0,827	38,72	5.888	17	0,529
272	12,3/Jun/1983	1,517	0,831	38,95	11.749	17	0,527
81P/Wild 2							
273	31,2/Jan/1984	2,422	1,915	22,62	26.915	23	0,633
274	1,3/Fev/1984	2,415	1,921	22,83	26.915	23	0,631
275	27,2/Fev/1984	2,254	2,095	25,99	20.893	22	0,608

Tabela 4.2.– Resultados e Comparações

Coluna 1. Entrada dos dados, com base na Tabela 4.1.

Coluna 2. Taxa de produção de gás, q_g [em g s^{-1}].

Coluna 3. Produto área-albedo para a poeira, $A_{pp}(\lambda)$ [em cm^2].

Coluna 4. Parâmetro $Af\rho$, [em cm].

Coluna 5. Dimensão efetiva das partículas de poeira, a [em μm].

Coluna 6. Taxa de perda de poeira, q_p [em g s^{-1}].

Coluna 7. Razão poeira-gás, χ [adimensional].

Obs: Nas colunas 5, 6 e 7 a primeira entrada apresenta os resultados obtidos neste Trabalho enquanto que a segunda entrada mostra os respectivos valores obtidos através do MFPPC.

Tabela 4.2.– Resultados e Comparações

Série de Dados	q_g [g s ⁻¹]	$A_p\rho(\lambda)$ [cm ²]	$Af\rho$ [cm] C/Bowell	α [μm]	q_p [g s ⁻¹]	χ
1	2,30(6)	1,71(13)	4,17(3)	6,7	1,58(6)	0,69
				6,3	1,44(6)	0,63
2	2,87(6)	3,54(13)	6,92(3)	6,9	2,95(6)	1,03
				6,7	2,77(6)	0,97
3	7,74(6)	1,33(13)	5,75(3)	9,8	3,11(6)	0,40
				9,1	2,89(6)	0,38
4	6,00(6)	2,73(13)	6,46(3)	8,7	3,08(6)	0,51
				7,9	2,81(6)	0,47
5	6,00(6)	1,11(13)	7,41(3)	8,6	3,52(6)	0,59
				7,9	3,24(6)	0,54
6	6,30(5)	1,87(13)	4,47(3)	2,2	8,44(5)	1,34
				2,3	8,09(5)	1,28
7	1,31(6)	2,08(13)	3,98(3)	3,1	1,13(6)	0,86
				3,2	1,09(6)	0,84
8	5,22(6)	1,54(13)	3,16(3)	6,0	1,73(6)	0,33
				2,1	1,61(6)	0,31
9	5,22(5)	2,14(13)	3,31(3)	2,0	6,01(5)	1,15
				2,1	5,83(5)	1,12
10	5,22(5)	1,17(13)	3,72(3)	2,0	6,67(5)	1,28
				2,1	6,43(5)	1,23
11	5,22(5)	8,18(12)	3,63(3)	2,0	6,51(5)	1,25
				2,1	6,25(5)	1,20
12	4,26(5)	3,89(13)	3,09(3)	1,8	4,98(5)	1,17
				1,9	4,88(5)	1,15
13	4,46(5)	1,78(13)	4,07(3)	1,8	6,49(5)	1,45
				1,9	6,33(5)	1,42
14	4,46(5)	3,23(13)	5,89(3)	1,8	9,36(5)	2,10
				1,9	9,15(5)	2,05
15	4,46(5)	1,06(13)	3,89(3)	1,8	6,15(5)	1,38
				1,9	5,96(5)	1,34
16	2,33(6)	1,81(13)	4,17(3)	4,1	1,51(6)	0,65
				4,1	1,46(6)	0,63
17	2,33(6)	1,54(13)	5,01(3)	4,2	1,85(6)	0,79
				4,1	1,75(6)	0,75
18	2,33(6)	4,74(12)	4,57(3)	4,2	1,68(6)	0,72
				4,1	1,57(6)	0,68
19	2,33(6)	4,44(11)	2,00(3)	4,2	7,20(5)	0,31
				4,1	6,48(5)	0,28
20	4,99(6)	4,29(12)	4,27(3)	6,0	2,22(6)	0,44
				5,5	2,00(6)	0,40
21	1,14(6)	8,74(12)	5,25(3)	3,0	1,18(6)	1,03
				3,0	1,11(6)	0,97
22	1,14(6)	8,52(12)	5,13(3)	3,0	1,14(6)	1,00
				3,0	1,08(6)	0,95
23	3,31(5)	1,05(13)	7,41(3)	1,6	7,39(5)	2,23
				1,7	7,16(5)	2,16

Tabela 4.2.– (Cont.)

Série de Dados	q_g [g s ⁻¹]	$A_p\rho(\lambda)$ [cm ²]	$Af\rho$ [cm]	α [μm]	q_p [g s ⁻¹]	χ
C/Bradfield						
24	8,07(6)	2,58(12)	2,51(2)	2,9	2,85(5)	0,03
				3,0	2,94(5)	0,04
25	7,76(6)	3,76(12)	3,80(2)	4,0	6,00(5)	0,08
				3,0	4,41(5)	0,06
26	6,39(6)	1,63(12)	1,91(2)	3,8	2,78(5)	0,04
				3,1	2,18(5)	0,03
27	6,07(6)	1,46(12)	1,74(2)	3,9	2,54(5)	0,04
				3,1	2,01(5)	0,03
28	4,79(6)	9,55(11)	1,55(2)	4,1	2,05(5)	0,04
				3,4	1,67(5)	0,03
29	4,24(6)	7,66(11)	1,45(2)	4,1	1,75(5)	0,04
				3,4	1,47(5)	0,03
30	3,99(6)	5,99(11)	1,26(2)	4,1	1,45(5)	0,04
				3,4	1,21(5)	0,03
31	2,75(6)	1,48(11)	5,75(1)	4,3	5,30(4)	0,02
				3,8	4,67(4)	0,02
32	2,58(6)	1,30(11)	5,62(1)	4,3	5,04(4)	0,02
				3,8	4,42(4)	0,02
33	2,43(6)	9,07(10)	4,47(1)	4,3	3,86(4)	0,02
				3,8	-3,36(4)	0,01
34	2,16(6)	1,60(11)	9,77(1)	4,3	8,06(4)	0,04
				3,8	7,06(4)	0,03
35	1,44(6)	8,01(10)	4,90(1)	4,5	6,23(4)	0,04
				4,1	5,69(4)	0,04
36	1,14(6)	8,46(10)	4,79(1)	4,5	6,03(4)	0,05
				4,1	5,50(4)	0,05
37	1,31(6)	3,00(10)	1,58(1)	4,7	2,06(4)	0,02
				4,4	1,88(4)	0,01
38	1,31(6)	1,01(11)	4,90(1)	4,8	6,48(4)	0,05
				4,4	5,79(4)	0,04
39	9,08(5)	1,73(11)	5,62(1)	4,5	6,65(4)	0,07
				4,2	6,21(4)	0,07
40	9,08(5)	2,06(11)	6,31(1)	4,7	7,77(4)	0,09
				4,4	7,20(4)	0,08
41	7,73(5)	2,34(11)	6,17(1)	4,5	7,23(4)	0,09
				4,3	6,83(4)	0,09
42	6,73(5)	1,89(11)	4,68(1)	4,4	5,26(4)	0,08
				4,2	4,99(4)	0,07
43	6,43(5)	2,38(11)	5,13(1)	4,4	5,54(4)	0,09
				4,2	5,23(4)	0,08
44	3,96(5)	1,61(11)	3,55(1)	5,1	3,19(4)	0,08
				4,8	3,06(4)	0,08
45	4,25(5)	1,91(11)	4,17(1)	5,2	3,84(4)	0,09
				5,0	3,65(4)	0,09

Tabela 4.2.– (Cont.)

Série de Dados	q_g [g s ⁻¹]	$A_p\rho(\lambda)$ [cm ²]	$Af\rho$ [cm]	α [μm]	q_p [g s ⁻¹]	χ
23P/Brorsen-Metcalf						
46	2,55(6)	1,95(11)	1,20(2)	3,8	1,33(5)	0,05
				3,8	1,34(5)	0,05
47	2,55(6)	1,05(12)	2,00(2)	3,9	2,23(5)	0,09
				3,8	2,16(5)	0,08
48	3,00(6)	2,69(11)	1,82(2)	3,8	2,09(5)	0,07
				3,8	1,94(5)	0,06
49	3,00(6)	1,11(12)	2,14(2)	3,9	2,47(5)	0,08
				3,8	2,39(5)	0,08
50	3,68(6)	3,18(11)	2,08(2)	3,6	2,21(5)	0,06
				3,6	2,17(5)	0,06
51	3,68(6)	1,41(12)	2,77(2)	3,7	3,02(5)	0,08
				3,6	2,88(5)	0,08
52	4,16(6)	3,09(11)	2,09(2)	3,6	2,16(5)	0,05
				3,5	2,12(5)	0,05
53	4,16(6)	1,19(12)	2,45(2)	3,6	2,56(5)	0,06
				3,5	2,45(5)	0,06
54	4,59(6)	4,56(11)	3,09(2)	3,6	3,27(5)	0,07
				3,5	3,09(5)	0,07
55	4,59(6)	1,51(12)	3,02(2)	3,6	3,19(5)	0,07
				3,5	3,07(5)	0,07
56	5,44(6)	5,94(11)	3,80(2)	3,3	3,87(5)	0,07
				3,2	3,69(5)	0,07
57	5,44(6)	1,51(12)	2,88(2)	3,3	2,93(5)	0,05
				3,2	2,82(5)	0,05
21P/Giacobini-Zinner						
58	5,22(5)	1,83(11)	1,74(2)	5,2	1,76(5)	0,34
				4,6	1,54(5)	0,29
59	5,22(5)	1,42(11)	1,91(2)	4,9	1,85(5)	0,35
				4,6	1,69(5)	0,32
60	4,99(5)	1,81(11)	1,74(2)	4,8	1,66(5)	0,33
				4,5	1,53(5)	0,31
61	5,60(5)	1,81(11)	1,74(2)	5,0	1,72(5)	0,31
				4,7	1,58(5)	0,28
62	5,60(5)	1,47(11)	2,00(2)	5,0	1,98(5)	0,35
				4,7	1,84(5)	0,33
63	1,73(6)	3,67(11)	3,72(2)	4,9	4,85(5)	0,28
				4,5	4,48(5)	0,26
64	1,73(6)	2,54(11)	3,89(2)	4,9	5,15(5)	0,30
				4,5	4,69(5)	0,27
65	1,69(6)	3,33(11)	3,63(2)	4,9	4,76(5)	0,28
				4,5	4,42(5)	0,26
66	1,65(6)	4,50(11)	3,47(2)	4,9	4,54(5)	0,27
				4,5	4,22(5)	0,26

Tabela 4.2.– (Cont.)

Série de Dados	q_g [g s ⁻¹]	$A_p\rho(\lambda)$ [cm ²]	$Af\rho$ [cm]	α [μm]	q_p [g s ⁻¹]	χ
67	1,73(6)	1,71(11)	3,72(2)	4,9	4,92(5)	0,28
				4,5	4,55(5)	0,26
68	1,65(6)	3,31(11)	3,63(2)	4,9	4,75(5)	0,29
				4,5	4,37(5)	0,26
69	1,37(6)	2,60(11)	3,09(2)	4,6	3,86(5)	0,28
				4,2	3,55(5)	0,26
70	7,55(5)	1,84(11)	1,70(2)	3,9	1,82(5)	0,24
				3,6	1,70(5)	0,22
71	7,55(5)	1,76(11)	1,62(2)	3,9	1,75(5)	0,23
				3,6	1,62(5)	0,21
72	7,73(5)	1,27(11)	1,66(2)	3,9	1,81(5)	0,23
				3,6	1,68(5)	0,22
73	7,55(5)	2,43(11)	1,58(2)	3,9	1,72(5)	0,22
				3,6	1,57(5)	0,21
74	7,38(5)	2,43(11)	1,51(2)	3,9	1,63(5)	0,22
				3,6	1,50(5)	0,20
75	7,38(5)	2,43(11)	1,51(2)	3,9	1,63(5)	0,22
				3,6	1,50(5)	0,20
76	7,38(5)	1,76(11)	1,58(2)	3,9	1,71(5)	0,23
				3,6	1,56(5)	0,21
77	6,89(5)	2,35(11)	1,48(2)	3,8	1,56(5)	0,23
				3,5	1,42(5)	0,21
78	6,00(5)	1,25(11)	1,55(2)	3,7	1,57(5)	0,26
				3,4	1,44(5)	0,24
79	6,14(5)	1,30(11)	1,58(2)	3,7	1,61(5)	0,26
				3,4	1,48(5)	0,24
80	4,25(5)	1,70(11)	1,66(2)	3,7	1,58(5)	0,37
				3,4	1,44(5)	0,34
81	4,66(5)	1,31(11)	1,78(2)	3,8	1,72(5)	0,37
				3,5	1,59(5)	0,34
82	4,15(5)	2,94(11)	1,82(2)	4,1	1,62(5)	0,39
				3,8	1,49(5)	0,36
83	4,15(5)	4,14(11)	1,70(2)	4,5	1,52(5)	0,37
				4,2	1,40(5)	0,34
C/Levy						
84	4,45(6)	2,37(13)	3,63(3)	11,6	5,10(6)	1,15
				11,6	5,14(6)	1,16
85	4,25(6)	2,31(13)	3,63(3)	10,5	4,65(6)	1,09
				11,5	5,01(6)	1,18
86	4,66(6)	2,56(13)	3,98(3)	10,7	5,21(6)	1,12
				11,7	5,73(6)	1,23
87	5,73(6)	2,50(13)	3,98(3)	11,0	5,43(6)	0,95
				12,1	5,87(6)	1,03
88	6,64(6)	4,33(13)	2,69(3)	10,6	3,84(6)	0,58
				11,4	4,10(6)	0,62
89	7,55(6)	3,99(13)	3,47(3)	11,3	5,30(6)	0,70
				11,6	5,51(6)	0,73

Tabela 4.2.– (Cont.)

