

Universidade Federal do Paraná  
Setor de Ciências Exatas  
Departamento de Física

Memorial Descritivo

Márcio Henrique Franco Bettega

*Memorial Descritivo submetido à Comissão Permanente de Pessoal Docente, como parte dos requisitos necessários para promoção para Professor Titular do Departamento de Física do Setor de Ciências Exatas da Universidade Federal do Paraná. Curitiba, julho de 2014.*

# Dados Pessoais

- **Nome:**

Márcio Henrique Franco Bettega

- **Data de Nascimento**

6 de fevereiro de 1964

- **Local de Nascimento:**

Curitiba, Paraná

- **Filiação:**

Francisco Bettega Netto e Semíramis Franco Bettega

- **Estado Civil:**

Casado com Andréa Pozetti Spina

- **Filha:**

Laura Spina Bettega

- **Endereço Residencial:**

Rua Capitão Leônidas Marques, 894, Sobrado 9A,  
Uberaba,  
81540-970, Curitiba, PR

- **Endereço Profissional:**

Departamento de Física, Universidade Federal do Paraná,  
Rua Cel. Francisco Heráclito dos Santos, 100,  
Centro Politécnico, Bloco II,  
Jardim das Américas,  
81531-980, Curitiba, PR

- **Telefone:**

+55-41-33613002 (UFPR)

- **Endereço Eletrônico:**

bettega@fisica.ufpr.br

- **Página na Internet:**

<http://fisica.ufpr.br/bettega>

# 1 Introdução

Nasci no dia 6 de fevereiro de 1964, às 7 horas e 30 minutos no Hospital Militar de Curitiba, na cidade de Curitiba no estado do Paraná. Sou filho de Francisco Bettega Netto e de Semíramis Franco Bettega. Meu nome, Márcio Henrique Franco Bettega, homenageia meus avôs materno, Márcio de Azevedo Franco e paterno, Henrique Bettega. Sou casado com Andréa Pozetti Spina e tenho uma filha chamada Laura Spina Bettega, nascida em 22 de setembro de 2005, em Curitiba. Resido em Curitiba.

Estudei nas escolas Nosso Jardim, Jardim de Infância Vovó Chiquinha, Colégio Stella Maris e no Colégio Militar de Curitiba, onde fiz 6 meses de cursinho preparatório e depois cursei da quinta à oitava séries. Cursei o segundo grau no Colégio Dom Bosco.

Ingressei no curso de Engenharia Civil da Universidade Federal do Paraná em 1983. No final deste ano solicitei reopção para o Curso de Física, a qual foi aprovada. Iniciei o curso de Bacharelado em Física em 1984 e concluí em 1987 (a formatura foi no início de 1988).

Durante a graduação não cheguei a fazer uma iniciação científica formal, mas apresentei alguns seminários sobre fundamentos de estrutura eletrônica para o Professor Cristiano Johannes Friedrich Graf, que foi um dos grandes incentivadores para que eu seguisse na carreira acadêmica. O curso de Mecânica Quântica, o qual cursei com o Professor Cristiano, também foi decisivo na escolha da área de pesquisa do mestrado. Outros professores que também tiveram um papel importante na minha formação foram Paula Vercelli (com quem cursei Estrutura da Matéria A e Laboratório Especial), Lui Kai (já falecido, com quem cursei Mecânica dos Meios Contínuos) e Gilberto Medeiros Kremer (com quem cursei Termodinâmica e Mecânica Estatística).

No último ano da graduação eu decidi que iria fazer o mestrado no Instituto de Física da USP. Por sugestão do Professor Cristiano, fui procurar o Professor Luiz Guimarães Ferreira. O Professor Cristiano conheceu o Professor Guimarães em uma escola de estrutura eletrônica. Nesta época o Professor Cristiano estava orientando um estudante de mestrado, Jorge Alberto Kintop, e pediu ao Professor Guimarães os programas do método Celular Variacional, desenvolvido por ele e pelo Professor José Roberto Leite. O Professor Guimarães forneceu os programas e também colaborou no desenvolvimento do mestrado do Kintop.

Com uma carta de apresentação escrita pelo Professor Cristiano, fui até à USP conversar com o Professor Guimarães, que prontamente aceitou me orientar. Isso ocorreu no segundo semestre de 1987. Em janeiro de 1988 retornei à USP para levar a documentação necessária para fazer a inscrição no mestrado. Entre os documentos, levei as cartas de recomendação dos Professores Cristiano e Kremer.

Iniciei o mestrado em 1988, com bolsa do CNPq, sob a orientação do Professor Guimarães.

O Professor Ricardo Luiz Viana, hoje meu colega na UFPR e meu veterano na época da graduação, havia concluído o mestrado na USP e quando eu iniciei o mestrado ele estava no início de seu doutorado. O meu amigo de graduação Ibrahim El Chamma Neto (hoje professor da Universidade Positivo) também foi para a USP fazer o mestrado. A presença de amigos facilitou a minha adaptação em São Paulo, pois esta era a primeira vez que morava fora de casa. Morei no CRUSP durante todo o mestrado.

Neste mesmo ano, o Professor Marco Aurélio Pinheiro Lima havia retornado de seu doutorado no California Institute of Technology (Caltech), onde participou do desenvolvimento e implementação computacional do método multicanal de Schwinger (método desenvolvido para o estudo do espalhamento de elétrons de baixa energia por moléculas). Seu orientador foi o Professor Vincent McKoy. O Professor Marco Lima estava querendo implementar pseudopotenciais (potenciais que simplificam os cálculos computacionais, considerando explicitamente apenas os elétrons de valência dos átomos) no método Multicanal de Schwinger. Ele foi até a USP conversar com o Professor Guimarães, uma vez que pseudopotenciais são muito utilizados em cálculos de estrutura eletrônica de sólidos (especialidade do Professor Guimarães). Eu participei desta reunião, na qual foi definido o tema da minha dissertação, que seria o uso de pseudopotenciais em cálculos de estrutura eletrônica de átomos e de espalhamento de elétrons por átomos (sempre comparando os resultados obtidos com pseudopotenciais com os resultados obtidos em cálculos considerando todos os elétrons). A escolha dos pseudopotenciais de Bachelet, Hamann e Schlüter (BHS) foi uma sugestão do Professor Armando Corbani Ferraz. Os pseudopotenciais de BHS são de norma conservada, e foram tabelados para todos os átomos da tabela periódica. Além disso, eles foram ajustados a uma expressão analítica que permite os cálculos de integrais primitivas envolvendo ondas plana e/ou Gaussianas Cartesianas de forma analítica. Isto foi bastante útil no doutorado.

Para iniciar o mestrado precisei lembrar do Fortran, que havia aprendido na graduação (usando cartões). Para isso, comprei o livro “Programação Princípios”, de Tercio Passiti. A primeira etapa do mestrado foi escrever o pseudopotencial em uma rede de pontos. Depois disso, fiz a implementação desta rotina no programa atômico, e finalmente implementei as rotinas para espalhamento (utilizando o método das ondas parciais). Defendi o mestrado no início de 1990. Os Professores Cristiano e Marco Lima participaram da banca, presidida pelo Professor Guimarães.

No meio do segundo semestre de 1989, já na fase final do mestrado, fui conversar com o Professor Guimarães sobre o doutorado, pois gostaria de continuar trabalhando com ele. Ele me contou que no ano seguinte iria para a UNICAMP, e perguntou se eu não gostaria de fazer o doutorado lá. Nesta época eu já estava bem adaptado em São Paulo e não havia pensado na

possibilidade de deixar a USP e mudar de São Paulo. No final, acabei gostando da ideia de fazer o doutorado na UNICAMP.

Iniciei o doutorado em março de 1990, sob a orientação do Professor Guimarães e coorientação do Professor Marco Lima, com bolsa do CNPq. Durante o doutorado fiz a implementação dos pseudopotenciais de Bachelet, Hamann e Schlüter primeiramente no código de estrutura eletrônica e depois no método multicanal de Schwinger (SMC).

No ano de 1990 fui apresentado ao Professor José Silvério Edmundo Germano, do ITA. Ele estava trabalhando na implementação do método SMC para espalhamento de pósitrons sob a orientação do Professor Marco Lima. Eu estava iniciando os estudos sobre estrutura eletrônica (mais precisamente sobre o método Hartree-Fock), e conversando com o Professor Silvério ele sugeriu o livro “Modern Quantum Chemistry”, de Attila Szabo e Neil Ostlund. Por coincidência, algum tempo depois encontrei este livro em uma livraria no centro de Campinas, o qual me ajudou muito no início da tese. Além de apresentar o método Hartree-Fock (e os métodos pós-Hartree-Fock, que consideram a correlação eletrônica) incluindo detalhes minuciosos da parte técnica (integrais primitivas, cálculo de elementos de matriz, conjuntos de base etc) o livro apresenta, em um dos apêndices, um programa em Fortran para cálculos Hartree-Fock de moléculas de dois elétrons (eu ainda uso este programa na disciplina optativa de Fundamentos de Física Atômica e Molecular, para a graduação). Eu implementei este programa em um PC e o utilizei para localizar a integral primitiva  $\langle \text{gaussiana} | -Z/r | \text{gaussiana} \rangle$  no programa de estrutura eletrônica, uma vez que a implementação do pseudopotencial ( $V_{pp}$ ) é feita via esta integral, através da substituição de  $-Z/r$  por  $V_{pp}$ . Depois fiz a implementação de  $V_{pp}$  no método SMC.

Terminada a implementação das rotinas, utilizei os pseudotenciais em cálculos de estrutura eletrônica de uma série de moléculas. Este foi o tema do meu exame de qualificação. Posteriormente utilizei o método SMC em cálculos de espalhamento elástico e inelástico de elétrons por alguns sistemas moleculares para os quais haviam outros resultados teóricos, obtidos com o uso de todos os elétrons, e também dados experimentais. Meu primeiro artigo, que foi sobre o assunto global de minha tese de doutorado, foi publicado em fevereiro de 1993 no Physical Review A.