Série de Dados	q_g [g s ⁻¹]	$A_p\rho(\lambda)$ [cm ²]	$Af\rho$ [cm]	α [μm]	q_p [g s ⁻¹]	χ
90	1,14(7)	3,94(13)	2,63(3)	11,5	4,24(6)	0,37
				12,1	4,41(6)	0,39
91	1,09(7)	1,12(13)	4,37(3)	10,2	7,17(6)	0,66
				10,2	7,17(6)	0,66
92	9,95(6)	1,05(13)	4,17(3)	9,6	6,46(6)	0,65
				10,0	6,82(6)	0,69
93	9,73(6)	7,29(12)	4,27(3)	9,5	6,60(6)	0,68
				10,0	6,84(6)	0,70
94	8,47(6)	2,95(13)	3,39(3)	8,8	4,91(6)	0,58
				9,3	5,18(6)	0,61
95	9,95(6)	3,08(13)	3,63(3)	9,1	5,45(6)	0,55
				9,4	5,69(6)	0,57
96	1,02(7)	8,26(12)	4,17(3)	9,1	6,31(6)	0,62
				9,4	6,47(6)	0,63
97	9,95(6)	4,90(12)	6,17(3)	7,4	6,97(6)	0,70
				7,8	7,36(6)	0,74
98	1,04(7)	7,29(12)	6,76(3)	7,3	7,59(6)	0,73
				7,8	8,09(6)	0,78
99	1,02(7)	4,75(12)	6,61(3)	7,2	7,23(6)	0,71
				7,7	7,59(6)	0,74
100	9,51(6)	4,29(12)	6,03(3)	7,2	6,56(6)	0,69
				7,6	7,00(6)	0,74
101	9,85(6)	9,82(12)	6,61(3)	7,2	7,26(6)	0,74
				7,6	7,64(6)	0,77
102	1,02(7)	4,60(12)	6,61(3)	7,2	7,34(6)	0,72
				7,6	7,75(6)	0,76
103	1,04(7)	1,39(13)	6,64(3)	7,2	7,40(6)	0,71
				7,6	7,86(6)	0,76
104	1,07(7)	5,09(12)	7,01(3)	7,2	7,96(6)	0,74
				7,6	8,47(6)	0,79
105	9,95(6)	4,65(12)	6,30(3)	7,3	7,56(6)	0,76
				7,5	7,79(6)	0,78
106	8,67(6)	6,17(12)	6,02(3)	6,9	6,93(6)	0,80
				7,4	7,53(6)	0,87
107	1,02(7)	4,48(12)	6,03(3)	6,9	7,37(6)	0,72
				7,5	7,88(6)	0,77
108	9,95(6)	4,78(12)	6,17(3)	6,6	7,45(6)	0,75
				7,1	7,97(6)	0,80
109	9,08(6)	4,22(12)	5,01(3)	6,5	6,36(6)	0,70
				6,9	6,79(6)	0,75
110	9,77(6)	9,24(12)	4,79(3)	6,5	6,42(6)	0,66
				6,9	6,84(6)	0,70
111	8,50(6)	1,50(13)	6,17(3)	6,3	8,92(6)	1,05
				6,6	9,39(6)	1,10
112	9,54(6)	1,54(13)	6,17(3)	6,0	8,59(6)	0,90
				6,7	9,47(6)	0,99

Tabela 4.2.– (Cont.)

Série de Dados	q_g [g s ⁻¹]	$A_{p\rho}(\lambda)$ [cm ²]	$Af\rho$ [cm]	$\bar{\alpha}$ [μm]	q_p [g s ⁻¹]	χ
113	7,91(6)	7,37(12)	5,13(3)	5,6	6,96(6)	0,88
				6,1	7,63(6)	0,96
114	1,10(7)	1,09(13)	6,61(3)	5,7	9,59(6)	0,87
				6,3	1,05(7)	0,95
115	9,98(6)	2,15(13)	6,17(3)	5,7	8,87(6)	0,89
				6,2	9,76(6)	0,98
116	1,03(7)	1,13(13)	6,46(3)	5,6	9,30(6)	0,90
				6,2	1,01(7)	0,98
117	1,05(7)	2,63(13)	5,89(3)	5,1	8,00(6)	0,76
				5,6	8,84(6)	0,84
118	1,11(7)	3,34(13)	6,46(3)	5,1	9,00(6)	0,81
				5,5	9,69(6)	0,87
119	1,11(7)	3,86(13)	7,24(3)	5,1	1,00(7)	0,90
				5,5	1,09(7)	0,98
120	1,61(6)	4,27(13)	3,24(3)	5,1	3,11(6)	1,93
				5,4	3,47(6)	2,16
121	1,61(6)	3,85(13)	2,95(3)	4,8	2,77(6)	1,72
				5,4	3,16(6)	1,96
122	1,34(6)	1,32(13)	2,57(3)	5,5	2,46(6)	1,83
				6,2	2,76(6)	2,06
123	1,19(6)	1,31(13)	2,51(3)	5,3	2,31(6)	1,94
				6,0	2,59(6)	2,18
124	1,99(6)	3,51(12)	2,75(3)	7,2	2,46(6)	1,24
				8,2	2,81(6)	1,41
125	1,06(6)	1,58(13)	1,91(3)	7,2	1,49(6)	1,40
				7,8	1,58(6)	1,50
126	1,37(6)	6,73(12)	2,29(3)	7,7	1,91(6)	1,39
				8,4	2,10(6)	1,53
127	1,06(6)	1,73(13)	2,04(3)	7,2	1,60(6)	1,51
				7,8	1,71(6)	1,62
128	9,78(5)	1,66(13)	1,86(3)	7,0	1,44(6)	1,47
				7,6	1,55(6)	1,59
129	9,34(5)	1,14(13)	1,70(3)	7,0	1,31(6)	1,40
				7,6	1,42(6)	1,52
130	1,14(6)	4,67(12)	2,00(3)	7,5	1,65(6)	1,45
				8,1	1,80(6)	1,58
131	8,32(5)	1,54(13)	1,48(3)	6,9	1,14(6)	1,37
				7,4	1,22(6)	1,46
132	4,15(5)	4,70(12)	1,12(3)	6,4	7,71(5)	1,86
				6,8	8,24(5)	1,99
133	3,45(5)	9,22(12)	1,10(3)	5,8	6,91(5)	2,00
				6,3	7,48(5)	2,17
134	2,44(5)	8,96(12)	9,12(3)	5,4	5,03(5)	2,06
				5,8	5,44(5)	2,23
38P/Stephan-Oterma						
135	3,08(5)	2,80(11)	1,51(2)	2,4	5,55(4)	0,18
				2,7	5,54(4)	0,18

Tabela 4.2.– (Cont.)

Série de Dados	q_g [g s ⁻¹]	$A_p\rho(\lambda)$ [cm ²]	$Af\rho$ [cm]	α [μm]	q_p [g s ⁻¹]	χ
136	5,73(5)	4,96(11)	1,91(2)	3,1	9,51(4)	0,17
				3,2	9,18(4)	0,16
137	6,00(5)	5,34(11)	2,09(2)	3,2	1,09(5)	0,18
				3,3	1,03(5)	0,17
138	4,88(5)	5,55(11)	2,40(2)	2,9	1,12(5)	0,23
				3,0	1,08(5)	0,22
139	6,58(5)	2,80(11)	3,16(2)	3,2	1,67(5)	0,25
				3,4	1,58(5)	0,24
140	7,05(5)	4,45(11)	2,69(2)	3,3	1,46(5)	0,21
				3,5	1,40(5)	0,20
141	6,89(5)	6,21(11)	2,82(2)	3,3	1,52(5)	0,22
				3,4	1,47(5)	0,21
142	5,73(5)	4,92(11)	3,24(2)	3,0	1,61(5)	0,28
				3,2	1,55(5)	0,27
143	8,47(5)	6,44(11)	3,02(2)	3,4	1,61(5)	0,19
				3,5	1,60(5)	0,19
144	7,21(5)	8,15(11)	3,47(2)	3,1	1,65(5)	0,23
				3,3	1,63(5)	0,23
145	8,87(5)	2,54(11)	5,01(2)	3,4	2,53(5)	0,28
				3,5	2,32(5)	0,26
146	9,51(5)	2,34(11)	6,17(2)	3,5	2,71(5)	0,28
				3,6	2,44(5)	0,26
147	6,89(5)	2,33(11)	7,24(2)	3,0	2,37(5)	0,34
				3,2	2,16(5)	0,31
148	6,89(5)	3,29(11)	7,08(2)	3,0	2,31(5)	0,33
				3,2	2,13(5)	0,31
149	7,55(5)	2,40(11)	7,59(2)	3,1	2,57(5)	0,34
				3,3	2,31(5)	0,31
150	4,66(5)	3,39(11)	3,89(2)	2,6	1,31(5)	0,28
				2,8	1,24(5)	0,27
151	1,20(4)	8,33(10)	3,16(1)	0,5	2,26(3)	0,22
				0,7	1,78(3)	0,15
1P/Halley						
152 ^a	1,65(6)	2,19(12)	1,04(3)	5,4	7,59(5)	0,46
				5,9	8,20(5)	0,50
153 ^a	1,61(6)	2,02(12)	1,00(3)	5,7	7,69(5)	0,48
				5,9	7,86(5)	0,49
154 ^a	2,27(6)	3,24(12)	1,69(3)	5,5	1,19(6)	0,52
				5,7	1,23(6)	0,54
155 ^a	3,06(6)	3,47(12)	1,89(3)	6,0	1,44(6)	0,47
				6,3	1,50(6)	0,49
156 ^a	2,32(6)	3,01(12)	1,78(3)	5,3	1,16(6)	0,50
				5,5	1,20(6)	0,52
157 ^a	2,92(6)	3,15(12)	2,96(3)	5,2	1,59(6)	0,54
				5,5	1,65(6)	0,56
158 ^a	2,92(6)	2,98(12)	2,67(3)	5,2	1,50(6)	0,51
				5,4	1,56(6)	0,53

Tabela 4.2.– (Cont.)

Série de Dados	q_g [g s ⁻¹]	$A_p\rho(\lambda)$ [cm ²]	$Af\rho$ [cm]	α [μm]	q_p [g s ⁻¹]	χ
159 ^a	3,21(6)	3,10(12)	2,62(3)	5,3	1,68(6)	0,52
				5,6	1,75(6)	0,54
160 ^a	6,25(6)	3,37(12)	2,69(3)	6,3	2,18(6)	0,35
				6,7	2,30(6)	0,37
161 ^a	4,53(6)	6,73(12)	1,86(3)	5,3	1,92(6)	0,42
				5,5	1,99(6)	0,44
162 ^a	4,53(6)	7,09(12)	2,43(3)	5,2	2,54(6)	0,56
				5,5	2,05(6)	0,45
163 ^a	4,13(6)	7,28(12)	2,09(3)	4,5	2,17(6)	0,52
				4,8	2,31(6)	0,56
164 ^a	6,11(6)	1,03(13)	2,60(3)	4,7	2,89(6)	0,47
				5,0	3,09(6)	0,51
165 ^a	7,18(6)	2,75(13)	7,00(3)	3,7	7,24(6)	1,01
				4,0	7,75(6)	1,08
166 ^a	1,22(7)	5,79(13)	1,45(4)	3,7	1,53(7)	1,25
				4,3	1,77(7)	1,45
167 ^a	9,25(6)	4,24(13)	1,07(4)	3,5	1,05(7)	1,13
				4,1	1,23(7)	1,33
168 ^a	7,18(6)	3,32(13)	8,21(3)	3,1	7,31(6)	1,02
				3,6	8,42(6)	1,17
169 ^a	1,04(7)	1,86(14)	2,36(4)	2,9	2,21(7)	2,12
				3,3	2,55(7)	2,45
170 ^a	1,37(7)	1,39(14)	2,52(4)	2,9	2,39(7)	1,74
				3,8	3,07(7)	2,24
171 ^a	1,11(7)	1,35(14)	2,50(4)	3,0	2,40(7)	2,16
				3,7	2,97(7)	2,68
172 ^a	1,43(7)	1,66(14)	3,13(4)	3,0	3,02(7)	2,11
				3,9	3,89(7)	2,72
173 ^a	9,04(6)	1,42(14)	2,71(4)	2,9	2,49(7)	2,75
				3,6	3,13(7)	3,46
174 ^a	8,06(6)	9,92(13)	1,94(4)	2,8	1,68(7)	2,08
				3,6	2,19(7)	2,72
175 ^a	1,47(7)	1,45(14)	2,90(4)	3,1	2,84(7)	1,93
				4,0	3,65(7)	2,48
176 ^a	8,44(6)	1,09(14)	2,22(4)	3,0	2,05(7)	2,43
				3,7	2,54(7)	3,01
177 ^a	5,84(6)	6,58(13)	1,38(4)	2,8	1,16(7)	1,99
				3,4	1,45(7)	2,48
178 ^a	1,11(7)	7,80(13)	1,67(4)	3,4	1,70(7)	1,53
				4,2	2,13(7)	1,92
179 ^a	1,16(7)	7,46(13)	1,64(4)	3,5	1,74(7)	1,50
				4,3	2,11(7)	1,82
180 ^a	1,40(7)	1,06(14)	2,37(4)	3,7	2,59(7)	1,85
				4,5	3,15(7)	2,25
181 ^a	6,11(6)	6,22(13)	1,43(4)	3,2	1,34(7)	2,19
				3,8	1,61(7)	2,63

Tabela 4.2.– (Cont.)

Série de Dados	q_g [g s ⁻¹]	$A_p p(\lambda)$ [cm ²]	$A_f \rho$ [cm]	α [μm]	q_p [g s ⁻¹]	χ
182 ^a	1,14(7)	7,64(13)	1,84(4)	3,5	1,85(7)	1,62
				4,4	2,36(7)	2,07
183 ^a	9,69(6)	7,61(13)	1,87(4)	3,6	1,92(7)	1,98
				4,3	2,33(7)	2,40
184 ^a	8,24(6)	2,78(13)	9,89(3)	4,2	1,08(7)	1,31
				5,1	1,32(7)	1,60
185 ^a	9,91(6)	3,41(13)	1,27(4)	4,6	1,51(7)	1,52
				5,4	1,77(7)	1,79
186 ^a	1,14(7)	3,33(13)	1,35(4)	4,6	1,58(7)	1,39
				5,6	1,90(7)	1,67
187 ^a	7,69(6)	2,07(13)	8,94(3)	4,4	9,75(6)	1,27
				5,2	1,14(7)	1,48
188 ^a	4,64(6)	1,33(13)	5,93(3)	4,1	5,80(6)	1,25
				4,6	6,60(6)	1,42
189 ^a	4,13(6)	1,07(13)	5,07(3)	4,0	4,77(6)	1,15
				4,5	5,39(6)	1,30
190 ^a	5,70(6)	1,22(13)	6,02(3)	4,4	6,06(6)	1,06
				4,9	6,88(6)	1,21
191 ^a	9,69(6)	2,08(13)	1,06(4)	5,1	1,24(7)	1,31
				5,9	1,42(7)	1,46
192 ^a	5,45(6)	1,29(13)	6,85(3)	4,5	6,88(6)	1,26
				5,2	7,85(6)	1,44
193 ^a	8,06(6)	1,66(13)	9,17(3)	5,0	9,82(6)	1,22
				5,8	1,14(7)	1,41
194 ^a	7,69(6)	1,56(13)	9,12(3)	5,0	9,39(6)	1,22
				5,8	1,08(7)	1,40
195 ^a	5,45(6)	1,24(13)	7,47(3)	4,7	6,95(6)	1,27
				5,3	7,89(6)	1,45
196 ^a	3,44(6)	9,52(12)	5,92(3)	4,2	4,76(6)	1,38
				4,7	5,33(6)	1,55
197 ^a	3,95(6)	9,14(12)	5,82(3)	4,3	4,70(6)	1,19
				4,9	5,33(6)	1,35
198 ^a	7,87(6)	1,54(13)	9,90(3)	5,1	9,14(6)	1,16
				5,9	1,05(7)	1,33
199 ^a	6,55(6)	1,35(13)	8,90(3)	5,0	7,74(6)	1,18
				5,7	8,82(6)	1,35
200 ^a	4,97(6)	1,13(13)	9,31(3)	4,9	7,81(6)	1,57
				5,6	6,98(6)	1,40
201 ^a	7,87(6)	1,50(13)	9,52(3)	5,3	8,45(6)	1,07
				6,3	9,99(6)	1,27
202 ^a	5,57(6)	1,30(13)	8,11(3)	5,2	6,90(6)	1,24
				5,8	7,74(6)	1,39
203 ^a	4,23(6)	1,15(13)	6,87(3)	4,8	5,40(6)	1,28
				5,4	6,07(6)	1,43
204 ^a	3,52(6)	1,06(13)	6,19(3)	4,6	4,62(6)	1,31
				5,2	5,17(6)	1,47
205 ^a	4,64(6)	1,87(13)	5,10(3)	5,9	4,94(6)	1,06
				6,7	5,59(6)	1,20

Tabela 4.2.– (Cont.)

Série de Dados	q_g [g s ⁻¹]	$A_p p(\lambda)$ [cm ²]	$A_f \rho$ [cm]	α [μm]	q_p [g s ⁻¹]	χ
206 ^a	3,28(6)	1,67(13)	4,24(3)	5,5	3,82(6)	1,16
				6,1	4,20(6)	1,28
207 ^a	4,53(6)	2,11(13)	4,98(3)	6,0	4,88(6)	1,08
				6,7	5,45(6)	1,20
208 ^a	3,21(6)	1,84(13)	4,24(3)	5,5	3,81(6)	1,19
				6,1	4,18(6)	1,30
209 ^a	2,92(6)	1,88(13)	3,94(3)	6,3	3,58(6)	1,22
				6,9	3,93(6)	1,34
210 ^a	2,43(6)	2,36(13)	3,45(3)	5,9	2,94(6)	1,21
				6,5	3,22(6)	1,32
211 ^a	2,38(6)	2,42(13)	3,46(3)	5,9	2,92(6)	1,23
				6,5	3,19(6)	1,34
212 ^a	2,49(6)	2,41(13)	3,38(3)	6,0	2,89(6)	1,16
				6,6	3,16(6)	1,27
213 ^a	1,89(6)	2,14(13)	2,95(3)	5,7	2,36(6)	1,25
				6,2	2,55(6)	1,35
214 ^a	1,80(6)	2,23(13)	3,01(3)	5,6	2,36(6)	1,31
				6,1	2,56(6)	1,42
215 ^a	1,11(6)	2,42(13)	2,67(3)	5,2	1,70(6)	1,53
				5,5	1,82(6)	1,64
216 ^a	1,16(6)	2,33(13)	2,57(3)	5,2	1,65(6)	1,42
				5,7	1,79(6)	1,54
152 ^b	1,65(6)	2,05(12)	9,73(2)	5,5	7,25(5)	0,44
				5,9	7,70(5)	0,47
153 ^b	1,61(6)	1,94(12)	9,65(2)	5,7	7,40(5)	0,46
				5,9	7,56(5)	0,47
154 ^b	2,27(6)	3,11(12)	1,62(3)	5,5	1,15(6)	0,51
				5,7	1,19(6)	0,52
155 ^b	3,06(6)	3,58(12)	1,95(3)	6,0	1,48(6)	0,48
				6,3	1,54(6)	0,50
156 ^b	2,32(6)	2,89(12)	1,71(3)	5,3	1,11(6)	0,48
				5,5	1,15(6)	0,50
157 ^b	2,92(6)	3,24(12)	3,05(3)	5,2	1,64(6)	0,56
				5,5	1,70(6)	0,58
158 ^b	2,92(6)	3,00(12)	2,69(3)	5,2	1,50(6)	0,51
				5,4	1,57(6)	0,54
159 ^b	3,21(6)	3,20(12)	2,70(3)	5,3	1,73(6)	0,54
				5,6	1,81(6)	0,56
160 ^b	6,25(6)	3,89(12)	3,10(3)	6,3	2,51(6)	0,40
				6,7	2,67(6)	0,43
161 ^b	4,53(6)	9,15(12)	2,52(3)	5,3	2,58(6)	0,57
				5,5	2,70(6)	0,60
162 ^b	4,53(6)	9,20(12)	2,43(3)	5,1	2,50(6)	0,55
				5,5	2,66(6)	0,59
163 ^b	4,13(6)	8,81(12)	2,53(3)	4,5	2,63(6)	0,64
				4,8	2,80(6)	0,68
164 ^b	6,11(6)	1,53(13)	3,87(3)	4,6	4,25(6)	0,69
				5,0	4,61(6)	0,75

Tabela 4.2.– (Cont.)

Série de Dados	q_g [g s ⁻¹]	$A_p p(\lambda)$ [cm ²]	$A_f p$ [cm]	α [μm]	q_p [g s ⁻¹]	χ
165 ^b	7,18(6)	3,26(13)	8,28(3)	3,6	8,33(6)	1,16
				4,0	9,16(6)	1,28
166 ^b	1,22(7)	7,16(13)	1,79(4)	3,7	1,86(7)	1,52
				4,3	2,19(7)	1,79
167 ^b	9,25(6)	5,37(13)	1,35(4)	3,4	1,30(7)	1,40
				4,1	1,56(7)	1,69
168 ^b	7,18(6)	4,40(13)	1,09(4)	3,0	9,47(6)	1,32
				3,6	1,12(7)	1,56
169 ^b	1,04(7)	2,10(14)	2,66(4)	2,8	2,42(7)	2,33
				3,3	2,88(7)	2,77
170 ^b	1,37(7)	1,72(14)	3,12(4)	2,9	2,92(7)	2,13
				3,8	3,81(7)	2,78
171 ^b	1,11(7)	1,53(14)	2,83(4)	2,9	2,63(7)	2,37
				3,7	3,35(7)	3,02
172 ^b	1,43(7)	2,06(14)	3,87(4)	3,0	3,68(7)	2,57
				3,9	4,82(7)	3,37
173 ^b	9,04(6)	1,56(14)	2,99(4)	2,8	2,66(7)	2,94
				3,6	3,45(7)	3,82
174 ^b	8,06(6)	1,12(14)	2,19(4)	2,7	1,88(7)	2,33
				3,6	2,48(7)	3,08
175 ^b	1,47(7)	1,71(14)	3,43(4)	3,1	3,29(7)	2,24
				4,0	4,31(7)	2,93
176 ^b	8,44(6)	1,23(14)	2,51(4)	2,9	2,26(7)	2,68
				3,7	2,86(7)	3,39
177 ^b	5,84(6)	7,26(13)	1,52(4)	2,7	1,26(7)	2,16
				3,4	1,60(7)	2,74
178 ^b	1,11(7)	9,65(13)	2,07(4)	3,3	2,08(7)	1,87
				4,2	2,64(7)	2,38
179 ^b	1,16(7)	9,24(13)	2,03(4)	3,4	2,09(7)	1,80
				4,3	2,61(7)	2,25
180 ^b	1,40(7)	1,22(14)	2,74(4)	3,6	2,92(7)	2,09
				4,5	3,64(7)	2,60
181 ^b	6,11(6)	6,70(13)	1,54(4)	3,1	1,42(7)	2,32
				3,8	1,74(7)	2,85
182 ^b	1,14(7)	9,24(13)	2,22(4)	3,4	2,22(7)	1,95
				4,4	2,85(7)	2,50
183 ^b	9,69(6)	8,59(13)	2,12(4)	3,5	2,12(7)	2,19
				4,3	2,63(7)	2,71
184 ^b	8,24(6)	3,36(13)	1,20(4)	4,1	1,29(7)	1,56
				5,1	1,60(7)	1,94
185 ^b	9,91(6)	3,77(13)	1,40(4)	4,5	1,63(7)	1,64
				5,4	1,95(7)	1,97
186 ^b	1,14(7)	3,94(13)	1,60(4)	4,6	1,85(7)	1,62
				5,6	2,25(7)	1,97
187 ^b	7,69(6)	2,29(13)	9,86(3)	4,4	1,06(7)	1,38
				5,2	1,26(7)	1,64
188 ^b	4,64(6)	1,43(13)	6,39(3)	4,0	6,21(6)	1,34
				4,6	7,11(6)	1,53

Tabela 4.2.– (Cont.)

Série de Dados	q_g [g s ⁻¹]	$A_p\rho(\lambda)$ [cm ²]	$Af\rho$ [cm]	α [μm]	q_p [g s ⁻¹]	χ
189 ^b	4,13(6)	1,15(13)	5,46(3)	4,0	5,11(6)	1,24
				4,5	5,82(6)	1,41
190 ^b	5,70(6)	1,41(13)	6,96(3)	4,3	6,96(6)	1,22
				4,9	7,96(6)	1,40
191 ^b	9,69(6)	2,41(13)	1,23(4)	5,1	1,41(7)	1,45
				5,9	1,64(7)	1,69
192 ^b	5,45(6)	1,39(13)	7,38(3)	4,5	7,32(6)	1,34
				5,2	8,47(6)	1,55
193 ^b	8,06(6)	1,83(13)	1,01(4)	4,9	1,08(7)	1,34
				5,8	1,25(7)	1,55
194 ^b	7,69(6)	1,76(13)	1,03(4)	4,9	1,05(7)	1,36
				5,7	1,22(7)	1,59
195 ^b	5,45(6)	1,34(13)	8,06(3)	4,6	7,41(6)	1,36
				5,3	8,51(6)	1,56
196 ^b	3,44(6)	9,81(12)	6,09(3)	4,2	4,87(6)	1,42
				4,7	5,49(6)	1,60
197 ^b	3,95(6)	9,85(12)	6,27(3)	4,3	5,06(6)	1,28
				4,9	5,75(6)	1,46
198 ^b	7,87(6)	1,78(13)	1,14(4)	5,1	1,05(7)	1,33
				5,9	1,21(7)	1,54
199 ^b	6,55(6)	1,49(13)	9,82(3)	4,9	8,43(6)	1,29
				5,7	9,73(6)	1,48
200 ^b	4,97(6)	1,24(13)	8,16(3)	4,9	6,79(6)	1,37
				5,6	7,71(6)	1,55
201 ^b	7,87(6)	1,70(13)	1,08(4)	5,4	9,69(6)	1,23
				6,3	1,13(7)	1,44
202 ^b	5,57(6)	1,40(13)	8,74(3)	5,1	7,35(6)	1,32
				5,8	8,35(6)	1,50
203 ^b	4,23(6)	1,19(13)	7,08(3)	4,8	5,53(6)	1,31
				5,4	6,25(6)	1,48
204 ^b	3,52(6)	1,09(13)	6,37(3)	4,6	4,75(6)	1,35
				5,2	5,33(6)	1,51
205 ^b	4,64(6)	1,97(13)	5,38(3)	5,9	5,20(6)	1,12
				6,7	5,89(6)	1,27
206 ^b	3,28(6)	1,76(13)	4,47(3)	5,5	4,01(6)	1,22
				6,7	4,42(6)	1,35
207 ^b	4,53(6)	2,27(13)	5,37(3)	6,0	5,24(6)	1,16
				6,7	5,88(6)	1,30
208 ^b	3,21(6)	1,77(13)	4,07(3)	5,5	3,64(6)	1,13
				6,1	4,02(6)	1,25
209 ^b	2,92(6)	1,93(13)	4,06(3)	6,3	3,70(6)	1,26
				6,9	4,05(6)	1,38
210 ^b	2,43(6)	2,27(13)	3,31(3)	5,9	2,82(6)	1,16
				6,5	3,09(6)	1,27
211 ^b	2,38(6)	2,55(13)	3,64(3)	5,9	3,09(6)	1,30
				6,5	3,37(6)	1,42
212 ^b	2,49(6)	2,48(13)	3,48(3)	6,0	2,96(6)	1,19
				6,6	3,26(6)	1,31

Tabela 4.2.– (Cont.)