Ao longo dos anos que passei na UNICAMP fiz muitos amigos, e ainda tenho contato com alguns deles (costumo encontrar vários deles quase que anualmente no Encontro Nacional de Física da Matéria Condensada). Tive também diversas conversas sobre teoria de espalhamento e estrutura eletrônica com os Professores Luiz Marco Bresnecansin, Fernando Jorge da Paixão e Manoel Lopes de Siqueira, já falecido (ele era professor da UFMG e passou um ano trabalhando com o Professor Guimarães).

No início de 1992, durante o doutorado, prestei concurso para Professor Assistente no Departamento de Física da Universidade Federal do Paraná (UFPR), e fui aprovado em primeiro lugar. Ingressei na UFPR em 3 de junho de 1992. Antes de assinar o contrato eu já havia conseguido resultados suficientes para finalizar a tese, a qual defendi no início de 1993.

Comecei a lecionar na UFPR no segundo semestre de 1992 ministrando o curso de Estrutura da Matéria A para o curso noturno, substituindo outro professor. Fui professor homenageado pelos formandos desta turma.

Os primeiros anos na UFPR não foram fáceis, pois não havia estrutura computacional para pesquisa. Os professores do departamento tinham acesso a um terminal do “mainframe” da universidade, que ficava na secretaria do departamento, e que servia para leitura e envio de correio eletrônico. O procedimento necessário para enviar um e-mail era bastante artesanal, pois era necessário o preenchimento de um cabeçalho com diversos dados para que, finalmente, a mensagem fosse enviada. Para poder escrever a tese de doutorado comprei o meu primeiro computador.

Durante os anos de 1993 e 1994 fiz alguns cálculos usando um VAX que foi doado para a UFPR, mas nada que pudesse ser publicado. Estes cálculos serviram para encontrar e corrigir “bugs” em algumas rotinas do pseudopotencial. Aproveitei também para calcular, programar e testar os elementos de matriz do pseudopotencial entre duas ondas planas (isto pode ser feito em um computador de pequeno porte). Estes elementos de matriz eram necessários no procedimento de “Born closure”, utilizado para o caso de espalhamento de elétrons por moléculas com dipolo elétrico permanente. Esta rotina foi utilizada anos mais tarde na dissertação de mestrado do Professor Márcio Teixeira do Nascimento Varella. O cálculo destes elementos de matriz aparece como um apêndice em um dos artigos publicados em colaboração com ele.

Outro trabalho importante que foi feito em colaboração com o grupo da UNICAMP, no início de minha carreira, foi o desenvolvimento de um método para gerar funções de base (funções Gaussianas Cartesianas) específicas para pseudopotenciais. Este trabalho foi publicado em 1996. A escolha das funções de base foi uma das dificuldades que encontrei durante o desenvolvimento da minha tese. Os conjuntos de base disponíveis eram gerados para todos os elétrons. Desta forma, resolvemos utilizar estes conjuntos em cálculos com pseudopotenciais, excluindo as funções com expoentes grandes. As pseudofunções são suaves e sem nós, e em princípio deveriam ser bem descritas desta forma.

No final de 1993 fui eleito vice-coordenador de graduação, junto com a Professora Neide Kazue Kuromoto, eleita coordenadora. Nos dois anos de nossa gestão participei de alguns projetos ligados ao curso de Licenciatura em Física. Em 1994, ministrei pela primeira vez a disciplina de Mecânica Quântica A, para os cursos diurno e noturno de graduação. Nos dois

anos seguintes fui professor homenageado e paraninfo.

Durante o final de meu doutorado, quando ainda estava na UNICAMP, colaborei com a Doutora Alexandra Pardo Policastro Natalense, que nesta época ainda era estudante de graduação e depois fez o mestrado e doutorado com o Professor Marco Lima. Como mantive a colaboração com o grupo da UNICAMP, fui coautor do artigo de mestrado da Doutora Alexandra, que foi publicado em 1995. Em sua tese de mestrado, ela estudou o espalhamento de elétrons por sistemas relativamente pesados, como  $\text{SiCl}_4$ ,  $\text{SiBr}_4$  e  $\text{SiI}_4$ , mostrando a importância do uso de pseudopotenciais neste tipo de problema.

O primeiro trabalho realizado inteiramente na UFPR foi publicado também em 1995, no *The Journal of Chemical Physics*. Eu já havia comprado meu segundo computador, com processador Intel DX2 66 e 32 MBytes de memória RAM. Para poder compilar o SMC, comprei o Fortran Power Station 1.0. O Professor Guimarães estava usando este compilador e sugeriu que eu o comprasse, pois ele permitia o uso de toda a memória RAM disponível no computador. Comprei o compilador, adaptei os códigos do método SMC e do programa de estrutura eletrônica para o PC e fiz os cálculos de espalhamento de elétrons por moléculas de  $\text{XH}_4$  ( $\text{X}=\text{C}, \text{Si}, \text{Ge}, \text{Sn}, \text{Pb}$ ). Este trabalho ajudou a estabelecer o método multicanal de Schwinger com pseudopotenciais como uma ferramenta importante para o estudo de espalhamento de elétrons por moléculas contendo átomos pesados. Este computador ainda me ajudou em outros trabalhos.

Com o surgimento do Centro Nacional de Processamento de Alto Desempenho (CENAPAD), com sede na UNICAMP, obtive acesso aos computadores que possibilitaram a continuidade de minha pesquisa. Na UFPR, o sistema de correio eletrônico havia melhorado (graças a alguns professores do Departamento de Informática) e tínhamos terminais que permitiam o acesso remoto a outros computadores. No final dos anos 90 já tínhamos terminais em nossas mesas.

Eu havia submetido alguns projetos para o CNPq solicitando auxílio para pesquisa (para a compra de computadores) e para participação em evento científico no exterior. Todos estes pedidos foram negados. Apesar disso, em 1995, consegui obter o número de artigos exigidos para ingressar no corpo docente da pós-graduação em Física da UFPR.

Em 1997 lecionei pela primeira vez os cursos de Física Quântica I e II para a pós-graduação. Também participei do primeiro artigo relativo à dissertação de mestrado do Professor Márcio Varela, orientado pelo Professor Marco Lima. No final deste ano participei da banca de defesa de tese da Doutora Alexandra, juntamente com os Professores Marco Lima, Guimarães, José Roberto Leite e Vincent McKoy. Nesta época, o grupo do Professor McKoy já utilizava processamento paralelo para resolver problemas de espalhamento de elétrons por moléculas contendo muitos átomos. Quando nos encontramos para o almoço, o Professor Marco Lima me disse que já havia conversado com o Prof. McKoy sobre a possibilidade de um pós-doutorado meu

no Caltech. Conversei bastante com o Professor McKoy sobre esta possibilidade e acertamos a minha ida para o Caltech para o início do segundo semestre de 1998. No início de 1998 fui contemplado pelo CNPq com uma Bolsa de Produtividade em Pesquisa 2C.

Neste mesmo ano estava orientando a estudante de graduação Simone Marilene Sievert da Costa em projeto de iniciação científica. Estávamos estudando a molécula de  $N_2O$ , que era um sistema de interesse nesta época e que já havia sido estudada por outros grupos teóricos e experimentais. Os resultados deste trabalho foram publicados em 1998 no *European Physical Journal D* (que havia sido criada recentemente a partir da fusão de outras revistas). Este artigo foi relativamente bem citado, principalmente pelos experimentais. Os experimentais mostravam nossos resultados em comparação aos deles para ilustrar a deficiência da teoria na descrição das seções de choque diferenciais nas regiões baixas energias e de baixos ângulos de espalhamento (embora nossos cálculos tivessem sido realizados em uma aproximação que falha para baixas energias). Esta discrepância foi resolvida anos mais tarde em colaboração com o Professor McKoy e o Doutor Carl Winstead durante nosso primeiro projeto de cooperação internacional NSF/CNPq.

O pedido de bolsa para o pós-doutorado no Caltech foi aprovado pelo CNPq. Cheguei em Pasadena, na Califórnia, no início de setembro de 1998. Minha sala ficava no Albert Amos Noyes Laboratory of Chemical Physics, na divisão de Química e Engenharia Química do Caltech. A proposta inicial era investigar o espalhamento de elétrons por moléculas de  $SF_6$  e  $WF_6$ . Decidimos em comum acordo mudar o objetivo do projeto e estudar sistemas relacionados á gases utilizados em processos de plasma “etching” e “chemical vapour deposition”. Outro sistema escolhido foi o benzeno. Nesta época, embora pudesse usar diversos processadores simultaneamente, os computadores tinham pouca memória RAM, o que limitava bastante o tamanho dos cálculos.

Durante o tempo que passei no Caltech trabalhei muito em conjunto com o Doutor Winstead, com quem aprendi a utilizar os programas de estrutura eletrônica GAMESS (gratuito) e Gaussian. Assisti à vários seminários sobre os mais diversos assuntos. Um seminário que vale a pena mencionar foi apresentado pelo Professor Ahmed Zewail, que foi o ganhador do Nobel de química de 1999. Tive também o prazer de conhecer o Professor Kazuo Takatsuka, da Universidade de Tóquio. Nesta época os Professores Takatsuka e McKoy estavam colaborando em uma outra linha de pesquisa, e o Professor Takatsuka passou cerca de uma semana no Caltech. O Professor Takatsuka desenvolveu no início dos anos 80, juntamente com o Professor McKoy, o formalismo teórico do método SMC e também escreveu a primeira versão do código computacional. Conheci também os Professores Rudolph Marcus (Nobel em química), e Aron Kuppermann (já falecido).