Série de Dados	q_g [g s ⁻¹]	$A_p p(\lambda)$ [cm ²]	$A_f \rho$ [cm]	α [μm]	q_p [g s ⁻¹]	χ
213 ^b	1,89(6)	2,11(13)	2,90(3)	5,7	2,32(6)	1,23
				6,2	2,51(6)	1,33
214 ^b	1,80(6)	2,25(13)	3,03(3)	5,6	2,38(6)	1,32
				6,1	2,57(6)	1,43
215 ^b	1,11(6)	2,27(13)	2,51(3)	5,2	1,60(6)	1,44
				5,5	1,71(6)	1,54
216 ^b	1,16(6)	2,34(13)	2,60(3)	5,2	1,67(6)	1,44
				5,7	1,80(6)	1,55
6P/d'Arrest						
217	7,35(5)	1,29(11)	6,92(1)	3,2	4,82(4)	0,06
				3,2	4,54(4)	0,06
218	1,89(5)	1,41(11)	5,01(1)	2,1	1,92(4)	0,10
				2,1	1,79(4)	0,09
2P/Encke						
219 ^c	6,25(4)	1,51(9)	6,61	1,5	2,35(3)	0,04
				1,5	2,03(3)	0,03
220 ^c	8,44(4)	1,72(9)	7,59	1,7	3,09(3)	0,04
				1,7	2,63(3)	0,03
221 ^c	2,73(5)	3,33(10)	3,24(1)	1,9	9,92(3)	0,04
				1,9	9,24(3)	0,03
222 ^c	2,86(5)	2,14(10)	3,02(1)	1,8	7,94(3)	0,03
				1,8	7,58(3)	0,03
223 ^a	1,14(5)	2,24(11)	5,75(1)	1,5	2,37(4)	0,21
				1,5	2,14(4)	0,19
224 ^a	3,06(5)	2,18(11)	8,13(1)	1,8	4,60(4)	0,15
				1,8	4,25(4)	0,14
225 ^a	2,02(5)	3,49(11)	7,08(1)	1,3	3,37(4)	0,17
				1,3	3,10(4)	0,15
226 ^a	4,53(5)	1,53(11)	6,17(1)	1,8	3,12(4)	0,07
				1,8	2,90(4)	0,06
227 ^a	3,77(5)	5,78(10)	3,09(1)	1,9	1,89(4)	0,05
				1,9	1,68(4)	0,04
228 ^a	2,07(5)	2,79(11)	2,51(1)	1,9	1,47(4)	0,07
				1,9	1,33(4)	0,06
229 ^a	2,17(5)	9,03(10)	2,45(1)	2,0	1,46(4)	0,07
				2,0	1,29(4)	0,06
230 ^a	2,22(5)	2,73(11)	1,86(1)	2,0	1,12(4)	0,05
				2,0	1,01(4)	0,04
231 ^a	2,32(5)	1,47(11)	4,36(1)	1,8	2,54(4)	0,11
				1,8	2,32(4)	0,10
232 ^a	2,38(5)	1,51(11)	4,47(1)	2,0	2,62(4)	0,11
				1,8	2,39(4)	0,10
233 ^a	2,67(5)	7,72(10)	4,68(1)	1,9	2,87(4)	0,11
				1,9	2,56(4)	0,01
234 ^a	2,67(5)	1,58(11)	4,79(1)	1,9	2,94(4)	0,11
				1,9	2,62(4)	0,01

Tabela 4.2.– (Cont.)

Série de Dados	q_g [g s ⁻¹]	$A_p p(\lambda)$ [cm ²]	$A_f \rho$ [cm]	α [μm]	q_p [g s ⁻¹]	χ
235 ^a	2,02(5)	1,62(11)	4,90(1)	1,6	2,57(4)	0,13
				1,6	2,29(4)	0,11
236 ^a	2,38(5)	7,91(10)	4,68(1)	1,7	2,60(4)	0,11
				1,7	2,39(4)	0,10
237 ^a	2,49(5)	1,62(11)	4,90(1)	1,7	2,78(4)	0,11
				1,7	2,49(4)	0,10
238 ^a	2,61(5)	2,56(11)	7,94(1)	1,7	4,44(4)	0,17
				1,7	4,01(4)	0,15
239 ^a	2,92(5)	2,56(11)	7,94(1)	1,7	4,60(4)	0,16
				1,7	4,19(4)	0,15
240 ^a	2,55(5)	2,56(11)	7,94(1)	1,6	4,34(4)	0,17
				1,6	3,88(4)	0,15
241 ^a	2,92(5)	3,15(11)	9,77(1)	1,7	5,62(4)	0,19
				1,7	5,02(4)	0,17
242 ^a	2,55(5)	2,81(11)	8,51(1)	1,5	4,36(4)	0,17
				1,5	4,03(4)	0,16
243 ^a	2,55(5)	2,28(11)	7,08(1)	1,5	3,63(4)	0,14
				1,5	3,27(4)	0,13
244 ^a	2,86(5)	2,62(11)	7,94(1)	1,5	4,24(4)	0,15
				1,5	3,93(4)	0,14
245 ^a	3,28(5)	3,04(11)	8,71(1)	1,4	4,55(4)	0,14
				1,4	4,19(4)	0,13
246 ^a	2,73(5)	3,15(11)	8,91(1)	1,3	4,39(4)	0,16
				1,3	3,97(4)	0,14
247 ^a	2,79(5)	3,15(11)	8,91(1)	1,3	4,41(4)	0,16
				1,3	4,00(4)	0,14
26P/Grigg-Skjellerup						
248	5,32(4)	7,55(9)	9,55	1,6	4,02(3)	0,07
				1,6	3,83(3)	0,07
249	5,08(4)	4,86(9)	6,17	1,5	2,54(3)	0,05
				1,5	2,41(3)	0,05
250	3,86(4)	6,78(9)	6,02	1,4	2,20(3)	0,06
				1,3	2,06(3)	0,05
251	5,32(4)	7,59(9)	1,17(1)	1,7	5,14(3)	0,01
				1,7	4,80(3)	0,09
45P/Honda-Mrkos-Pajdusakova						
252	4,23(4)	2,76(9)	3,63	1,5	1,43(3)	0,03
				1,5	1,28(3)	0,03
22P/Kopff						
253	8,44(5)	1,50(11)	2,95(2)	3,2	1,18(5)	0,14
				3,2	1,04(5)	0,12
254	6,70(5)	2,03(11)	2,82(2)	2,8	1,00(5)	0,15
				2,8	8,97(4)	0,13
255	7,52(5)	2,13(11)	2,95(2)	3,0	1,11(5)	0,15
				3,0	9,92(4)	0,13
256	6,55(5)	2,04(11)	2,95(2)	2,8	1,02(5)	0,16
				2,8	9,13(4)	0,14

Tabela 4.2 – (Cont.)

Série de Dados	q_g [g s ⁻¹]	$A_p p(\lambda)$ [cm ²]	$A_f \rho$ [cm]	α [μm]	q_p [g s ⁻¹]	χ
257	1,72(6)	3,90(11)	5,89(2)	4,0	2,46(5)	0,14
				4,0	2,30(5)	0,13
258	1,68(6)	2,93(11)	6,46(2)	3,9	2,65(5)	0,16
				3,9	2,47(5)	0,15
259	1,50(6)	4,09(11)	6,31(2)	3,7	2,47(5)	0,16
				3,8	2,33(5)	0,15
260	2,61(6)	1,97(11)	5,25(2)	4,5	3,27(5)	0,12
				4,5	2,99(5)	0,11
261	2,12(6)	6,21(11)	5,62(2)	4,5	3,56(5)	0,17
				4,5	3,34(5)	0,16
262	1,04(6)	3,43(11)	2,19(2)	2,9	1,18(5)	0,11
				2,9	1,12(5)	0,11
9P/Tempel 1						
263	3,13(5)	2,49(11)	2,51(2)	2,3	7,31(4)	0,23
				2,3	6,76(4)	0,22
264	6,40(5)	1,26(11)	3,31(2)	2,9	1,31(5)	0,20
				3,0	1,18(5)	0,18
265	8,24(5)	1,32(11)	3,39(2)	3,3	1,50(5)	0,18
				3,3	1,38(5)	0,17
266	7,52(5)	1,79(11)	3,24(2)	3,1	1,40(5)	0,19
				3,2	1,28(5)	0,17
267	7,69(5)	1,83(11)	3,24(2)	3,2	1,42(5)	0,18
				3,2	1,32(5)	0,17
268	7,87(5)	2,57(11)	2,69(2)	3,0	1,38(5)	0,17
				3,0	1,29(5)	0,16
269	8,63(5)	1,85(11)	2,75(2)	3,1	1,47(5)	0,17
				3,1	1,36(5)	0,16
270	8,24(5)	1,90(11)	2,75(2)	3,0	1,45(5)	0,18
				3,1	1,38(5)	0,17
271	7,18(5)	1,71(11)	2,14(2)	2,7	1,12(5)	0,16
				2,7	1,03(5)	0,14
272	7,18(5)	3,10(11)	1,86(2)	2,7	9,77(4)	0,14
				2,7	9,36(4)	0,13
81P/Wild 2						
273	1,93(5)	6,07(11)	2,04(2)	2,3	5,71(4)	0,30
				2,3	5,10(4)	0,26
274	1,80(5)	3,91(11)	1,32(2)	2,2	3,56(4)	0,20
				2,2	3,17(4)	0,18
275	2,86(5)	4,73(11)	1,95(2)	2,6	6,69(4)	0,23
				2,6	6,05(4)	0,21

→ 2,30(6) = 2,30 x 10⁶

Cometa C/Bowell: fluxos no contínuo, para $\lambda = 5240 \text{ \AA}$, obtidos por A'HEARN ET AL. (1984)

Cometa C/Bradfield: fluxos no contínuo, para $\lambda = 5240 \text{ \AA}$, obtidos por A'HEARN, MILLIS & BIRCH (1981)

Cometa 23P/Borsen-Metcalf: fluxos no contínuo, para $\lambda = 4845 \text{ \AA}$, obtidos por DISANTI & FINK (1991)

Cometa 21P/Giacobini-Zinner: fluxos no contínuo, para $\lambda = 4845 \text{ \AA}$, obtidos por SCHLEICHER, MILLIS & BIRCH (1987)

- Cometa C/Levy: fluxos no contínuo, para $\lambda = 4845 \text{ \AA}$, obtidos por SCHLEICHER ET AL. (1991)
- Cometa 38P/Stephan-Oterma: fluxos no contínuo, para $\lambda = 5240 \text{ \AA}$, obtidos por MILLIS, A'HEARN & THOMPSON (1982)
- Cometa 1P/Halley: (a) fluxos no contínuo, para $\lambda = 4845 \text{ \AA}$; (b) fluxos no contínuo, para $\lambda = 3650 \text{ \AA}$, obtidos por SCHLEICHER, MILLIS & BIRCH (1998)
- Cometa 2P/Encke: (a) fluxos no contínuo, para $\lambda = 4845 \text{ \AA}$; (c) fluxos no contínuo, para $\lambda = 5240 \text{ \AA}$, obtidos por OSIP, SCHLEICHER & MILLIS (1992)
- Cometas 6P/d'Arrest, 26P/Grigg-Skjellerup, 22P/Kopff e 9P/Tempel 1: fluxos no contínuo, para $\lambda = 5240 \text{ \AA}$, obtidos por OSIP, SCHLEICHER & MILLIS (1992)
- Cometa 45P/Honda-Mrkos-Padjusakova e 81P/Wild 2: fluxos no contínuo, para $\lambda = 4845 \text{ \AA}$, obtidos por OSIP, SCHLEICHER & MILLIS (1992)

Tabela 4.3.– Dados Observacionais para o Cometa 67P/CG

Coluna 1. Data das observações [em TU].

Coluna 2. Distância Heliocêntrica, r [em UA].

Coluna 3. Distância Geocêntrica, Δ [em UA].

Coluna 4. Ângulo de fase do cometa, α [em °].

Coluna 5. Raio de abertura do espectrógrafo, S [em km].

Coluna 6. Parâmetro M .

Coluna 7. Função de espalhamento, ϕ [em rad].

Tabela 4.3.– Dados Observacionais para o Cometa 67P/CG.

Data [TU]	r [UA]	Δ [UA]	α [°]	S [km]	M	ϕ [rad]
Retorno de 1982 – Dados de SCHLEICHER (2006)						
12,32/Out/1982	1,356	0,516	37,6	7.073	16	0,536
16,43/Out/1982	1,344	0,494	37,3	3.493	16	0,538
12,26/Dez/1982	1,354	0,403	19,9	5.685	16	0,654
12,29/Dez/1982	1,354	0,403	19,9	2.849	16	0,654
13,29/Dez/1982	1,358	0,405	19,2	2.012	16	0,663
13,32/Dez/1982	1,358	0,405	19,2	1.013	16	0,663
14,48/Dez/1982	1,362	0,408	18,7	4.083	16	0,669
14,52/Dez/1982	1,362	0,408	18,7	2.027	16	0,669
16,40/Jan/1983	1,513	0,552	13,2	7.786	17	0,741
11,31/Fev/1983	1,674	0,784	21,5	5.544	19	0,642
9,25/Mar/1983	1,855	1,116	26,6	7.891	20	0,604
10,24/Mar/1983	1,862	1,130	26,7	7.990	20	0,603
Retorno de 1982 – Dados de STORRS, COCHRAN & BARKER (1992)						
25/Jun/1982	2,02	1,82	30,13	2.985	21	0,579
26/Jun/1982	2,02	1,81	30,15	2.956	21	0,579
16/Jul/1982	1,87	1,48	32,77	2.423	20	0,564
17/Jul/1982	1,86	1,47	32,97	2.399	20	0,562
17/Ago/1982	1,65	1,03	35,76	1.685	18	0,546
14/Set/1982	1,48	0,73	37,63	1.188	17	0,535
15/Set/1982	1,47	0,72	38,01	1.171	17	0,533
16/Set/1982	1,47	0,71	37,59	1.157	17	0,536
13/Out/1982	1,35	0,51	37,87	0.839	16	0,534
14/Out/1982	1,35	0,51	37,83	0.830	16	0,534
16/Dez/1982	1,37	0,41	16,63	0.672	16	0,696
20/Dez/1982	1,38	0,42	16,25	0.689	16	0,701
16/Fev/1983	1,71	0,84	22,52	1.369	19	0,634
09/Abr/1983	2,08	1,61	27,96	2.633	21	0,594
Retorno de 1996 – Dados de SCHLEICHER (2006)						
19,20/Nov/1995	1,476	0,964	41,5	18.457	17	0,517
21,12/Jan/1996	1,301	1,095	47,5	43.559	16	0,500
21,13/Jan/1996	1,301	1,095	47,5	43.559	16	0,500
24,12/Fev/1996	1,374	1,264	43,8	12.146	16	0,511
25,15/Fev/1996	1,378	1,271	43,6	17.421	16	0,511
14,21/Abr/1996	1,647	1,765	34,0	68.099	18	0,557
Retorno de 2002 – Dados de SCHULZ, STÜWE & BOEHNHARDT (2004)						
11/Fev/2003	2,3	1,4	12,96	2.081	23	0,744
9/Mar/2003	2,5	1,6	12,02	2.378	24	0,756
2/Mai/2003	2,9	2,3	18,03	2.976	26	0,678

Tabela 4.4.– Cometa 67P/CG: Resultados Obtidos

Coluna 1. Distância Heliocêntrica, r [em UA].

Coluna 2. Taxa de produção de gás, q_g [em g s^{-1}].

Coluna 3. Parâmetro $Af\rho$, [em cm].

Coluna 4. Velocidade, v [em km s^{-1}].

Coluna 5. Temperatura, T [em K].

Coluna 6. Dimensão efetiva das partículas de poeira, a [em μm].

Coluna 7. Taxa de perda de poeira, q_p [em g s^{-1}].

Coluna 8. Razão poeira-gás, χ [adimensional].

Obs: Nas colunas 6, 7 e 8 a primeira entrada apresenta os resultados obtidos neste Trabalho enquanto que, a segunda entrada mostra os respectivos valores obtidos através do MFPPC.

Tabela 4.4.– Cometa 67P/CG: Resultados Obtidos.

r [UA]	q_g [g s ⁻¹]	$Af\rho$ [cm]	v_p [km s ⁻¹]	T [K]	a [μ m]	q_p [g s ⁻¹]	χ
Retorno de 1982 – Dados Pré-periódicos, para $\lambda = 3.675 \text{ \AA}$, de SCHLEICHER (2006)							
1,356	1,61(5)	6,92(1)	0,416	239	2,15	3,03(4)	0,19
					2,23	3,06(4)	0,19
1,344	1,11(5)	9,77(1)	0,419	240	1,87	3,73(4)	0,34
					1,88	3,51(4)	0,32
Retorno de 1982 – Dados Pós-periódicos, para $\lambda = 3.675 \text{ \AA}$, de SCHLEICHER (2006)							
1,354	2,07(5)	1,38(2)	0,417	239	2,44	5,62(4)	0,27
					2,48	5,68(4)	0,27
1,354	2,22(5)	1,55(2)	0,417	239	2,52	6,52(4)	0,29
					2,56	6,18(4)	0,29
1,358	1,61(5)	1,10(2)	0,416	239	2,20	3,97(4)	0,25
					2,23	3,42(4)	0,21
1,358	2,07(5)	9,55(1)	0,416	239	2,46	3,86(4)	0,17
					2,49	2,52(4)	0,12
1,362	3,60(5)	2,69(2)	0,415	238	3,09	1,35(5)	0,37
					3,12	1,34(5)	0,37
1,362	5,08(5)	2,75(2)	0,415	238	3,46	1,55(5)	0,30
					3,56	1,49(5)	0,29
1,513	1,57(5)	2,04(2)	0,390	226	2,40	6,76(4)	0,43
					2,43	6,64(4)	0,42
1,855	4,13(4)	5,75(1)	0,345	204	1,59	1,37(4)	0,33
					1,60	1,30(4)	0,31
1,862	3,52(4)	1,38(2)	0,344	204	1,47	3,04(4)	0,86
					1,48	2,99(4)	0,85
Retorno de 1982 – Dados Pré-periódicos, para $\lambda = 5.240 \text{ \AA}$, de SCHLEICHER (2006)							
1,356	1,61(5)	1,15(2)	0,416	239	2,17	5,08(4)	0,31
					2,23	5,12(4)	0,32
1,344	1,11(5)	1,66(2)	0,419	240	1,86	6,29(4)	0,57
					1,88	6,21(4)	0,56
Retorno de 1982 – Dados Pós-periódicos, para $\lambda = 5.240 \text{ \AA}$, de SCHLEICHER (2006)							
1,354	2,07(5)	1,91(2)	0,417	239	2,41	7,67(4)	0,37
					2,48	7,68(4)	0,37
1,354	2,22(5)	2,14(2)	0,417	239	2,51	8,94(4)	0,40
					2,56	8,65(4)	0,39
1,358	1,61(5)	2,19(2)	0,416	239	2,19	7,87(4)	0,49
					2,23	7,38(4)	0,46
1,358	2,07(5)	1,78(2)	0,416	239	2,42	7,09(4)	0,34
					2,49	5,83(4)	0,28
1,362	3,60(5)	4,07(2)	0,415	238	3,05	2,02(5)	0,55
					3,12	2,03(5)	0,56
1,362	5,08(5)	4,17(2)	0,415	238	3,41	2,31(5)	0,45
					3,56	2,34(5)	0,46
1,513	1,57(5)	2,95(2)	0,390	226	2,38	9,70(4)	0,62
					2,43	9,83(4)	0,63

Tabela 4.4.– (Cont.)

r [UA]	q _g [g s ⁻¹]	Afρ [cm]	v _p [km s ⁻¹]	T [K]	a [μm]	q _p [g s ⁻¹]	χ
1,674	6,40(4)	2,00(2)	0,367	215	1,78	5,33(4)	0,83
					1,82	5,33(4)	0,83
1,855	4,13(4)	1,78(2)	0,345	204	1,57	4,19(4)	1,01
					1,60	4,16(4)	1,01
1,862	3,52(4)	1,48(2)	0,344	204	1,46	3,22(4)	0,91
					1,48	3,18(4)	0,90
Retorno de 1982 – Dados Pré-periódicos, para λ = 4.770 Å, de STORRS ET AL. (1992)							
2,020	4,44(4)	5,04(1)	0,328	196	1,80	1,35(4)	0,30
					1,20	8,97(3)	0,20
2,020	4,65(4)	4,10(1)	0,328	196	1,82	1,11(4)	0,24
					1,20	7,27(3)	0,16
1,870	3,45(4)	1,00(2)	0,343	203	1,47	2,34(4)	0,68
					1,40	2,17(4)	0,63
1,860	3,37(4)	6,83(1)	0,345	204	1,43	1,57(4)	0,46
					1,40	1,50(4)	0,44
1,650	2,28(4)	1,14(2)	0,370	216	1,05	2,12(4)	0,93
					1,60	3,28(4)	1,44
1,480	8,08(3)	4,35(1)	0,395	229	0,56	4,73(3)	0,58
					1,70	1,35(4)	1,67
1,470	1,54(4)	1,44(2)	0,397	229	0,78	2,19(4)	1,42
					1,70	4,61(4)	2,99
1,470	1,11(4)	3,55(1)	0,397	229	0,66	4,51(3)	0,41
					1,70	1,09(4)	0,98
1,350	3,14(4)	1,60(2)	0,418	239	1,03	3,38(4)	1,08
					1,20	3,93(4)	1,25
1,350	2,38(4)	1,39(2)	0,418	239	0,89	2,53(4)	1,06
					1,20	3,41(4)	1,43
Retorno de 1982 – Dados Pós-periódicos, para λ = 4.770 Å, de STORRS ET AL. (1992)							
1,370	2,67(4)	7,40(1)	0,414	238	0,95	1,09(4)	0,41
					2,70	2,91(4)	1,09
1,380	7,89(5)	2,82(2)	0,412	237	4,04	1,75(5)	0,22
					2,10	9,02(4)	0,11
1,710	3,69(4)	1,44(2)	0,362	213	1,40	3,02(4)	0,82
					1,70	3,61(4)	0,98
2,080	1,37(4)	7,69(1)	0,322	193	0,99	1,09(4)	0,79
					1,20	1,24(4)	0,90
Retorno de 1996 – Dado Pré-periódico, para λ = 3.650 Å, de SCHLEICHER (2006)							
1,476	6,25(4)	2,29(1)	0,396	229	1,54	7,06(3)	0,11
					1,58	7,00(3)	0,11
Retorno de 1996 – Dados Pós-periódicos, para λ = 3.650 Å, de SCHLEICHER (2006)							
1,301	1,50(5)	6,76(1)	0,427	244	2,11	3,19(4)	0,21
					2,11	3,18(4)	0,21
1,301	1,34(5)	6,46(1)	0,427	244	1,99	2,87(4)	0,21
					2,01	2,89(4)	0,21

Tabela 4.4.– (Cont.)

r [UA]	q _g [g s ⁻¹]	Afρ [cm]	v _p [km s ⁻¹]	T [K]	a [μm]	q _p [g s ⁻¹]	χ
1,374	2,38(5)	1,70(2)	0,413	237	2,63	9,45(4)	0,40
					2,65	9,42(4)	0,39
1,378	1,34(5)	1,66(2)	0,412	237	2,04	7,16(4)	0,53
					2,08	7,22(4)	0,54
Retorno de 1996 – Dado Pré-periódico, para λ = 4.845 Å, de SCHLEICHER (2006)							
1,476	6,25(4)	4,57(1)	0,396	229	1,54	1,41(4)	0,22
					1,58	1,42(4)	0,23
Retorno de 1996 – Dados Pós-periódicos, para λ = 4.845 Å, de SCHLEICHER (2006)							
1,301	1,50(5)	8,13(1)	0,427	244	2,09	3,80(4)	0,25
					2,11	3,81(4)	0,25
1,301	1,34(5)	7,76(1)	0,427	244	1,99	3,45(4)	0,26
					2,01	3,45(4)	0,26
1,374	2,38(5)	2,34(2)	0,413	237	2,62	1,30(5)	0,55
					2,65	1,33(5)	0,56
1,378	1,34(5)	1,20(2)	0,412	237	2,03	5,15(4)	0,38
					2,08	5,31(4)	0,40
1,647	3,86(4)	7,41(1)	0,371	218	1,36	1,76(4)	0,46
					1,37	1,70(4)	0,44
Retorno de 2002 – Dados Pós-periódicos de SCHULZ ET AL. (2004), obtidos com <a> = 2,2 μm							
2,3	5,92(4)	6,31(1)	0,303	183	2,2	1,55(4)	0,26
2,5	6,04(4)	4,46(1)	0,288	176	2,2	1,12(4)	0,18
2,9	1,22(4)	2,9	0,264	163	2,2	3,75(2)	0,03

→ 1,61(5) representa $1,61 \times 10^5$.

→ Para os dados observacionais de SCHLEICHER (2006), os resultados da primeira entrada foram obtidos usando o Modelo Híbrido. A segunda entrada representa resultados obtidos pelo Modelo Fotométrico das Partículas de Poeira Cometárias.

→ Para os dados observacionais de STORRS, COCHRAN & BARKER (1992), os resultados da primeira entrada foram obtidos usando o Modelo Híbrido. A segunda entrada representa resultados obtidos por TREVISAN SANZOVO (2006).

Tabela 4.5.– A Cor da Poeira de 67P/CG para as passagens de 1982 e 1996.

Coluna 1. Data das observações [em TU].

Coluna 2. Distância Heliocêntrica, r [em UA].

Coluna 3. Distância Geocêntrica, Δ [em UA].

Coluna 4. Parâmetro $Af\rho$ [em cm], para $\lambda = 3675 \text{ \AA}$ (para passagem de 1982) e $\lambda = 3650 \text{ \AA}$ (para passagem de 1996).

Coluna 5. Parâmetro $Af\rho$ [em cm], para $\lambda = 5240 \text{ \AA}$ (para passagem de 1982) e $\lambda = 4845 \text{ \AA}$ (para passagem de 1996).

Coluna 6. Excesso de Cor, EC.

Tabela 4.5.– A Cor da Poeira de 67P/CG para as passagens de 1982 e 1996.

Data [TU]	r [UA]	Δ [UA]	$Af\rho$ ($\lambda_1 = 3675 \text{ \AA}$) [cm]	$Af\rho$ ($\lambda_2 = 5240 \text{ \AA}$) [cm]	EC
12,32/Out/1982	1,356	0,516	6,92(1)	1,15(2)	0,55
16,43/Out/1982	1,344	0,494	9,77(1)	1,66(2)	0,57
12,26/Dez/1982	1,354	0,403	1,38(2)	1,91(2)	0,35
12,29/Dez/1982	1,354	0,403	1,55(2)	2,14(2)	0,35
13,29/Dez/1982	1,358	0,405	1,10(2)	2,19(2)	0,75
13,32/Dez/1982	1,358	0,405	9,55(1)	1,78(2)	0,68
14,48/Dez/1982	1,362	0,408	2,69(2)	4,07(2)	0,45
14,52/Dez/1982	1,362	0,408	2,75(2)	4,17(2)	0,46
16,40/Jan/1983	1,513	0,552	2,04(2)	2,95(2)	0,40
9,25/Mar/1983	1,855	1,116	5,75(1)	1,78(2)	1,23
10,24/Mar/1983	1,862	1,130	1,38(2)	1,48(2)	0,08
Data [TU]	r [UA]	Δ [UA]	$Af\rho$ ($\lambda_1 = 3650 \text{ \AA}$) [cm]	$Af\rho$ ($\lambda_2 = 4845 \text{ \AA}$) [cm]	EC
19,20/Nov/1995	1,476	0,964	2,29(1)	4,57(1)	0,75
21,12/Jan/1996	1,301	1,095	6,76(1)	8,13(1)	0,20
21,13/Jan/1996	1,301	1,095	6,46(1)	7,76(1)	0,20
24,12/Fev/1996	1,374	1,264	1,70(2)	2,34(2)	0,35
25,15/Fev/1996	1,378	1,271	1,66(2)	1,20(2)	-0,35

Tabela 4.6.– Resumo das propriedades do gás e poeira para Cometas-Alvos de Missões Espaciais

Coluna 1. Nome do Cometa-Alvo.

Coluna 2. Período Orbital [em anos].

Coluna 3. Raio Nuclear [em km].

Coluna 4. Área Ativa [em km² e %].

Coluna 5. Retornos.

Coluna 6. Dependência do gás com a distância heliocêntrica, r [em g s⁻¹].

Coluna 7. Dependência da poeira com a distância heliocêntrica, r [em g s⁻¹].

Coluna 8. Parâmetro $Af\rho$ [em cm].

Coluna 9. Dimensão efetiva das partículas de poeira, a [em μm].

Coluna 10. Taxa de perda total de massa [Q_T , em kg s⁻¹], para $r = 1,6$ UA.

Coluna 11. Razão poeira-gás, χ [adimensional].

Coluna 12. Referências.

Tabela 4.6.– Resumo das propriedades do gás e da poeira para Cometas-Alvos de Missões Espaciais.