No Caltech, obtive alguns resultados que fizeram parte do primeiro trabalho que publiquei sozinho no Physical Review A. Foi um trabalho sobre espalhamento de elétrons por moléculas de  $BX_3$  ( $X=Cl, Br, I$ ). Nesta época, estes sistemas eram utilizados como gases alternativos em processos de plasma “etching”.

O meu estágio de pós-doutorado resultou em dois artigos, sendo um deles sobre espalhamento de elétrons por benzeno. Este artigo foi relativamente bem citado, e ainda hoje é um dos poucos trabalhos teóricos sobre espalhamento de elétrons por esta molécula. Nosso grupo está investigando novamente o benzeno, buscando melhorar a descrição do espectro de ressonância de forma e o comportamento das seções de choque em baixas energias.

Criei uma relação de amizade com o Professor McKoy e com o Doutor Winstead. Retornei em 2000 ao Caltech, a convite do Professor McKoy e pago por ele, para darmos continuidade a nossa colaboração, a qual existe até hoje embora em menor intensidade.

Retornei ao Brasil no final de julho de 1999. Nesta época já havia uma pequena estrutura computacional no Departamento de Física, a qual permitia a realização de cálculos de médio porte. O Professor Carlos de Carvalho havia assumido a gerência e manutenção da rede do departamento, e as condições para a pesquisa na minha área começaram a melhorar. Neste mesmo ano o Doutorado em Física da UFPR foi recomendado pela CAPES.

Embora tenha me credenciado na pós-graduação em 1995, tive meu primeiro estudante de mestrado apenas no início de 2000. O Emerson Joucoski era estudante de física e me procurou para orientá-lo no mestrado, que resultou em dois trabalhos que foram publicados no Journal of Physics B. Neste mesmo período orientei também o estudante Clovis Achy Soares Maia em sua iniciação científica, e os resultados deste trabalho foram publicados no Physical Review A. Hoje, o Emerson é professor da UFPR no Campus Litoral, e o Clóvis é professor da UNB. Entre os anos de 2000 e 2001, fui vice-coordenador da pós-graduação, e com a saída do coordenador para pós-doutorado no início de 2001, assumi a coordenação.

A solicitação de renovação de minha bolsa de produtividade em pesquisa do CNPq foi aprovada. Fui mantido no nível 2C, com a bolsa iniciando em março de 2000.

De 2001 a 2005 participei da elaboração de projetos da UFPR para o CT-Infra (Finep), na figura de líder de área em Modelagem e Computação Científica. Com estes projetos iniciamos o “cluster” de computadores para fins de pesquisa, hoje denominado Laboratório Central de Processamento de Alto Desempenho (LCPAD). O Professor Carlos de Carvalho é um dos gerentes do sistema.

No ano de 2002 foi criado o Grupo de Física Atômica e Molecular, do qual sou líder. Este grupo acomoda os professores que trabalham em colisões de elétrons e pósitrons por moléculas, caos quântico e transporte eletrônico em sistemas orgânicos. O grupo é certificado

pela instituição. Neste mesmo ano tive a renovação da bolsa de produtividade em pesquisa do CNPq aprovada, tendo sido promovido para o nível 2B. A bolsa iniciou em março de 2002.

Em 2003, dentro da colaboração com os Professores Marco Lima e Guimarães, comecei a colaborar com a Doutora Romarly Fernandes da Costa, que na época era estudante de doutorado do Professor Marco Lima. Fizemos um estudo comparativo sobre espalhamento elástico de elétrons pela família de moléculas contendo halogênios e elementos do grupo do boro (boro, alumínio e gálio). Continuo colaborando com a Doutora Romarly.

Minha segunda estudante de mestrado foi a Doutora Adriana do Rocio Lopes. Durante o período de seu mestrado, foram publicados vários trabalhos experimentais sobre espalhamento de elétrons por hidrocarbonetos, investigando espalhamento de elétrons por diferentes isômeros de uma dada molécula. O mestrado da Adriana foi bastante produtivo e também serviu para retomar a colaboração com o grupo da UNICAMP, que diminuiu de intensidade após a minha ida para o Caltech. A Adriana terminou o mestrado em 2004, e foi fazer o doutorado na UNICAMP sob a orientação do Professor Guimarães e depois do Professor Marco Lima; fui seu coorientador.

Mantive a bolsa de produtividade em pesquisa do CNPq, no nível 2B, com início em março de 2004.

Fui convidado para apresentar um “Progress Report” no XXIV International Conference on Photonic, Electronic and Atomic Collisions (ICPEAC), que foi realizada em 2005 em Rosário, na Argentina. O tema do seminário foi o efeito isômero no espalhamento de elétrons por hidrocarbonetos. Nesta conferência conheci o Professor Hiroshi Tanaka, da Sophia University, Tóquio, e o Doutor Casten Makochekekanwa, pós-doutor do Professor Tanaka. Tive uma conversa muito produtiva com o Doutor Makochekekanwa. Iniciamos uma colaboração que resultou em duas publicações em conjunto.

Nos anos seguintes participei de um projeto de cooperação NSF/CNPq, coordenado pelos Professores Marco Lima e Vincent McKoy (nesta época eu tinha bolsa de produtividade em pesquisa nível 2 do CNPq, e não podia coordenar projetos desta natureza). Fui várias vezes ao Caltech e recebi várias visitas do Professor McKoy e do Doutor Winstead. A segunda etapa deste projeto contou com vários pesquisadores teóricos e experimentais do lado brasileiro, onde o tema central foi espalhamento de elétrons por moléculas de álcoois. Esta colaboração foi bastante produtiva.

Meu terceiro estudante de mestrado e primeiro estudante de doutorado foi o Professor Thiago Corrêa de Freitas. Ele também é músico (violinista) e hoje é professor do Setor de Educação Profissional e Tecnológica da UFPR, no curso de Tecnologia em Luteria. Ele foi o primeiro estudante que fez iniciação científica comigo e continuou no grupo para fazer o

mestrado e posteriormente o doutorado. A tese de doutorado do Professor Thiago abriu uma nova linha de pesquisa no grupo. Tudo começou no VI Workshop em Física Molecular e Espectroscopia (WFME), realizado em 2008 no ITA. Estava conversando com os Professores Marco Lima e Sylvio Canuto quando surgiu a ideia de investigar o espalhamento de elétrons por complexos com água (linha de pesquisa do Professor Sylvio). Escolhemos o formaldeído, por ser um sistema pequeno e por apresentar uma ressonância de forma  $\pi^*$  conhecida (já caracterizada por outros trabalhos). O objetivo do trabalho estava diretamente relacionado ao problema de quebra de simples fita e dupla fita no DNA (que inicia pela formação de uma ressonância). Com este trabalho, queríamos olhar o efeito do solvente na posição da ressonância de forma do soluto. Outro sistema escolhido para este estudo foi o ácido fórmico, que também possui uma ressonância  $\pi^*$  bem conhecida. Este foi um estudo com mais detalhes, devido às diferentes possibilidades que encontramos nos complexos com uma e duas moléculas de água. Este trabalho contou com a colaboração dos Professores Sylvio Canuto, Kaline Coutinho, que foram os responsáveis pelas simulações em fase líquida, Márcio Varella e Marco Lima. Investigamos também dímeros de ácido fórmico, de formamida (outra molécula com ressonância  $\pi^*$  conhecida) e complexo ácido fórmico-formamida, todos contendo duas ligações de hidrogênio (semelhante ao que ocorre com as bases no DNA). Neste estudo discutimos a formação das ressonâncias nos dímeros e no complexo a partir das ressonâncias das unidades.

Em 2010 fui promovido para o nível 1D do CNPq. A grande vantagem desta promoção foi o “grant” para pesquisa.

Durante o doutorado do Thiago, comecei a orientar o Fábris Kossoski no mestrado (que havia sido meu estudante de iniciação científica; o segundo a permanecer no grupo). O Fábris é um estudante fabuloso e fez a tese de mestrado praticamente sozinho. O trabalho de mestrado dele resultou em dois artigos. Hoje ele está na USP fazendo doutorado com o Professor Márcio Varella. Neste período comecei a orientar o estudante de graduação Diego Farago Pastega, que depois foi meu estudante de mestrado. Hoje ele está fazendo doutorado e é coorientado pela Professora Kaline Coutinho, do IFUSP. A tese do Diego continua explorando o efeito da microssolvatação no espalhamento de elétrons por moléculas. A proposta é que o Diego faça desde a simulação para gerar os complexos com água até o espalhamento. Para isso, a Professora Kaline ministrou, no final de 2013, um minicurso na pós-graduação no qual ensinou os estudantes a teoria envolvida nas simulações, disponibilizou o código do DICE e ensinou a realização das simulações.

Além do Diego, orientei durante o mesmo período os estudantes Alessandra de Souza Barbosa e Flavio Matias da Silva. Os dois, juntamente com o Diego, defenderam o mestrado no final de julho de 2013. A Alessandra, que foi premiada com o “Melhor pôster da área de Física

Atômica do XXXVI Encontro Nacional de Física da Matéria Condensada” e vencedora do “Prêmio de Publicação Científica” do nosso programa de pós-graduação (com o trabalho de seu mestrado “Shape resonances in low-energy-electron collisions with halopyrimidines”, publicado no The Journal of Chemical Physics), continua no doutorado sob a minha orientação e o Flavio foi fazer o doutorado na UFRGS, no grupo do Professor Pedro Grande.

Em 2007 participei do XXVII ICPEAC, realizado em Freiburg, na Alemanha, onde fui eleito para o “General Committee” com mandato até 2011, substituindo o Professor Geraldo Monteiro Sigaud, da PUC do Rio (falecido em 2014). Ficou decidido que a reunião do comitê para escolha dos palestrantes para a edição seguinte do ICPEAC seria realizada em setembro de 2008, em Tóquio. Participei desta reunião financiado pela UFPR, e contribuí para incluir o Professor Márcio Varella na lista de palestrantes. Ainda em 2007, fui eleito Suplente de Chefe de Departamento. Minha função era fazer a distribuição de encargos didáticos. Em 2009 fui reeleito para o mesmo cargo, e continuei fazendo o mesmo serviço. Hoje continuo colaborando na distribuição de encargos didáticos como membro de comissão formada pelo chefe de departamento. Durante os anos de 2007 e 2008 presidi o Comitê Setorial de Pesquisa (do setor de Ciências Exatas) e fui membro do Comitê Assessor de Pesquisa da UFPR.

No início de 2008 comecei a realizar cálculos de seções de choque para espalhamento de pósitrons por moléculas. Esta iniciativa estava relacionada a um pedido do Professor Michael Brunger, da Flinders University (Austrália), que tinha resultados de seção de choque total para espalhamento de pósitrons por moléculas de ácido fórmico. Nesta época, o grupo da UNICAMP estava envolvido com outros problemas, e o Professor Marco Lima entrou em contato comigo perguntando se eu não tinha interesse em realizar estes cálculos. No final de 2008 este artigo foi publicado no Physical Review A.

O XXVIII ICPEAC foi realizado em 2009, na cidade de Kalamazoo (EUA). Durante esta conferência, conheci pessoalmente o Professor Michael Brunger, e combinamos das continuidade em nossa colaboração em espalhamento de pósitrons por moléculas. Esta colaboração envolveu também os Professores Marco Lima, Márcio Varella e Sergio Sanchez, e resultou em várias publicações. Atualmente participo como colaborador de um projeto Ciência Sem Fronteiras que é coordenado pela Professora Maria Cristina Andreolli Lopes, da UFJF, em colaboração com o Professor Brunger.

No final de 2009 o Professor Sergio d’Almeida Sanchez ingressou no Departamento de Física da UFPR. Nós havíamos colaborado quando ele ainda era estudante de doutorado do Professor Marco Lima. Desde o seu ingresso no departamento temos colaborado ativamente em espalhamento de elétrons e de pósitrons (sua especialidade) por moléculas. Orientamos em conjunto as dissertações de mestrado de Flavio Matias da Silva e de Emanuele Lange. Temos também

projetos de pesquisa em conjunto.

Depois de participar das V, VI e VII edições do Workshop em Física Molecular e Espectroscopia (WFME), fui coordenador do VIII WFME. Todo o processo de organizar o evento foi bastante gratificante, embora tenha ficado muito preocupado em alguns momentos. Os projetos submetidos para o CNPq, CAPES e Fundação Araucária foram aprovados. O Departamento de Física e o Setor de Ciências Exatas também ajudaram com passagens, diárias e toda a parte gráfica. O VIII WFME foi realizado em Curitiba no final de 2010.

No início de 2011 participei da reunião do “General Committee” da ICPEAC em Dublin, para elaborar o programa da conferência, que foi realizada em julho deste mesmo ano em Belfast. Meu mandato neste comitê terminou durante este ICPEAC, e o Professor Gerardo Gerson de Souza, do Instituto de Química da UFRJ, foi eleito como representante brasileiro.

No final de 2013 submeti um projeto para o edital CAPES/FCT, de cooperação internacional com Portugal, o qual foi aprovado no início deste ano e já está em andamento. O projeto foi elaborado em conjunto com o Professor Sergio d’Almeida Sanchez, que foi quem discutiu as linhas gerais do projeto com o Doutor Filipe Ribeiro Ferreira da Silva, coordenador do lado português. O projeto prevê visitas a Portugal e ao Brasil e a ida de dois estudantes de doutorado para fazer doutorado sanduíche no laboratório de pesquisa na Universidade Nova de Lisboa. Um outro benefício que este projeto traz para a UFPR é o de contribuir para a internacionalização do Programa de Pós-Graduação em Física da UFPR. Na última avaliação da CAPES, nosso programa recebeu conceito 6.

No início deste ano tive a renovação da bolsa de produtividade em pesquisa aprovada, com promoção para o nível 1C.

Nos últimos anos o grupo de colisões tem atraído um número razoável de estudantes de iniciação científica, mestrado e doutorado, ao contrário do que aconteceu no início da minha carreira. Junto a isso, contamos hoje com uma estrutura computacional que atende de maneira satisfatória às nossas necessidades (levando em os computadores que compartilhamos com outros grupos no departamento e na universidade).

Em junho deste ano completei 22 anos como professor do Departamento de Física da UFPR. Ainda tenho vários anos pela frente, ao longo dos quais pretendo continuar contribuindo com o departamento e com os cursos de graduação e pós-graduação.

Nos Apêndices seguintes eu discrimino as minhas atividades de acordo com a Resolução 10/14 do Conselho de Ensino, Pesquisa e Extensão da UFPR.

## A Atividades de ensino e orientação

### A.1 Ensino de graduação

Ao longo da carreira ministrei diversas disciplinas para diferentes cursos de graduação. No caso específico do curso de Física, cursei disciplinas dos ciclos básico e profissional. As disciplinas que ministrei foram:

- CF345 - Física Básica I
- CF346 - Física Básica II
- CF353 - Mecânica Clássica I
- CF354 - Mecânica Clássica II
- CF372 - Mecânica Quântica I
- CF373 - Mecânica Quântica II
- CF367 - Métodos de Física Teórica II
- CF352 - Fundamentos de Física Atômica e Molecular (optativa)
- CF415 - Estrutura da Matéria A (durante o regime anual)
- CF417 - Mecânica Quântica A (durante o regime anual)

Para os demais cursos, ministrei as disciplinas abaixo:

- CF059 - Física I
- CF060 - Física II
- CF063 - Física IV

Na UFPR temos no mínimo duas turmas por semestre, o que representa 8 horas de aula por semana.

#### A.1.1 Homenagens

Fui professor homenageado por diversas turmas de formandos, tendo sido Parainfo de duas destas turmas. Listo abaixo estas homenagens:

- Professor homenageado pelos formandos dos cursos de Licenciatura e Bacharelado em Física da UFPR. Turma Marie Curie (2014).

- Parainfo da turma de formandos do curso de Licenciatura e Bacharelado em Física da UFPR, 2001.
- Professor homenageado pelos formandos do curso de Licenciatura e Bacharelado em Física da UFPR. Turma de 1996.
- Parainfo da turma de formandos do curso de Licenciatura e Bacharelado em Física da UFPR. Turma Paul Adrien Maurice Dirac (1995).
- Professor homenageado pelos formandos do curso de Licenciatura e Bacharelado em Física da UFPR. Turma Cesar Lattes (1994).
- Professor homenageado pelos formandos do curso de Licenciatura e Bacharelado em Física da UFPR. Turma Richard P. Feynman (1993).

## A.2 Ensino de pós-graduação

Ingressei na pós-graduação em Física em 1995, como docente. As disciplinas que ministrei por diversas vezes desde então foram:

- CF703 - Física Quântica I
- CF704 - Física Quântica II
- CF706 - Tópicos Especiais de Física Teórica (Cálculos de Estrutura Eletrônica de Moléculas)
- CF737 - Tópicos Especiais de Física Teórica II (Métodos Computacionais em Física Molecular - Teoria e Aplicações)
- CF740 - Tópicos Especiais de Física Atômica e Molecular (Cálculos de Estrutura Eletrônica Utilizando Funcionais de Densidade)

sendo as três últimas disciplinas optativas.

## A.3 Orientação

### A.3.1 Graduação

Sempre procurei orientar estudantes de iniciação científica (IC), embora tenha orientado relativamente pouco no início da carreira. Alguns dos estudantes de IC que orientei hoje são doutores e/ou professores em instituições de ensino e pesquisa. Os alunos de IC que orientei foram:

- Bruna Pascual Dias (2014- em andamento).
- Letícia da Silva Maioli (2014 - em andamento).
- Giseli Maria Moreira (2013). Atualmente está fazendo mestrado sob minha orientação na UFPR.
- Diego Farago Pastega (2010). Atualmente está fazendo doutorado sob minha orientação na UFPR.
- Fábris Kossoski (2009). Atualmente está fazendo doutorado sob a orientação do Prof. Márcio Varella no IFUSP.
- Camila Berlim Schneider (2009).
- Thiago Corrêa de Freitas (2005). Atualmente é professor da UFPR.
- Rodrigo Dal Bosco Fontana (2004). Atualmente é professor da Universidade Federal da Fronteira Sul, Campus Erechim.
- Clovis Achy Soares Maia (2003). Atualmente é professor da UNB.
- Simone Marilene Sievert da Costa (1998). Atualmente trabalha no Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, CPTEC.
- Daniela de Andrade Manoel (1996). Atualmente trabalha na Indústria Mecânica Fina.
- Fernando Cesar Ferreira (1994).

Destes estudantes, apenas o Thiago, o Fábris o Diego e a Giseli fizeram mestrado e/ou doutorado comigo.

### A.3.2 Pós-graduação

Ao longo da carreira orientei pouco. Demorei para ter o primeiro estudante de pós-graduação. Orientei os seguintes estudantes:

#### Mestrado:

- Emerson Joucoski: Espalhamento de Elétrons por Moléculas de  $\text{NF}_3$  e  $\text{SnY}_4$  ( $\text{Y}=\text{Cl}$ ,  $\text{Br}$ ,  $\text{I}$ ). Defendida em 14/04/2002. UFPR. Atualmente é professor do campus litoral da UFPR.
- Adriana do Rocio Lopes: Espalhamento Elástico de Elétrons por Isômeros de  $\text{C}_3\text{H}_4$ ,  $\text{C}_4\text{H}_6$ ,  $\text{C}_4\text{H}_8$  e  $\text{C}_4\text{H}_{10}$ . Defendida em 23/01/2004. UFPR. Atualmente é professora substituta no departamento de física da UFPR.