Cometa	Período Orbital	Raio Nuclear	Área Ativa [km ²]	Retornos	Depend. gás – r	Depend. poeira – r	$Af\rho$	a	$Q_T^{(1)}$	χ	Ref.
	[anos]	[km]	[%]		[g s ⁻¹]	[g s ⁻¹]	[cm]	[\square m]	[kg s ⁻¹]		
1P/Halley	~ 76	1,5	14,1 (100)	1986	$q_g r^{-3,96}$ (pré/pós)	$q_p r^{-3,25}$ (pré) $q_p r^{-3,12}$ (pós)	~ (562- 49000)	3,6-	~ 2670* ~6100#	0,06-	SAN10 ^(a) DEA07 ^(b)
		5,0	157 (10)					12,5		1,32	
Missão: <i>GIOTTO</i> . Data de Encontro: 13/03/1986 → $r = 0,89$ UA, $\Delta = 0,98$ UA → $Q_T = 33650$ kg s ⁻¹											
19P/Borrelly	~ 6,9	0,9	5,1 (100)	87 (pré/pós)	$q_g r^{-5,1}$	-	~ (183-337)	3,3-4,0	~864# ($r = 1,4$ UA)	0,14-	DEA07 ^(b)
		2,0	25,1 (10)	94 (pré/pós)	$q_g r^{-4,9}$ $q_g r^{-7,4}$	5,0-5,9		0,72			
		2,8	49,3 (5)	01 (pré/pós)				0,06- 0,34			
Missão: <i>DEEP SPACE 1</i> . Data de Encontro: 22/09/2001 → $r = 1,36$ UA, $\Delta = 1,48$ UA → $Q_T = (630 - 900)$ kg s ⁻¹											
81P/Wild 2	~ 6,4	1,5	14,1 (100)	78-84 (pré)	$q_g r^{-2,8}$	$q_p r^{-3,1}$	~ (132-1675)	1,3-1,8	~ 868* ~960#	0,14-	SAN10 ^(a) DEA07 ^(b)
		2,6	42,5 (10)	97 (pós)	$q_g r^{-3,2}$	$q_p r^{-3,1}$		2,5-3,0		0,84	
		4,5	127,2 (5)					0,04- 0,43			
Missão: <i>STARDUST</i> . Data de Encontro: 01/02/2004 → $r = 1,86$ UA, $\Delta = 2,61$ UA → $Q_T = (400 - 600)$ kg s ⁻¹											
9P/Tempel 1	~ 5,5	1,5	14,1 (100)	83 (pré)	$q_g r^{-4,1}$	$q_p r^{-4,5}$	~ (32,7-514)	2,2-3,5	~ 340*	0,11-	SAN10 ^(a) DEA07 ^(b)
		2,0	25,1 (10)	93-94 (pré)	$q_g r^{-7,8}$ $q_g r^{-7,8}$	$q_p r^{-4,2}$		3,9-5,4		0,94	
		3,0	56,5 (5)	93-94 (pós)				0,06- 0,47			
Missão: <i>DEEP IMPACT</i> . Data de Encontro: 04/07/2005 → $r = 1,51$ UA, $\Delta = 0,89$ UA → $Q_T = (750-1100)$ kg s ⁻¹											

Tabela 4.6.– (Cont.)

Cometa	Período Orbital [anos]	Raio Nuclear [km]	Área Ativa [km ²] [%]	Retornos	Depend. gás – r [g s ⁻¹]	Depend. poeira – r [g s ⁻¹]	<i>Afp</i> [cm]	<i>a</i> [m]	$Q_T^{(1)}$ [kg s ⁻¹]	χ	Ref.
103P/Hartley 2	~ 6,4	0,8 1,8	4 (100) 20 (20)	97 (pré/pós)	$q_g r^{-7,42}$ (pré) $q_g r^{-8,81}$ (pós)	$q_p r^{-9,83}$ (pré/pós) $q_p r^{-5,14}$ (pós)	-	-	~ 51,5* ~52,3#	0,02- 0,25	SAN10 ^(a)
Missão: <i>EPOXI</i> . Data de Encontro: 04/11/2010 → $r = 1,08$ UA → $Q_T = 1.000$ kg s ⁻¹											
67P/CG	~ 6,57	2,0	25,1 (10)	82 (pré/pós) 96 (pré/pós) 02 (pós)	$q_g r^{-5,59}$ (pós)	$q_p r^{-3,79}$ (pré/pós)	~ (2,9-417)	0,56- 4,04	~247#	0,17- 1,44	ESTE TRABA- LHO
Missão: <i>ROSETTA</i> . Data de Encontro: 05/2014 → $r = 4,5$ UA → $Q_T = 0,8$ kg s ⁻¹											

(1) Valores calculados para $r = 1,6$ UA, com exceção àquele deduzido para 19P/Borrelly ($r = 1,4$ UA)

* → fase pré-periética; # → fase pós-periética

^(a) SAN10 → SANZOVO, TREVISAN SANZOVO & DE ALMEIDA, 2010

^(b) DEA07 → DE ALMEIDA ET AL., 2007

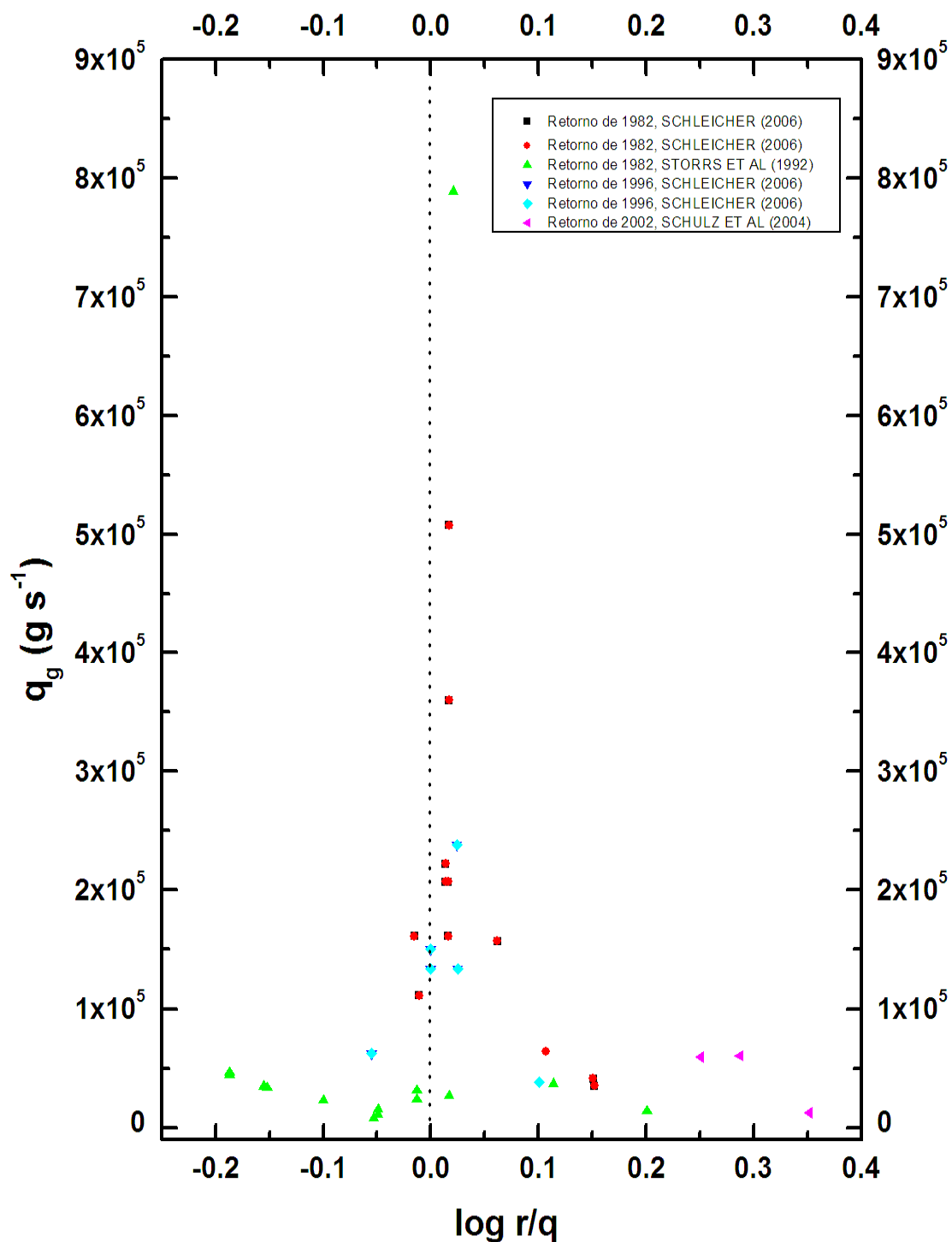


Figura 1 – Variação de taxa de produção de gás com a distância heliocêntrica para o cometa 67P/ CG.

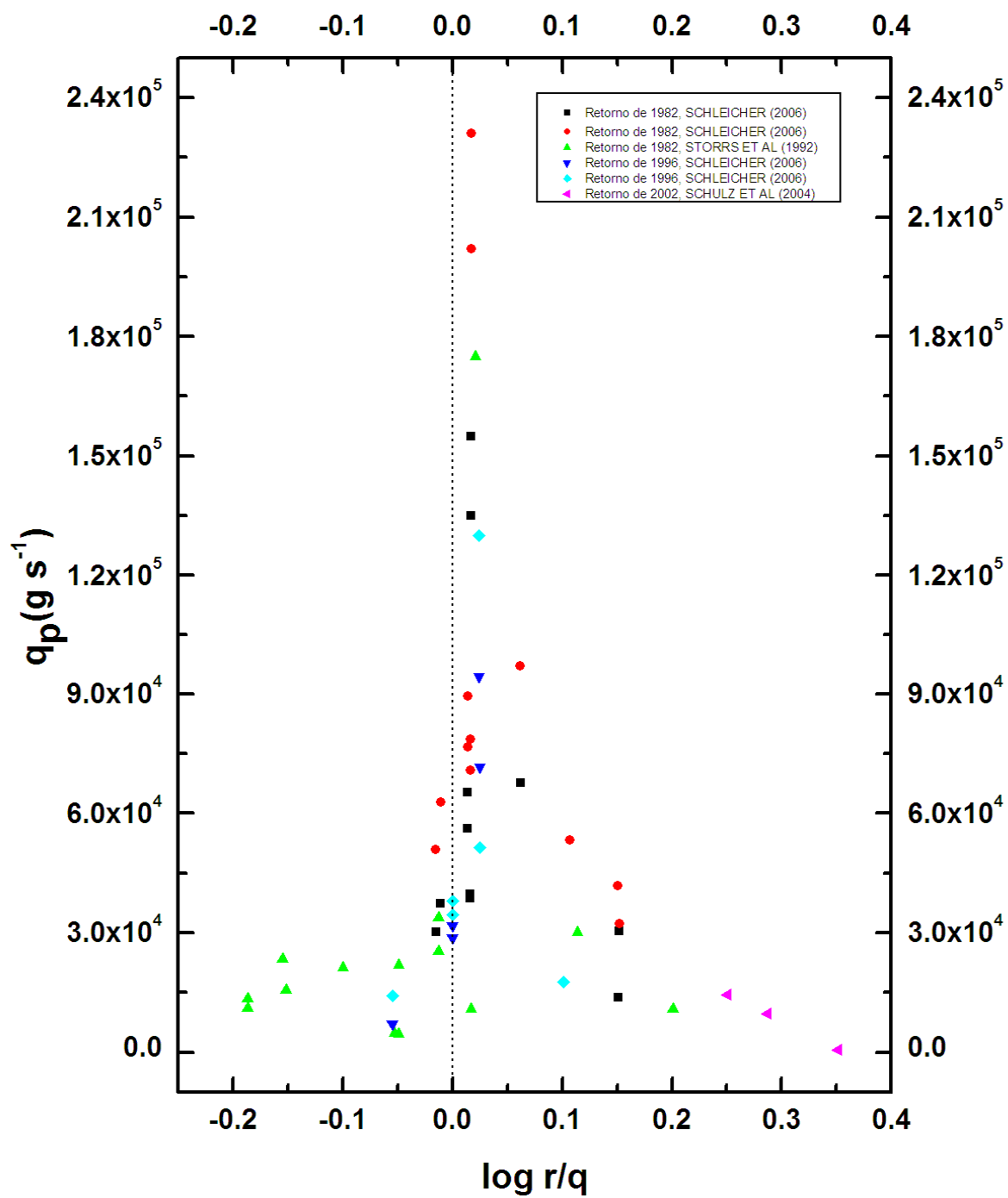


Figura 2 – Variação da taxa de perda de poeira com a distância heliocêntrica para o cometa 67P/CG.

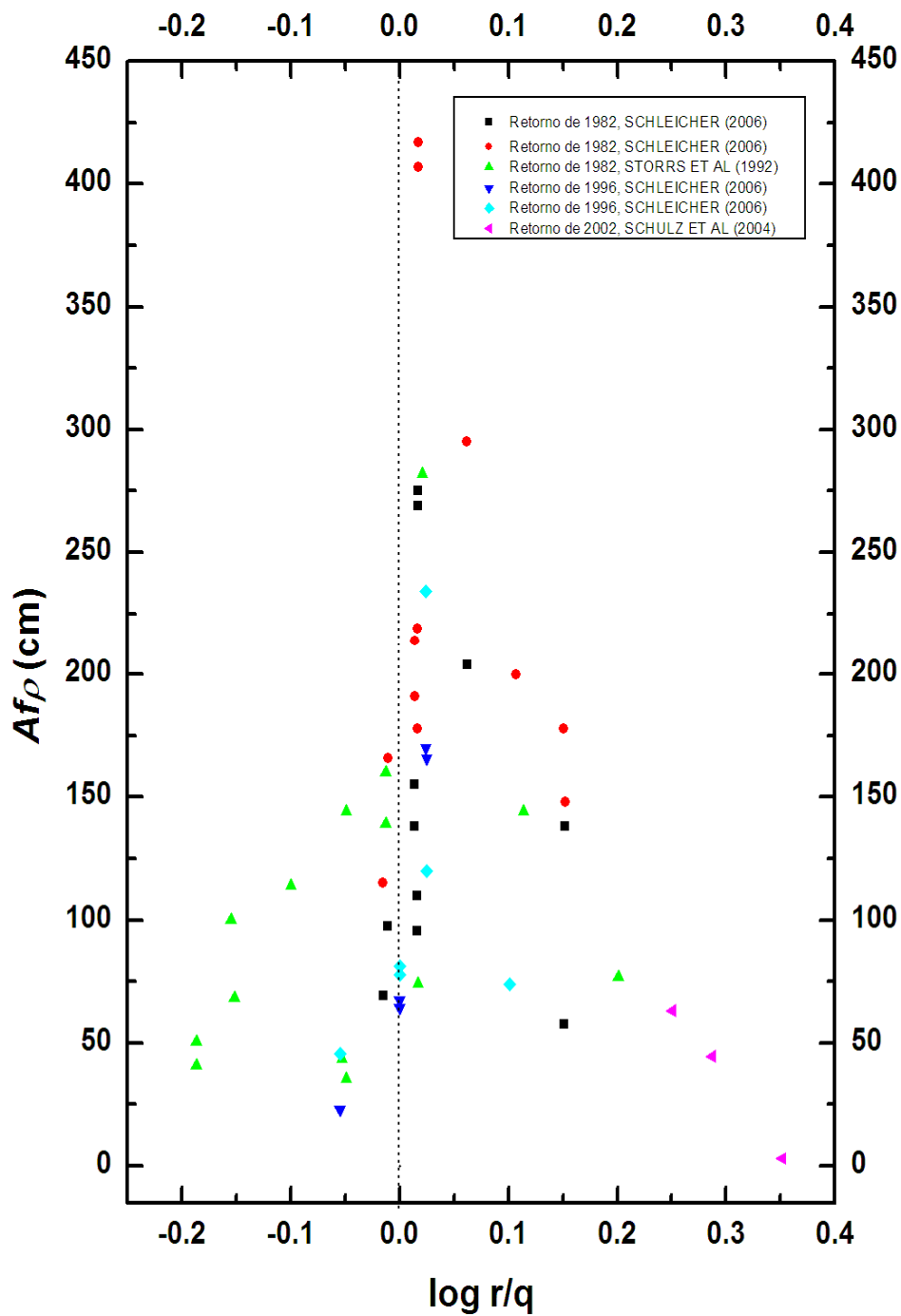


Figura 3 – Variação do parâmetro $Af\rho$ com a distância heliocêntrica para o cometa 67P/CG.