- Thiago Corrêa de Freitas: Espalhamento Elástico de Elétrons por Moléculas de  $\text{CH}_3\text{COOH}$ ,  $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}$ ,  $\text{C}_3$  e  $\text{SF}_4$ . Defendida em 27/02/2009. UFPR.
- Fábris Kossoski: Espalhamento de Elétrons por Isômeros de  $\text{C}_2\text{H}_2\text{Cl}_2$ ,  $\text{C}_4\text{H}_4\text{N}_2$ ,  $\text{C}_3\text{H}_3\text{NX}$  ( $\text{X}=\text{NH}$ ,  $\text{O}$ ,  $\text{S}$ ). Defendida em 27/02/2012. UFPR.
- Alessandra de Souza Barbosa: Espalhamento de elétrons por halopirimidinas e piridina. Defendida em 25/07/2013. UFPR. Atualmente é doutoranda em física na UFPR sob minha orientação.
- Diego Farago Pastega: Espalhamento de elétrons por moléculas de acetona, acetaldeído e glicolaldeído. Defendida em 26/07/2013. UFPR. Atualmente é doutorando em física na UFPR sob minha orientação.
- Flavio Matias da Silva: Espalhamento de elétrons e pósitrons por amino-alcanos. Defendida em 26/07/2013. UFPR. Atualmente é doutorando na UFRGS.
- Emanuele Lange: Espalhamento de pósitrons por moléculas de metano, fluoretos de metano e tetrafluoreto de metano. Defendida em 26/09/2013. UFPR (coorientador).
- Giseli Maria Moreira (2014 - em andamento).

#### **Doutorado:**

- Adriana do Rocio Lopes: Polarização do Alvo Molecular no Espalhamento de Elétrons. Defendida em 15/05/2007. UNICAMP (coorientador).
- Thiago Corrêa de Freitas: Espalhamento de Elétrons por Moléculas de Relevância Biológica: Fase Gasosa, Microsolvatação e Fase Condensada. Defendida em 03/10/2012. UFPR.
- Alessandra de Souza Barbosa (2014 - em andamento).
- Diego Farago Pastega (2014 - em andamento).

#### **A.3.3 Supervisão de Pós-Doutorado**

- Abel Dionízio Azeredo. Efeitos de Polarização no Espalhamento Elástico de Elétrons por Moléculas de  $\text{CF}_3\text{X}$  ( $\text{X}=\text{Cl}$ ,  $\text{Br}$ ,  $\text{I}$ ). 2008-2009.
- Adriana do Rocio Lopes. Espalhamento Elástico de Elétrons por Moléculas de Nitrometano. PDJ - CNPq (500319/2010-3). 2010-2012. Esta bolsa teve a solicitação de renovação aprovada.

## B Publicações

### B.1 Artigos publicados em revistas nacionais e internacionais indexadas

1. An experimental and theoretical investigation into the excited electronic states of phenol. D. B. Jones, G. B. da Silva, R. F. C. Neves, H. V. Duque, L. Chiari, E. M. de Oliveira, M. C. A. Lopes, R. F. da Costa, M. T. do N. Varella, M. H. F. Bettega, M. A. P. Lima e M. J. Brunger, J. Chem. Phys. **141**, 074314 (2014).
2. Transient anions states of phenol...(H<sub>2</sub>O)<sub>n</sub> ( $n = 1, 2$ ) complexes: search for microsolvation signatures. E. M. Oliveira, T. C. Freitas, K. Coutinho, M. T. do N. Varella, S. Canuto, M. A. P. Lima e M. H. F. Bettega, J. Chem. Phys. **141**, 051105 (2014).
3. Elastic scattering of low-energy electrons by 1,4-dioxane. A. S. Barbosa e M. H. F. Bettega, J. Chem. Phys. **140**, 184303 (2014).
4. Elastic scattering of slow electrons by *n*-pentanol alcohol. E. M. de Oliveira, M. T. do N. Varella, M. H. F. Bettega e M. A. P. Lima, Eur. Phys. J. D **68**, 65 (2014).
5. Elastic scattering of low-energy electrons by BF<sub>3</sub>. D. F. Pastega, R. F. da Costa, M. A. P. Lima e M. H. F. Bettega, Eur. Phys. J. D **68**, 20 (2014).
6. Low-energy positron and electron scattering by methylamine. F. M. Silva, M. H. F. Bettega e S. d'A Sanchez, Eur. Phys. J. D **68**, 12 (2014).
7. Shape resonance spectra of uracil, 5-fluorouracil and 5-chlorouracil. F. Kossoski, M. H. F. Bettega e M. T. do N. Varella, J. Chem. Phys. **140**, 024317(2014).
8. Shape resonances in low-energy-electron collisions with halopyrimidines. A. S. Barbosa e M. H. F. Bettega, J. Chem. Phys. **139**, 214301 (2013).
9. Positron and electron collisions with nitrous oxide: measured and calculated cross sections. L. Chiari, A. Zecca, E. Trainotti, G. Garcia, F. Blanco, M. H. F. Bettega, S. d'A. Sanchez, M. T. do N Varella, M. A. P. Lima e M. J. Brunger, Phys. Rev. A **88**, 022708 (2013).
10. Low-energy positron scattering from iodomethane. M. T. do N Varella, S. d'A. Sanchez, M. H. F. Bettega, M. A. P. Lima, L. Chiari, A. Zecca, E. Trainotti e M. J. Brunger, J. Phys. B **45**, 175202 (2013).

11. Shape resonances in the elastic scattering of slow electrons by pyridine. A. S. Barbosa, D. F. Pastega e M. H. F. Bettega, *Phys. Rev. A* **88**, 022705 (2013).
12. Low-energy electron scattering from the aza-derivatives of pyrrole, furan and thiophene. F. Kossoski e M. H. F. Bettega, *J. Chem. Phys.* **138**, 234311 (2013).
13. Low-energy electron collisions with thiophene. R. F. da Costa, M. T. do N. Varella, M. A. P. Lima e M. H. F. Bettega, *J. Chem. Phys.* **138**, 194306 (2013).
14. Electron collisions with the  $\text{HCOOH}\dots(\text{H}_2\text{O})_n$  complexes ( $n=1, 2$ ) in liquid phase: the influence of microsolvation on the  $\pi^*$  resonance of formic acid. T. C. Freitas, K. Coutinho, M. T. do N. Varella, M. A. P. Lima, S. Canuto e M. H. F. Bettega, *J. Chem. Phys.* **138**, 174307 (2013).
15. Cross sections for positron scattering from ethane. L. Chiari, A. Zecca, E. Trainotti, M. H. F. Bettega, S. d'A. Sanchez, M. T. do N Varella, M. A. P. Lima e M. J. Brunger, *Phys. Rev. A* **87**, 032707 (2013).
16. Low-energy electron scattering by cellulose and hemicellulose components. E. M. de Oliveira, R. F. da Costa, S. d'A Sanchez, A. P. P. Natalense, M. H. F. Bettega, M. A. P. Lima e M. T. do N Varella, *Phys. Chem. Chem. Phys.* **15**, 1682 (2013).
17. Shape resonance spectra of lignin subunits. E. M. de Oliveira, S. d'A Sanchez, M. H. F. Bettega, A. P. P. Natalense, M. A. P. Lima, M. T. do N Varella, *Phys. Rev. A* **86**, 020701(R) (2012).
18. Positron collisions with ethene. M. H. F. Bettega, S. d'A. Sanchez, M. T. do N Varella, M. A. P. Lima, A. Zecca, L. Chiari, E. Trainotti e M. J. Brunger, *Phys. Rev. A* **86**, 022709 (2012).
19. Electronic excitation of gas-phase furan molecules by electron impact. R. F. da Costa, M. H. F. Bettega, M. A. P. Lima, M. C. A. Lopes, L. R. Hargreaves, G. Serna e M. A. Khakoo, *Phys. Rev. A* **85**, 062706 (2012).
20. Resonances in low-energy-electron scattering by nitro compounds. A. R. Lopes, M. H. F. Bettega e S. d'A. Sanchez, *Phys. Rev. A* **85**, 044701 (2012).
21. Positron scattering from the cyclic ethers oxirane, 1,4-dioxane and tetrahydropyran. A. Zecca, E. Trainotti, L. Chiari, M. H. F. Bettega, S. d'A. Sanchez, M. T. do N Varella, M. A. P. Lima e M. J. Brunger, *J. Chem. Phys.* **136**, 124305 (2012).

22. Positron scattering from methane. A. Zecca, L. Chiari, E. Trainotti, A. Sarkar, S. d'A. Sanchez, M. H. F. Bettega, M. T. do N Varella, M. A. P. Lima e M. J. Brunger, *Phys. Rev. A* **85**, 012707 (2012).
23. Electron collisions with hydrogen bonded complexes. T. C. Freitas, S. d'A. Sanchez, M. T. do N. Varella, e M. H. F. Bettega, *Phys. Rev. A* **84**, 062714 (2011).
24. Resonances in electron collisions with C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub> isomers. F. Kossoski, T. C. Freitas e M. H. F. Bettega, *J. Phys. B: At. Mol. Opt. Phys.* **44**, 245201 (2011).
25. Elastic collisions of low-energy electrons with SiY<sub>4</sub> (Y=Cl, Br, I) molecules. M. H. F. Bettega, *Phys. Rev. A* **84**, 052725 (2011).
26. Collisions of low-energy electrons with isopropanol. M. H. F. Bettega, C. Winstead, V. McKoy, A. Jo, A. Gauf, J. Tanner, L. R. Hargreaves, M. A. Khakoo, *Phys. Rev. A* **84**, 042702 (2011).
27. An experimental and theoretical investigation into positron and electron scattering from formaldehyde. A. Zecca, E. Trainotti, L. Chiari, G. García, F. Blanco, M. H. F. Bettega, M. T. do N Varella, M. A. P. Lima e M. J. Brunger, *J. Phys. B: At. Mol. Opt. Phys.* **44**, 195202 (2011).
28. Elastic scattering of low-energy electrons by nitromethane. A. R. Lopes, S. d'A. Sanchez e M. H. F. Bettega, *Phys. Rev. A* **83**, 062713 (2011).
29. Low-energy electron scattering from C<sub>4</sub>H<sub>9</sub>OH isomers. M. H. F. Bettega, C. Winstead e V. McKoy, *Phys. Rev. A* **82**, 062709 (2010).
30. Collisions of low-energy electrons with formamide. M. H. F. Bettega, *Phys. Rev. A* **81**, 062717 (2010).
31. Low-energy electron electron scattering from furan. M. A. Khakoo, J. Muse, K. Ralphs, R. F. da Costa, M. H. F. Bettega, e M. A. P. Lima, *Phys. Rev. A* **81**, 062716 (2010).
32. Low-energy electron collisions with pyrrole. E. M. de Oliveira, M. A. P. Lima, M. H. F. Bettega, S. d'A. Sanchez, R. F. da Costa e M. T. do N. Varella, *J. Chem. Phys.* **132**, 204301 (2010).
33. Electron collisions with alpha-D-glucose and beta-D-glucose monomers. R. F. da Costa, M. H. F. Bettega, M. T. do N. Varella, e M. A. P. Lima, *J. Chem. Phys.* **132**, 124309 (2010).

34. Electron collisions with the CH<sub>2</sub>O-H<sub>2</sub>O complex . T. C. Freitas, M. A. P. Lima, S. Canuto e M. H. F. Bettega, Phys. Rev. A **80**, 062710 (2009).
35. Scattering of low-energy electrons by C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>O. T. C. Freitas e M. H. F. Bettega, Phys. Rev. A **79**, 042714 (2009).
36. Low-energy electron collisions with ethane. M. H. F. Bettega, R. F. da Costa e M. A. P. Lima, Braz. J. Phys. **39**, 68 (2009).
37. Low-energy electron collisions with acetic acid. T. C. Freitas, M. T. do N. Varella, R. F. da Costa, M. A. P. Lima e M. H. F. Bettega, Phys. Rev. A **79**, 022706 (2009).
38. Elastic scattering of slow electrons by *n*-propanol and *n*-butanol. M. A. Khakoo, J. Muse, H. Silva, M. C. A. Lopes, C. Winstead, V. McKoy, E. M. de Oliveira, R. F. da Costa, M. T. do N. Varella, M. H. F. Bettega e M. A. P. Lima, Phys. Rev. A **78**, 062714 (2008).
39. Positron scattering from formic acid. A. Zecca, L. Chiari, A. Sarkar, M. A. P. Lima, M. H. F. Bettega, K. L. Nixon e M. J. Brunger, Phys. Rev. A **78**, 042707 (2008).
40. Polarization effects on low-energy electron collisions with propane. M. H. F. Bettega, R. F. da Costa e M. A. P. Lima, Phys. Rev. A **77**, 052706 (2008).
41. Polarization effects on electronic excitation of the state of  $\tilde{a}^3B_{1u}$  ethylene by low-energy electron impact. R. F. da Costa, M. H. F. Bettega e M. A. P. Lima, Phys. Rev. A **77**, 042723 (2008).
42. Low-energy electron scattering from methanol and ethanol. M. A. Khakoo, J. Blumer, K. Keane, C. Campbell, H. Silva, M. C. A. Lopes, C. Winstead, V. McKoy, R. F. da Costa, L. G. Ferreira, M. A. P. Lima e M. H. F. Bettega, Phys. Rev. A **77**, 042705 (2008).
43. Polarization effects on electronic excitation of molecules by low-energy electron impact: A study on e<sup>-</sup>-furan scattering. R. F. da Costa, M. H. F. Bettega e M. A. P. Lima, Phys. Rev. A **77**, 012717 (2008).
44. Scattering of low-energy electrons by isomers of C<sub>4</sub>H<sub>10</sub>. M. H. F. Bettega, M. A. P. Lima e L. G. Ferreira, J. Phys. B: At. Mol. Opt. Phys. **40**, 3015 (2007).
45. Electron collisions with furan. M. H. F. Bettega e M. A. P. Lima, J. Chem. Phys. **126**, 194317 (2007).
46. Electron and positron scattering from 1,1-C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>F<sub>2</sub>. C. Makochekanwa, H. Kato, M. Hoshino, M. H. F. Bettega, M. A. P. Lima, O. Sueoka e H. Tanaka, J. Chem. Phys. **126**, 164309 (2007).

47. Low-energy electron collisions with formic acid. M. H. F. Bettega, Phys. Rev. A **74**, 054701 (2006).
48. Low-energy electron scattering by  $\text{N}_2\text{O}$ . M. H. F. Bettega, C. Winstead e V. McKoy, Phys. Rev. A **74**, 022711 (2006).
49. Electron collisions with cyclobutane. M. H. F. Bettega, A. R. Lopes, M. A. P. Lima e L. G. Ferreira, Braz. J. Phys. **36**, 570 (2006).
50. A geometrical optics model for electron-molecule collisions. L. G. Ferreira, A. R. Lopes, M. A. P. Lima e M. H. F. Bettega, J. Phys. B: At. Mol. Opt. Phys. **39**, 1045 (2006).
51. Experimental and theoretical elastic cross sections for electron collisions with the  $\text{C}_3\text{H}_6$  isomers. C. Makochekanwa, H. Kato, M. Hoshino, H. Tanaka, H. Kubo, M. H. F. Bettega, A. R. Lopes, M. A. P. Lima e L. G. Ferreira, J. Chem. Phys. **124**, 024323 (2006).
52. Cross sections for rotational excitations of  $\text{C}_3\text{H}_4$  isomers by electron impact. A. R. Lopes, M. H. F. Bettega, M. T. do N. Varela e M. A. P. Lima, Eur. Phys. J. D **37**, 385 (2006).
53. Elastic electron scattering by ethylene,  $\text{C}_2\text{H}_4$ . C. Winstead, V. McKoy e M. H. F. Bettega, Phys. Rev. A **72**, 042721 (2005).
54. Addendum to Elastic scattering of low-energy electrons by OCS. M. H. F. Bettega, M. A. P. Lima e L. G. Ferreira, Phys. Rev. A **72**, 014702 (2005).
55. Electron collisions with  $\text{CS}_2$ . M. H. F. Bettega, M. A. P. Lima e L. G. Ferreira, J. Phys. B: At. Mol. Opt. Phys. **38**, 2087 (2005).
56. Polarization effects in the elastic scattering of low-energy electrons by  $\text{C}_3\text{H}_4$  isomers. S. d'A. Sanchez, A. R. Lopes, M. H. F. Bettega, M. A. P. Lima e L. G. Ferreira, Phys. Rev. A **71**, 062702 (2005).
57. Elastic scattering of low-energy electrons by OCS. M. H. F. Bettega, M. A. P. Lima e L. G. Ferreira, Phys. Rev. A **70**, 062711 (2004).
58. Electron collisions with the hydrides  $\text{PH}_3$ ,  $\text{AsH}_3$ , e  $\text{SbH}_3$ . M. H. F. Bettega e M. A. P. Lima, J. Phys. B: At. Mol. Opt. Phys. **37**, 3859 (2004).
59. Electron collisions with isomers of  $\text{C}_4\text{H}_8$  and  $\text{C}_4\text{H}_{10}$ . A. R. Lopes, M. H. F. Bettega, M. A. P. Lima e L. G. Ferreira, J. Phys. B: At. Mol. Opt. Phys. **37**, 997 (2004). IOP Select.

60. Low-energy electron collisions with  $C_4H_6$  isomers. A. R. Lopes, M. A. P. Lima, L. G. Ferreira e M. H. F. Bettega, *Phys. Rev. A* **69**, 014702 (2004).
61. Polarization effects in the elastic scattering of low-energy electrons by  $XH_4$  ( $X=C, Si, Ge, Sn, Pb$ ). M. H. F. Bettega, M. T. do N. Varella e M. A. P. Lima, *Phys. Rev. A* **68**, 012706 (2003).
62. Low-energy electron scattering by methylsilane. M. H. F. Bettega, C. Winstead e V. McKoy, *J. Chem. Phys.* **119**, 859 (2003).
63. Elastic scattering of low-energy electrons by  $XH_3YH_3$  ( $X,Y=C, Si, Ge, Sn$ ). C. A. S. Maia e M. H. F. Bettega, *Phys. Rev. A* **67**, 042710 (2003).
64. Elastic scattering of low-energy electrons by  $C_3H_4$  isomers. A. R. Lopes e M. H. F. Bettega, *Phys. Rev. A* **67**, 032711 (2003).
65. Elastic scattering of low-energy electrons by  $CF_3Cl$ ,  $CF_3Br$ , and  $CF_3I$ . M. H. F. Bettega, A. P. P. Natalense, M. A. P. Lima e L. G. Ferreira, *J. Phys. B: At. Mol. Opt. Phys.* **36**, 1263 (2003).
66. A comparative study of elastic scattering of low-energy electrons by boron, aluminium and gallium trihalides. Romarly F. da Costa, Luiz G. Ferreira, Marco A. P. Lima e Márcio H. F. Bettega, *J. Chem. Phys.* **118**, 75 (2003).
67. Elastic scattering of low-energy electrons by carbon, silicon, germanium and tin tetrahalides. E. Jucoski e M. H. F. Bettega, *J. Phys. B: At. Mol. Opt. Phys.* **35**, 4953 (2002).
68. Elastic scattering of low-energy electrons by  $NF_3$ . E. Jucoski e M. H. F. Bettega, *J. Phys. B: At. Mol. Opt. Phys.* **35**, 783 (2002).
69. Low-energy electron scattering by  $C_2HF_5$ . M. H. F. Bettega, C. Winstead e V. McKoy, *J. Chem. Phys.* **114**, 6672 (2001).
70. Low-energy electron scattering by  $CS_2$  molecules. M. H. F. Bettega, *Aust. J. Phys.* **53**, 785 (2001).
71. Applications of the Schwinger Multichannel Method with Pseudopotentials to Electron Scattering from Polyatomic Molecules I. Elastic Cross Sections. A. P. P. Natalense, M. T. do N. Varella, M. H. F. Bettega, L. G. Ferreira e M. A. P. Lima, *Braz. J. Phys.* **31**, 15 (2001).