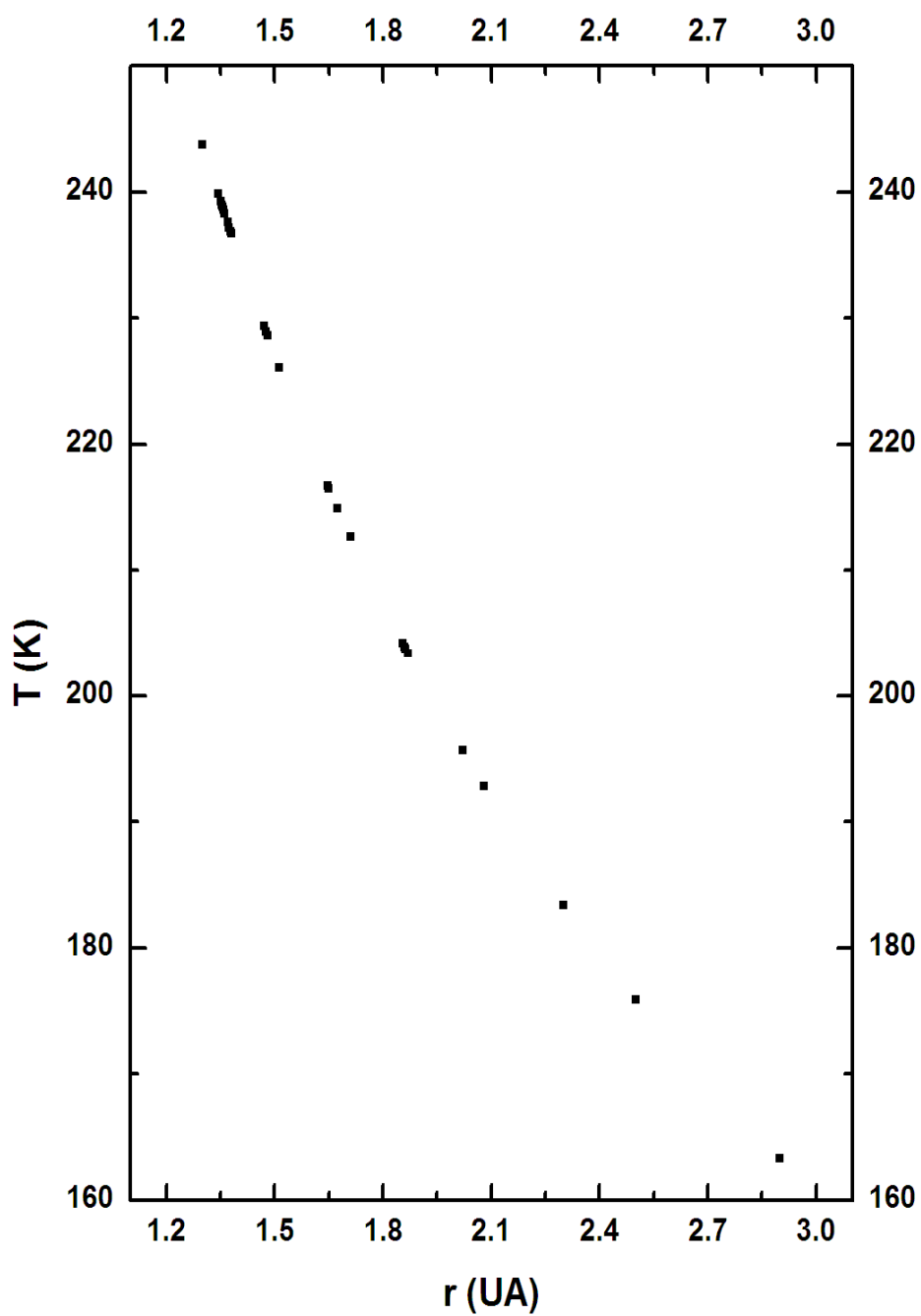


Figura 4 – Variação da temperatura da poeira para os retornos periélicos de 1982, 1996 e 2002 com a distância heliocêntrica para o cometa 67P/CG.

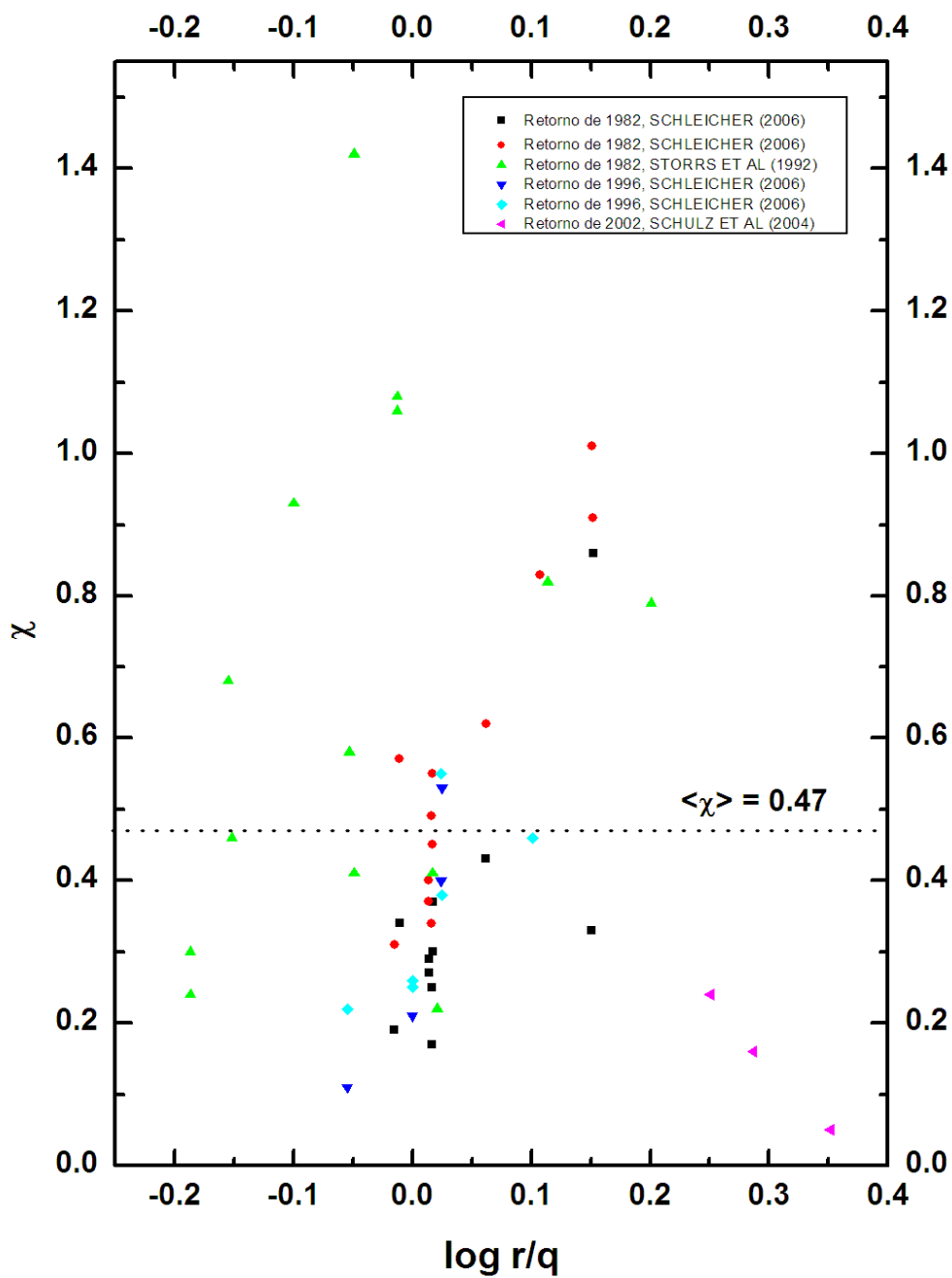


Figura 5 – Variação da razão poeira – gás com a distância heliocêntrica para o cometa 67P/CG.

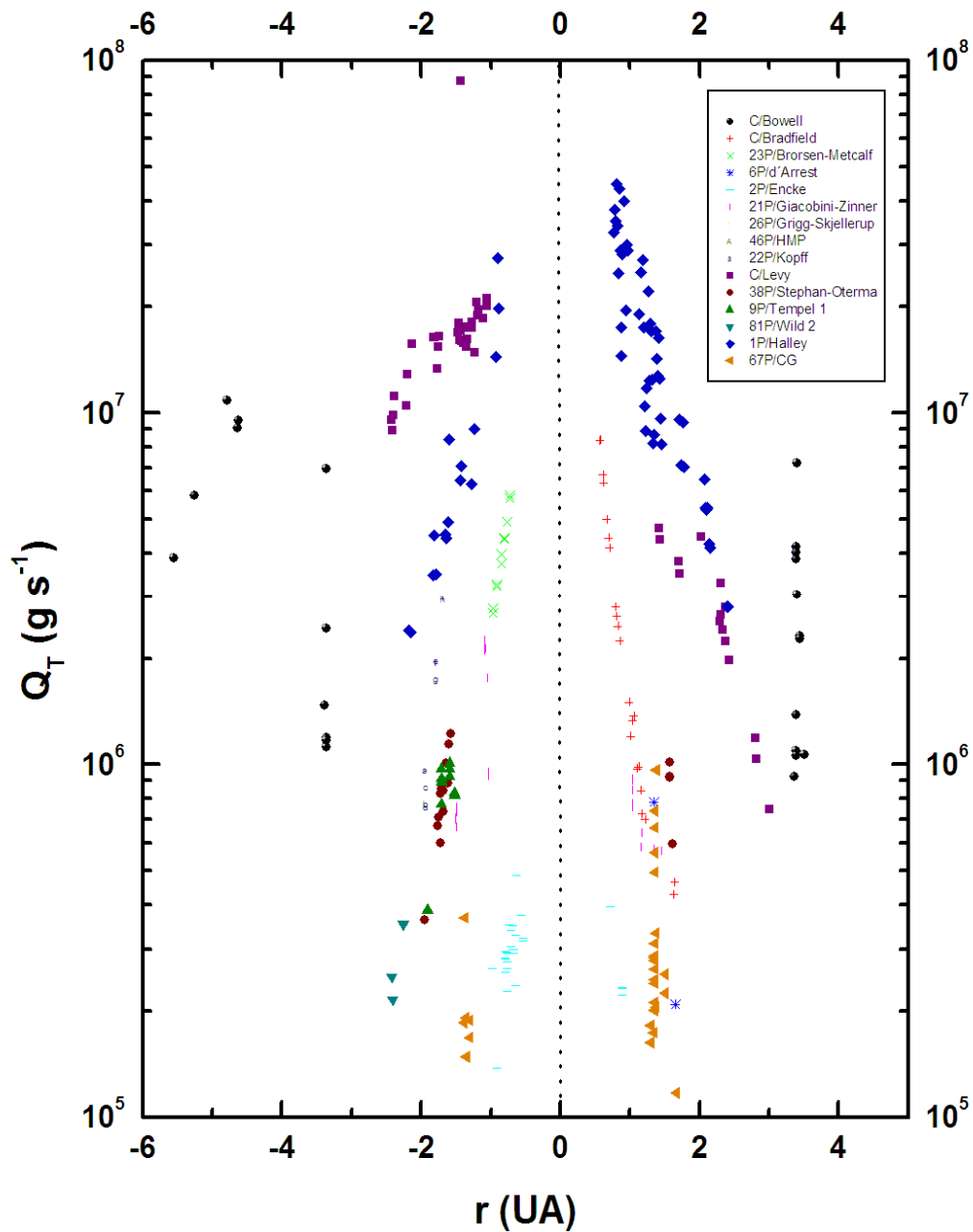


Figura 6– Comportamento, com a distância heliocêntrica, das perdas de massas totais para o cometa 67P/CG e os demais cometas da amostra.

REFERÊNCIA

- A'HEARN, M. F. & COWAN, J. J.: 1975, Molecular production rates in comet Kohoutek. *AJ*, **80**, 852
- A'HEARN, M. F. & COWAN, J. J.: 1975, Molecular production rates in Comet Kohoutek. *AJ*, **80**, 852
- A'HEARN, M. F.; MILLIS, R. L. & BIRCH, P. V.: 1981, Comet Bradfield 1979X: The Gassiest Comet ?. *AJ*, **86**, 1559
- A'HEARN, M. F.; MILLIS, R. L.; SCHLEICHER, D. G.; OSIP. D. J. & BIRCH, P. V.: 1995, The ensemble properties of comets: results from narrowband photometry of 85 comets, 1976-1992. *Icarus*, **118**, 223
- A'HEARN, M. F.; MILLIS, R. L.; SCHLEICHER, D. G.; OSIP. D. J. & BIRCH, P. V.: 1995, The ensemble properties of comets: results from narrowband photometry of 85 comets, 1976-1992. *Icarus*, **118**, 223
- A'HEARN, M. F.; SCHLEICHER, D. G.; FELDMAN, P. D.; MILLIS, R. L. & THOMPSON, D. T.: 1984, Comet Bowell (1980b). *AJ*, **89**, 579
- A'HEARN, M. F.; SCHLEICHER, D. G.; FELDMAN, P. D.; MILLIS, R. L. & THOMPSON, D. T.: 1984, Comet Bowell (1980b). *AJ*, **89**, 579
- A'HEARN, M. F.; SCHLEICHER, D. G.; FELDMAN, P. D.; MILLIS, R. L. & THOMPSON, D. T.: 1984, Comet Bowell (1980b). *AJ*, **89**, 579
- AGARWAL, J.; MÜLLER, M & GRÜN, E.: 2010, Dust Environment Modelling of Comet 67P/Churyumov-Gerasimenko. *arXiv:1001.301v1 [astro-ph.EP]*
- AGARWAL, J.; MÜLLER, M. & GRÜN, E.: 2010, Dust Environment Modelling of Comet 67P/Churyumov-Gerasimenko. *arXiv:1001.301v1 [astro-ph.EP]*
- BOBROVNIKOFF, N.: 1954, Reports of observations 1953-1954: Perkins Observatory-Physical properties of comets. *AJ*, **59**, 356
- BRANDT, J. C. & CHAPMAN, R. D.: 1981, Em “*Introduction to Comets*”, Cambridge University Press, Cambridge, p. 246
- BRANDT, J. C.: 2007, Physics and Chemistry of Comets. Em “*Encyclopedia of the Solar System*”, ed. por L. McFadden, P. R. Weissman e T. V. Johnson, Academic Press, Amsterdam, p. 966
- COCHRAN, A. L.: 1985, A re-evaluation of the Haser Model scale lengths of comets. *AJ*, **90**, 2609
- DE ALMEIDA, A. A.; BOCZKO, R.; SANZOVO, G. C. & TREVISAN SANZOVO, D.: 2009b, Analysis of total visual and CCD V-broadband observations of Comet C/1995 O1 (Hale-Bopp): 1995-2001. *Adv. Space Res.*, **44**, p. 335

- DE ALMEIDA, A. A.; SANZOVO, G. C.; SINGH, P. D.; MISRA, A.; MIGUEL TORRES, R.; BOICE, D. C. & HUEBNER, W. F.: 2007, On the relationship between visual magnitudes and gas and dust production rates in target comets to space missions. *Adv. Space Res.*, **39**, 432
- DE ALMEIDA, A. A.; SINGH, P. D. & HUEBNER, W. F.: 1997, Water release rates, active areas, and minimum nuclear radius derived from magnitudes of comets – an application to Comet 46P/Wirtanen. *Planet. Space Sci.*, **45**, 681
- DE ALMEIDA, A. A.; SINGH, P. D. & HUEBNER, W. F.: 1997, Water release rates, active areas, and minimum nuclear radius derived from magnitudes of comets – an application to Comet 46P/Wirtanen. *Planet. Space Sci.*, **45**, 681
- DE ALMEIDA, A. A.; TREVISAN SANZOVO, D.; SANZOVO, G. C.; BOCZKO, R. & MIGUEL TORRES, R.: 2004, Groundbased investigation of comet 67p/churyumov-gerasimenko, target of the spacecraft Mission Rosetta. *35th COSPAR Scientific Assembly*. Paris, França, p.931
- DE ALMEIDA, A. A.; TREVISAN SANZOVO, D.; SANZOVO, G. C.; BOCZKO, R. & MIGUEL TORRES.: 2009a, Comparative study of productivity of the Rosetta target Comet 67P/Churyumov-Gerasimenko. *Adv. Space Res.*, **43**, p. 1993
- DE FREITAS PACHECO, J. A.; LANDABERRY, S. J. C. & SINGH, P. D.: 1988, Spectrophotometric observations of the Comet Halley during the 1985-86 apparition. *Mon. Not. R. Astron. Soc.*, **235**, 457
- DELSEMME, A. H.: 1982, Chemical composition of cometary nuclei. Em “Comets”, ed. by. L. L. Wilkening, Univ. of Arizona Press, Tucson, p. 125
- DISANTI, M. A & FINK, U.: 1991, Composition comparison between Comets P/Halley and P/Brosen-Metcalf. *Icarus*, **91**, 105
- DIVINE, N.: 1981, Simple Radiation Model of Cometary Dust for P/Halley. Em “Cometary Halley Dust and Gas”, Environment Workshop, ESA SP, **174**, p. 47
- DIVINE, N.: 1981, Simple Radiation Model of Cometary Dust for P/Halley. Em “Cometary Halley Dust and Gas”, Environment Workshop, ESA SP **174**, p. 47
- FESTOU, M. C.; RICKMAN, H. & WEST, R. M.: 1993, Comets. II Models, evolution, origin and outlook. *The Astron. Astrophys. Rev*, **4**, 448
- GREENBERG, J. M. & HAGE, J. I.: 1990, From Interstellar Dust to Comets: A Unification of Observational Constraints. *ApJ*, **361**, 260
- GRÜN, E. & JESSBERGER, E. K.: 1990, Em “Physics and Chemistry of Comets”, ed. por W. F. Huebner, Springer-Verlag, New York, p. 391
- HANNER, M. S.: 1983, The nature of cometary dust from remote sensing. Em “Cometary Exploration II”. ed. T. I. Gambosi, CRIP, Budapeste, 1-22

HANNER, M. S.; TEDESCO, E.; TOKUNAGA, A. T.; VEEDER, G. J.; LESTER, D. F.; WITTEBORN, F. C.; BREGMAN, J. D.; GRADIE, J. & LEBOFISKY, L.: 1985, The dust coma of periodic Comet Churyumov-Gerasimenko (1982 VIII). *Icarus*, **64**, 11

HASER, L.: 1957, Distribution d'intensité dans la tête d'une Comète. *Bull. Acad. Roy. Sci. Bel.*, **43**, 740

HUEBNER, W. F.: 1990, Em "*Physics and Chemistry of Comets*", Springer-Verlag, New York, p. 391

HUEBNER, W. F.; KEADY, J. J. & LYON, S. T.: 1992, "*Solar Photo Rates for Planetary Atmospheres and Atmospheric Pollutants*". Kluwer Academic Publisher, Bélgica, p. 246

HUEBNER, W. F.; KEADY, J. J. & LYON, S. T.: 1992, "*Solar Photo Rates for Planetary Atmospheres and Atmospheric Pollutants*". Kluwer Academic Publisher, Bélgica, p. 246

JESSBERGER, E. K., KISSEL, J. & RAHE, J.: 1989, Em "*Origin and Evolution of Planetary and Satellite Atmospheres*", ed. por S. K. Atreya, J. B. Pollack e M. S. Mathews. The University of Arizona Press, Tucson, p. 167

JEWITT, D. C.; SOIFER, B.T.; NEUGEBAUER, G.; MATTHEWS, K. & DANIELSON, G. E.: 1982, Visual and infrared observations of the distant Comets P/Stephan-Oterma (1980g), Panther (1980u), and Bowell (1980b). *AJ*, **87**, 1854

KELLER, H. U.: 1976, The interpretations of ultraviolet observations of comets. *Space Sci. Rev.*, **18**, 641

KELLER, H. U.; ARPIGNY, C.; BARBIERI, C.; BONNET, R. M.; LAZES, S.; CORADINI, M.; COSMOVICI, C. B.; DELAMERE, W. A.; HUEBNER, W. F.; HUGHES, D. W.; JAMAR, C.; MALAISE, D.; REITSEMA, H. J.; SCHMIDT, W. K. H.; SEIGE, P. & WHIPPLE, K.: 1986, First Halley multicolour camera imaging results from Giotto. *Nature*, **321**, 320

KRISHNA SWAMY, K. S.: 1997, Em "*Physics of Comets*". World Scientific Series in Astronomy and Astrophysics, Cingapura, p. 371

LAMY, P. L.; TOTH, I.; WEAVER, H. A.; JORDA, L.; KAASALAINEN, M. & GUTIÉRREZ, P. J.: 2006, Hubble Space Telescope observations of the nucleus and inner coma of comet 67P/Churyumov-Gerasimenko. *A&A*, **458**, 669

MILLIS, R. L.; A'HEARN, M. F. & THOMPSON, D. T.: 1982, Narrowband Photometry of Comet P/Stephan-Oterma and the Backscattering Properties of Cometary Grains. *AJ*, **87**, 1310

MORRIS, C. S.: 1973, On aperture corrections for comet magnitude estimates. *PASP*, **85**, 470

- MUMMA, M. J.; DISANTI, M. A.; DELLO RUSSO, N.; MAGEE-SAUER, K. & RETTIG, T. W.: 2000, Detection of CO and Ethane in Comet 21P/Giacobini-Zinner: Evidence for Variable Chemistry in the Outer Solar Nebula. *AJ*, **531**, L155
- NEWBURN Jr, R. L.: 1981, A semi-empirical photometric theory of cometary gas and dust production. Application to P/Halley's gas production rates. Em "*Comet Halley Dust and Gas*"; Environment Workshop, ESA SP, **174**, 3
- NEWBURN, R. L. & SPINRAD, H.: 1984, Spectrophotometry of 17 Comets. I. The Emission Features. *AJ*, **89**, 289
- NEWBURN, R. L. & SPINRAD, H.: 1985, Spectrophotometry of seventeen comets. II – The continuum. *AJ*, **90**, 2591
- NEWBURN, R. L. & SPINRAD, H.: 1985, Spectrophotometry of seventeen comets. II – The continuum. *AJ*, **90**, 2591
- NEWBURN, R. L. & SPINRAD, H.: 1985, Spectrophotometry of seventeen comets. II – The continuum. *AJ*, **90**, 2591
- NEWBURN, R. L. & SPINRAD, H.: 1989, Spectrophotometry of 25 Comets: Post-Halley updates for 17 Comets plus new observations for Eight additional Comets. *AJ*, **97**, 552
- NEWBURN, R. L. & SPINRAD, H.: 1989, Spectrophotometry of 25 Comets: Post-Halley updates for 17 Comets plus new observations for Eight additional Comets. *AJ*, **97**, 552
- NEWBURN, R. L. & SPINRAD, H.: 1989, Spectrophotometry of 25 Comets: Post-Halley updates for 17 Comets plus new observations for eight additional Comets. *AJ*, **97**, 552
- NEY, E. P.: 1982, Optical and infrared observations of bright comets in the range 0.5 micrometers to 20 micrometers. Em "*Comets*". ed. by. L. L. Wilkening, Univ. of Arizona Press, Tucson, p. 323
- OORT, J. H.: 1950, The structure of the cloud of comets surrounding the solar system and a hypothesis concerning its origin. *Bull. Astron. Inst. Neth.*, **11**, 91
- OSIP, D. J.; SCHLEICHER, D. G. & MILLIS, R. L.: 1992, Comets: Groundbased observations of spacecraft mission candidates. *Icarus*, **98**, 115
- OSIP, D. J.; SCHLEICHER, D. G. & MILLIS, R. L.: 1992, Comets: Groundbased observations of spacecraft mission candidates. *Icarus*, **98**, 115
- PROBSTEIN R. F.: 1969, Em "*Problems of Hydrodynamics and Continuum and Mechanics*", SIAM, Philadelphia, p. **568**
- SANZOVO, G. C.; SINGH, P. D. & HUEBNER, W. F.: 1996, Dust colors, dust release rates, and dust-to-gas ratios in the comae of six comets. *A&ASS*, **120**, 301

SANZOVO, G. C.; SINGH, P. D. & HUEBNER, W. F.: 1996, Dust colors, dust release rates, and dust-to-gas ratios in the comae of six comets. *A&ASS*, **120**, 301

SANZOVO, G. C.; SINGH, P. D. & HUEBNER, W. F.: 1996, Dust colors, dust release rates, and dust-to-gas ratios in the comae of six comets. *A&ASS*, **120**, 301

SANZOVO, G. C.; TREVISAN SANZOVO, D. & DE ALMEIDA, A. A.: 2010, On the relationship between gas and dust in 15 comets: an application to Comet 103P/Hartley 2 target of the NASA EPOXI mission of opportunity. *Icy Bodies of the Solar System, Proceedings of the International Astronomical Union, IAU Symposium*, **263**, p. 272

SANZOVO, G. C.; TREVISAN SANZOVO, D. & DE ALMEIDA, A. A.: 2010, On the relationship between gas and dust in 15 comets: an application to Comet 103P/Hartley 2 target of the NASA EPOXI mission of opportunity. *Icy Bodies of the Solar System, Proceedings of the International Astronomical Union, IAU Symposium*, **263**, p. 272

SCHLEICHER, D. G.: 2006, Compositional and physical results for Rosetta's new target Comet 67P/Churyumov-Gerasimenko from narrowband photometry and imaging. *Icarus*, **181**, 442

SCHLEICHER, D. G.; MILLIS, R. L. & BIRCH, P. V.: 1987, Photometric observations of comet P/Giacobini-Zinner. *A&A*, **187**, 531

SCHLEICHER, D. G.; MILLIS, R. L. & BIRCH, P. V.: 1998, Narrowband Photometry of Comet P/Halley: Variation with Heliocentric Distance, Season, and Solar Phase Angle. *Icarus*, **132**, 397

SCHLEICHER, D. G.; MILLIS, R. L.; OSIP, D. J. & BIRCH, P. V.: 1991, Comet Levy (1990c): Groundbased photometric results. *Icarus*, **94**, 511

SCHULZ, R.: 2010, The Rosetta Mission: Comets and Asteriod Exploration. *Icy Bodies of the Solar System, Proceedings of the International Astronomical Union, IAU Symposium*, **263**, 312

SCHULZ, R.: 2010, The Rosetta Mission: Comets and Asteriod Exploration. *Icy Bodies of the Solar System, Proceedings of the International Astronomical Union, IAU Symposium*, **263**, 312

SCHULZ, R.; STÜWE, J. A. & BOEHNHARDT, H.: 2004, Rosetta target comet 67P/Churyumov-Gerasimenko. *A&A*, **442**, L19

SEKANINA, Z.: 1979, Fan-shaped coma, orientation of rotation axis, and surface structure of a cometary nucleus I. Test of a model on four comets. *Icarus*, **37**, 420

STORRS, A. D.; COCHRAN, A. L. & BARKER, E. S.: 1992, Spectrophotometry of the Continuum in 18 Comets. *Icarus*, **98**, 163

SWINGS, P.: 1943, Cometary Spectra. *Mon. Not. R. Astron. Soc.*, **103**, 86

TANCREDI, G.; FERNÁNDEZ, J. A.; RICKMAN, H. & LICANDRO, J.: 2000, A Catalog of observed nuclear magnitudes fo Jupiter family comets. *A&A*, **146**, 73

TREVISAN SANZOVO, D.: 2006, Correlação Gás-Poeira em 14 Cometas: Uma Aplicação ao Cometa 85P/Boethin. *Dissertação de Mestrado*, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, Paraná