72. Applications of the Schwinger Multichannel Method with Pseudopotentials to Electron Scattering from Polyatomic Molecules II. Rotational Excitation Cross Sections. M. T. do N. Varella, M. H. F. Bettega, A. P. P. Natalense, L. G. Ferreira e M. A. P. Lima, Braz. J. Phys. **31**, 21 (2001).
73. Scattering of low-energy electrons by  $\text{TiCl}_4$ ,  $\text{GeCl}_4$ ,  $\text{SiCl}_4$ , and  $\text{CCl}_4$ : a comparison of elastic cross sections. D. L. Azevedo, M. H. F. Bettega, L. G. Ferreira e M. A. P. Lima, J. Phys. B: At. Mol. Opt. Phys. **33**, 5467 (2000).
74. Low-energy electron scattering by boron trihalides. M. H. F. Bettega, Phys. Rev. A **62**, 024701 (2000).
75. Elastic scattering of low-energy electrons by OCS molecules. M. H. F. Bettega, M. A. P. Lima e L. G. Ferreira, Aust. J. Phys. **53**, 399 (2000).
76. Elastic scattering of low-energy electrons by benzene. M. H. F. Bettega, C. Winstead e V. McKoy, J. Chem. Phys. **112**, 8806 (2000) .
77. Elastic scattering of low-energy electrons by carbon disulphide. M. H. F. Bettega, A. P. P. Natalense, M. A. P. Lima e L. G. Ferreira, Braz. J. Phys. **30**, 189 (2000).
78. Elastic scattering of low-energy electrons by boron trihalides. M. H. F. Bettega, Phys. Rev. A **61**, 042703 (2000) .
79. Elastic and rotationally inelastic cross sections for low energy electron scattering by  $\text{SO}_2$  molecules. A. P. P. Natalense, M. T. do N. Varella, M. H. F. Bettega, L. G. Ferreira e M. A. P. Lima, J. Phys. B: At. Mol. Opt. Phys. **32**, 5523 (1999).
80. Low-energy electron scattering by  $\text{CF}_4$ ,  $\text{CCl}_4$ ,  $\text{SiCl}_4$ ,  $\text{SiBr}_4$ , and  $\text{SiI}_4$ . M. T. do N. Varella, A. P. P. Natalense, M. H. F. Bettega e M. A. P. Lima, Phys. Rev. A **60**, 3684 (1999).
81. Low-energy electron scattering by  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{H}_2\text{Se}$ , and  $\text{H}_2\text{Te}$ . M. T. do N. Varella, M. H. F. Bettega, M. A. P. Lima e L. G. Ferreira, J. Chem. Phys. **111**, 6396 (1999).
82. Cross sections for rotational excitations of  $\text{NH}_3$ ,  $\text{PH}_3$ ,  $\text{AsH}_3$  and  $\text{SbH}_3$  by electron impact. M. T. do N. Varella, M. H. F. Bettega, A. J. R. da Silva e M. A. P. Lima, J. Chem. Phys. **110**, 2452 (1999).
83. Halogenation effects in electron scattering from  $\text{CHF}_3$ ,  $\text{CH}_2\text{F}_2$ ,  $\text{CH}_3\text{F}$ ,  $\text{CHCl}_3$ ,  $\text{CH}_2\text{Cl}_2$ ,  $\text{CH}_3\text{Cl}$ ,  $\text{CFCl}_3$ ,  $\text{CF}_2\text{Cl}_2$ , and  $\text{CF}_3\text{Cl}$ . A. P. P. Natalense, M. H. F. Bettega, L. G. Ferreira e M. A. P. Lima, Phys. Rev. A **59**, 879 (1999).



84. Elastic scattering of low-energy electrons by ozone. M. H. F. Bettega, M. T. do N. Varella, L. G. Ferreira e M. A. P. Lima, J. Phys. B: At. Mol. Opt. Phys. **31**, 4419 (1998).
85. Elastic scattering of low-energy electrons by N<sub>2</sub>O. S. M. S. da Costa e M. H. F. Bettega, Eur. Phys. J. D **3**, 67 (1998) .
86. Electronic-excitation of XH<sub>4</sub> (X=C, Si, Ge, Sn, Pb) by electron impact. M. H. F. Bettega, L. G. Ferreira e M. A. P. Lima, Phys. Rev. A **57**, 4987 (1998) .
87. Low-energy electron scattering by N<sub>2</sub>, P<sub>2</sub>, As<sub>2</sub> and Sb<sub>2</sub>. M. H. F. Bettega, M. A. P. Lima e L. G. Ferreira, J. Phys. B: At. Mol. Opt. Phys. **31**, 2091 (1998).
88. Static-exchange cross sections for electron-collisions with B<sub>2</sub>H<sub>6</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>, Si<sub>2</sub>H<sub>6</sub> and Ge<sub>2</sub>H<sub>6</sub>. M. H. F. Bettega, A. J. S. Oliveira, A. P. P. Natalense, M. A. P. Lima e L. G. Ferreira, Eur. Phys. J. D **1**, 291 (1998).
89. Cross sections for rotational excitations of CH<sub>4</sub>, SiH<sub>4</sub>, GeH<sub>4</sub>, SnH<sub>4</sub> and PbH<sub>4</sub> by electron impact. M. T. do N. Varella, M. H. F. Bettega e M. A. P. Lima, Z. Phys. D: Atoms Molecules and Clusters **39**, 59 (1997).
90. Note on the Generation of Gaussian Bases for Pseudopotential Calculations. M. H. F. Bettega, A. P. P. Natalense, M. A. P. Lima e L. G. Ferreira, Int. J. Quant. Chem. **60**, 821 (1996).
91. Cross sections for collisions of low-energy electrons with the hydrides PH<sub>3</sub>, AsH<sub>3</sub>, SbH<sub>3</sub>, SnH<sub>4</sub>, TeH<sub>2</sub> and HI. M. H. F. Bettega, M. A. P. Lima e L. G. Ferreira, J. Chem. Phys. **105**, 1029 (1996).
92. Calculation of elastic scattering cross sections of low-energy electrons by PbH<sub>4</sub> and SnH<sub>4</sub>. M. H. F. Bettega, A. P. P. Natalense, M. A. P. Lima e L. G. Ferreira, J. Chem. Phys. **103**, 10566 (1995).
93. Low-energy electron scattering by CF<sub>4</sub>, CCl<sub>4</sub>, SiCl<sub>4</sub>, SiBr<sub>4</sub>, and SiI<sub>4</sub>. A. P. P. Natalense, M. H. F. Bettega, L. G. Ferreira e M. A. P. Lima, Phys. Rev. A **52**, R1 (1995).
94. Transferability of local-density norm-conserving pseudopotentials to electron-molecule-collision calculations. M. H. F. Bettega, L. G. Ferreira e M. A. P. Lima, Phys. Rev. A **47**, 1111 (1993).

## B.2 Artigos completos publicados em anais de eventos

1. Low energy electron scattering from fuels. M. C. A. Lopes, D. G. M. Silva, M. H. F. Bettega, R. F. da Costa, M. A. P. Lima, M. A. Khakoo, C. Winstead e V. McKoy, J. Phys.: Conference Series **388**, 012014 (2012). XXVII International Conference on Photonic, Electronic and Atomic Collisions. IOP Publishing.
2. Electronic excitation of the  $^1B_2$  state of furan by. R. F. da Costa, M. H. F. Bettega, M. T. do N. Varella e M. A. P. Lima, J. Phys.: Conference Series **388**, 012015 (2012). XXVII International Conference on Photonic, Electronic and Atomic Collisions. IOP Publishing.
3. Transient ions in electron and positron scattering. S. d'A Sanchez, E. M de Oliveira, J. S. dos Santos, R. F. da Costa, M. H. F. Bettega, M. A. P. Lima e M. T. do N. Varella, J. Phys.: Conference Series **194**, 012035 (2009). XXVI International Conference on Photonic, Electronic and Atomic Collisions. IOP Publishing.
4. Electron scattering from molecules: applications of the Schwinger multichannel method to  $e^-$ -CO and  $e^-$ -C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> collisions. R. F. da Costa, M. H. F. Bettega, L. G. Ferreira, e M. A. P. Lima, J. Phys.: Conference Series **88**, 012028 (2007). XXV International Conference on Photonic, Electronic and Atomic Collisions. IOP Publishing.
5. Isomer Effect In Electron Collisions With Small Hydrocarbons. M. H. F. Bettega, A. R. Lopes, S. d'A. Sanchez, M. T. do N. Varella, M. A. P. Lima e L. G. Ferreira, Proceedings of the XXIV ICPEAC, 328-335, World Scientific Publishing, Co., Singapore (2006).
6. Norm-Conserving Pseudopotentials In Electronic Excitation Of Molecules By Electron Impact. A. P. P. Natalense, M. H. F. Bettega, M. T. do N. Varella, A. J. S. Oliveira, D. L. Azevedo, L. G. Ferreira e M. A. P. Lima, Book of Invited Lectures of XX ICPEAC, 209-218. World Scientific Publishing, Co., New Jersey, USA (1998).

## C Referee de Periódicos

Atuo como referee dos seguintes periódicos:

- European Physical Journal D. 2004 - Atual
- Journal of Physics. B, Atomic Molecular and Optical Physics. 2006 - Atual
- Chemical Physics. 2006 - Atual
- Journal of Physics D. Applied Physics. 2006 - Atual

- Physica Scripta. 2008 - Atual
- Physical Review A. 2009 - Atual
- Journal of Electron Spectroscopy and Related Phenomena. 2010 - Atual
- PMC Physics B. 2010 - Atual
- The Journal of Chemical Physics. 2012 - Atual
- Journal of Molecular Modeling. 2014 - Atual
- The Journal of Physical Chemistry. 2014 - Atual
- Brazilian Journal of Physics. 2014 - Atual

## **D Consultoria Ad Hoc**

- Fundação de Amparo à Pesquisa do Espírito Santo. 2011 - Atual.
- Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico. 1998 - Atual.
- Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior. 2012 - Atual.
- Czech Science Foundation. 2013 - Atual.
- Fundação Carlos Chagas Filho de Amparo à Pesquisa do Estado do RJ. 2014 - Atual.

## **E Cargos Administrativos**

Ao longo da carreira assumi os seguintes cargos administrativos:

- Vice-coordenador de Graduação - 1993-1995.
- Vice-coordenador de Pós-graduação - 1998 (durante 6 meses), 2000-2001.
- Coordenador de Pós-graduação - 2001-2002.
- Suplente de Chefe de Departamento (duas gestões) - 2007-2009, 2009-2011.

Além dos cargos acima, fui por diversas vezes membro dos colegiados de Graduação e Pós-graduação em Física e da Câmara Departamental. Fui também presidente do Comitê Setorial de Pesquisa e membro do Comitê Assessor de Pesquisa da UFPR. Fui líder da Área de Modelagem e Computação Científica para a elaboração do projeto CT-Infra.

## F Organização de Eventos Científicos

Particpei do comitê organizador de diversos eventos nacionais e internacionais, como listado abaixo:

- Membro do “International Advisory Committee” do “XIX International Symposium on Electron-Molecule Collisions and Swarms” (a ser realizado em Lisboa, 2015).
- Membro do “International Advisory Committee” do “XVIII International Symposium on Electron-Molecule Collisions and Swarms” (2013).
- Membro do Comitê Local do I Encontro de Físicos do Sul (2013).
- Membro do Comitê Organizador do XI Workshop em Física Molecular e Espectroscopia (2013).
- Membro do Comitê Organizador do IX Workshop em Física Molecular e Espectroscopia (2011).
- Membro do “International Advisory Committee” do “XVII International Symposium on Electron-Molecule Collisions and Swarms” (2011).
- Membro do “General Committee” da XXVII “International Conference on Photonic Electronic and Atomic Collisions” (XXVI ICPEAC) (2011).
- Coordenador Geral do VIII Workshop em Física Molecular e Espectroscopia (2010). Para este evento submeti projetos para a CAPES, CNPq e Fundação Araucária, sendo que todos foram aprovados.
- Membro do Comitê Organizador do VII Workshop em Física Molecular e Espectroscopia (2009).
- Membro do “General Committee” da “XXVI International Conference on Photonic Electronic and Atomic Collisions” (XXVI ICPEAC) (2009).
- Membro do Comitê Nacional da X Escola Brasileira de Estrutura Eletrônica (2006).
- Membro do “Local Committee” do “14th International Symposium on Electron-Molecule Collisions and Swarms” (2005).
- Coordenador do Tema de Física Atômica e Molecular do XXVI Encontro Nacional de Física da Matéria Condensada (2003).

Como membro do “General Committee” da ICPEAC, participei de duas reuniões para a escolha de palestrantes convidados. Em setembro de 2008 a reunião foi em Tóquio, e consegui financiamento da UFPR. Participei também da reunião que ocorreu no início de 2011 em Dublin. Minha participação nesta reunião foi financiada com meu grant de pesquisador 1D do CNPq.

## **G Participação em bancas e em outras comissões**

Ao longo da carreira participei de diversas bancas de exame de qualificação de mestrado e de doutorado, defesa de dissertação de mestrado e de defesa de tese de doutorado. Participei também em bancas de concurso para professor efetivo e de testes seletivos para professor substituto. Fui membro em bancas de exame de seleção para a pós-graduação.

## **H Participação em eventos científicos**

Ao longo da carreira participei de diversos eventos nacionais e internacionais.

## **I Apresentação de seminários**

Listo aqui minha participação como palestrante convidado em congressos nacionais e internacionais:

- 17<sup>o</sup> Simpósio Brasileiro de Química Teórica. Electron and positron collisions with molecules (2013).
- 1<sup>o</sup> Seminário Físico-Química na América Latina. Elastic collisions of low-energy electrons and positrons with molecules (2013).
- XIII Escola Brasileira de Estrutura Eletrônica. Introdução à Teoria Quântica do Espalhamento: do Espalhamento por um Potencial ao Problema de Muitos Corpos (2012).
- 7<sup>th</sup> International Meeting on Photodynamics and Related Aspects. Low-energy-electron collisions with molecules (2012).
- XXXV Encontro Nacional de Física da Matéria Condensada. Electron collisions with biomolecules (2012).
- V Workshop em Física Molecular e Espectroscopia. Colisões elétron-molécula (2007).
- XXIV International Conference on Photonic, Electronic and Atomic Collisions (ICPEAC). Isomer effect in electron collisions with small hydrocarbons (2005).

## J Projetos de Pesquisa

Particpei como coordenador ou colaborador nos seguintes projetos:

- Universal (CNPq - 477550/2001-0). Espalhamento de Elétrons por Moléculas de  $\text{CF}_3\text{Cl}$ . Coordenador (2001-2003).
- Universal (CNPq - 473848/2004-0). Espalhamento de elétrons por isômeros de  $\text{C}_3\text{H}_4$ ,  $\text{C}_4\text{H}_6$ ,  $\text{C}_4\text{H}_8$  e  $\text{C}_4\text{H}_{10}$ . Coordenador (2004-2006).
- Universal (CNPq - 471040/2008-8). Espalhamento de elétrons por moléculas de  $\text{CF}_4$ ,  $\text{CCl}_4$ ,  $\text{SiCl}_4$ ,  $\text{SiBr}_4$  e  $\text{SiI}_4$ : uso de diferentes orbitais na descrição dos efeitos de polarização do alvo. Coordenador (2008-2010).
- BIOEN (Fapesp). Processing of sugarcane cellulose employing atmospheric pressure plasmas. Colaborador (2008-2014). Coordenador: Prof. Marco Aurélio Pinheiro Lima (UNICAMP).
- Projeto de cooperação bilateral NSF/CNPq (CNPq - 490166/2003-2). Espalhamento elástico de elétrons de baixa energia por  $\text{N}_2\text{O}$ . Colaborador (2004-2006). Coordenador: Prof. Marco Aurélio Pinheiro Lima (UNICAMP).
- Projeto de cooperação bilateral NSF/CNPq (CNPq - 490415/2007-5). Estudo Comparativo do Espalhamento de Elétrons de Baixa Energia por Moléculas de Álcool e de Gasolina: Teoria e experimento. Colaborador (2008-2012). Coordenador: Prof. Marco Aurélio Pinheiro Lima (UNICAMP).
- Ciência Sem Fronteiras (MCT/MCTI/CAPES/CNPq/FAPs - 314044/2013-2). Colisão de elétrons de baixa energia com moléculas que compõe a biomassa. Colaborador (2014-atual). Coordenadora: Profa. Maria Cristina Andreolli Lopes (UFJF).
- Ciência Sem Fronteiras (MCT/MCTI/CAPES/CNPq/FAPs - 400802/2013-9). Consolidação de um laboratório brasileiro para obtenção de seções de choque para elétrons e pósitrons de baixa energia. Colaborador (2013-atual). Coordenadora: Profa. Maria Cristina Andreolli Lopes (UFJF).
- Edital CAPES/FCT (colaboração internacional com Portugal - CAPES - 373/14). Seções de choque diferenciais e integrais em precursores biológicos: abordagem teórica e experimental. Coordenador (2014 - atual). Este projeto conta com a participação do Professor Sergio d'Almeida Sanchez, da UFPR, dos Professores Márcio Teixeira do Nascimento Varella, da USP. Do lado português, o coordenador é o Doutor Filipe Ribeiro Ferreira

da Silva e tem participação do Professor Paulo Manuel Assis Loureiro Limão-Vieira, ambos da Universidade Nova de Lisboa. Este projeto ainda conta com a participação de estudantes brasileiros e portugueses.

## **K Bolsas**

### **K.1 Produtividade em pesquisa - CNPq**

Sou pesquisador do CNPq desde março de 1998, quando iniciei no nível 2C. Abaixo apresento meu histórico de bolsas em produtividade em pesquisa.

- Nível 2C (301361/96-7 NV), de março de 1998 a fevereiro de 2000.
- Nível 2C (301361/96-7 RN), de março de 2000 a fevereiro de 2002.
- Nível 2B (301361/96-7 RN), de março de 2002 a fevereiro de 2004.
- Nível 2B (306922/2003-7), de março de 2004 a fevereiro de 2007.
- Nível 2 (após a mudança dos níveis pelo CNPq - 307524/2006-0), de março de 2007 a fevereiro de 2010.
- Nível 1D (304222/2009-7), de março de 2010 a fevereiro de 2014.
- Nível 1C (305701/2013-4), com início em março de 2014.

### **K.2 Pós-doutorado - CNPq**

Em 1998 fui contemplado pelo CNPq com uma bolsa de pós-doutorado para estágio no California Institute of Technology (200458/98-1). Este estágio foi supervisionado pelo Professor Vincent McKoy e contou com a colaboração do Doutor Carl Winstead.

## **L Vínculo com a UFPR**

- 2012 - Atual: Professor Associado IV
- 2010 - 2012: Professor Associado III
- 2008 - 2010: Professor Associado II
- 2006 - 2008: Professor Associado I
- 1999 - 2006: Professor Adjunto IV

- 1997 - 1999: Professor Adjunto III
- 1995 - 1997: Professor Adjunto II
- 1993 - 1995: Professor Adjunto I
- 1992 - 1993: Professor Assistente I