

ANÁLISE DA EVOLUÇÃO DO CURSO DE GRADUAÇÃO DE ASTRONOMIA DA UFRJ: PROCEDIMENTO PARA AVALIAÇÃO DE APROVEITAMENTO VOCACIONAL

Líliá I. Arany-Prado [lilia@ov.ufrj.br]

Observatório do Valongo/UFRJ

Resumo: É feita uma extensiva análise da evolução do curso de graduação de Astronomia do Observatório do Valongo da Universidade Federal do Rio de Janeiro (OV/UFRJ). Faz-se um histórico da evolução curricular e mostra-se a melhoria na qualificação do quadro de professores do OV. Foram criados indicadores capazes de mostrar os reflexos do aperfeiçoamento curricular e do desenvolvimento no OV sobre a qualificação e o aproveitamento no mercado de trabalho da Astronomia e de áreas correlatas, de alunos formados nos últimos 30 anos. Os resultados levam a concluir que alguns índices criados e as análises realizadas são capazes de sintetizar métodos para a avaliação quantitativa da eficiência de cursos científicos na formação de graduados em ciências exatas

1. Introdução

Esse trabalho originou-se na auto-avaliação do curso de graduação do Observatório do Valongo (OV)/UFRJ que oferece o título de Astrônomo. A auto-avaliação citada insere-se na avaliação global da Universidade proposta por uma comissão da UFRJ, em 1995, a qual envolvia, por exemplo, a qualificação e dedicação do corpo docente, a discussão de grades curriculares e considerações gerais sobre formação e diplomação de estudantes. Tal proposta baseou-se na necessidade de "*otimizar a relação entre Universidade e Sociedade*", que "*vem exigindo maior eficácia das ações de seus órgãos públicos*", considerando: a) a escassez de recursos a que um país emergente está submetido e a magnitude dos problemas sociais que é preciso enfrentar; b) que o papel essencial da Universidade é a formação de recursos humanos qualificados (COOPERA, 1ª edição, pg. 271).

De fato, no meio acadêmico e fora dele, têm sido freqüente a preocupação sobre a eficiência do ensino e, particularmente para o terceiro grau, tem sido sugerido um aumento imediato da razão de aluno formado por professor e a diminuição do tempo de permanência do aluno na Universidade. Entretanto, a formação científica implica um crescimento de complexidade que dificilmente pode alcançar, de forma abrupta, os índices baseados em médias de alunos formados nas diversas profissões em alguns outros países. Particularmente, índices de diplomação são peculiares para a formação científica em ciências exatas. Assim, as razões e os números desejados para avaliação de eficiência não deveriam ser analisados sem algum tipo de índice de aproveitamento vocacional como por exemplo os apresentados no item 4 desse trabalho, que apontam algumas das peculiaridades mencionadas acima.

Na tentativa de criar os corretos parâmetros de avaliação do curso de Astronomia, foi utilizada uma metodologia não embasada teoricamente, mas nascida do estudo do caso em si. Chegou-se heurísticamente a indicadores como, por exemplo, os *tempos de qualificação* (Arany-Prado 1998), resumidos na figura 7 desse trabalho, capazes de quantificar a influência do aprimoramento do ensino sobre a futura qualificação de alunos. Nesse trabalho também é mostrada, através de indicadores de aproveitamento de ex-alunos do curso (figuras 6 e 8), a compatibilidade entre o aprimoramento curricular da graduação e as necessidades do mercado devido ao grande desenvolvimento recente da área no Brasil.

Pode-se assumir a pesquisa realizada como *geradora* de indicadores alternativos para avaliação de curso, constituindo-se parcialmente suas análises uma justificativa das soluções "semi-empíricas" encontradas.

O estudo de caso, abrangendo um período tão longo quanto o aqui apresentado, só foi possível porque envolveu um número relativamente pequeno de alunos. A dificuldade de obtenção de dados para os levantamentos ocorreu devido ao grande intervalo de tempo considerado. Por exemplo, não havia registros de fácil acesso para calcular os *tempos de qualificação* dos dois primeiros intervalos da figura 7; também muitas informações foram obtidas através da busca, utilizando vários meios de comunicação, de ex-alunos no Brasil e no exterior. Ou seja, a falta de recursos computacionais do passado não permitiu o armazenamento de dados, que hoje em dia, realizado de forma eficiente e direcionado a objetivos específicos, tornaria o trabalho bastante simples. Deve ser ressaltado, entretanto, que o número pequeno de alunos envolvidos na pesquisa, não significa um percentual baixo de alunos formados por ano, quando se compara a outros cursos em ciências exatas no país.

Quanto à especificidade da área, para a formação do astrônomo é fundamental a vivência, treino, análise e síntese, construídos com o enfoque observacional, que o capacite não somente a dominar métodos e técnicas astronômicas, mas que o capacite a *pensar no contexto astronômico*. Espera-se do astrônomo, que possa trabalhar, por exemplo, com a obtenção e redução de dados de fontes, que são anômalas em relação à realidade subjetiva imediata, as quais estão associadas enormes distâncias, tamanhos e escalas temporais. Espera-se também, que possa trabalhar com a construção e/ou aplicação de sistemas teóricos e a construção e análise de modelos. Entretanto, em última instância, é uma base sólida em Física e Matemática o que faculta ao astrônomo alcançar as características mencionadas. Portanto, espera-se que alguns aspectos dos índices de aproveitamento vocacional apresentados nesse trabalho possam ser estendidos a outros cursos de ciências exatas.

A fim de ressaltar o grande crescimento do interesse pela Astronomia, o que pode auxiliar no esclarecimento do contexto no qual insere-se essa pesquisa, segue-se um breve histórico das ofertas de cursos e pesquisas na área para alunos de graduação.

O curso de Astronomia do OV foi criado em 1958, na Faculdade Nacional de Filosofia (FNFfi) da antiga Universidade do Brasil (de Campos 1994). O OV e o curso foram incorporados à UFRJ, depois da Reforma Universitária de 1967 (Arany-Prado 1998). Após cerca de 40 anos de sua criação (e ao longo desse tempo, caracterizando-se como o único curso de graduação de Astronomia), diversas Universidades com um quadro de professores doutores em Astronomia e Astrofísica, vinculados a atividades de pesquisa científica, iniciaram programas de graduação na área.

Atualmente, pode-se contabilizar, em cerca de 10 instituições brasileiras de pesquisa e ensino, o oferecimento de cerca de *60 disciplinas formais em todos os níveis de graduação* (desde disciplinas introdutórias até as de nível profissional) e o oferecimento de orientação de trabalhos de iniciação científica na área.

Considerando apenas as disciplinas introdutórias de Astronomia oferecidas em Instituições de Ensino Superior do Brasil, Bretones e Compiani (2001) analisaram programas e abordagens de *60 disciplinas introdutórias* oferecidas por 54 cursos (somente algumas dessas *disciplinas introdutórias* estão contidas no total de *disciplinas formais* citadas acima). Segundo os autores, entre os professores responsáveis pelas disciplinas introdutórias, a formação graduada em Física predomina (cerca de 51%, seguida da formação em Geografia, cerca de 10%). Entre tais professores, há cerca de 53% de doutores. O trabalho também aponta o fato de que, como afirmam os autores, cerca de 63% dos docentes iniciaram tal atividade de ensino dentro dos últimos cerca de 5 anos. Uma exceção para tal "juventude" é a do Instituto Astronômico e

Geofísico (IAG), que oferece disciplinas de conhecimento astronômico geral na graduação desde 1970 para vários cursos da USP.

Parece haver uma tendência à ampliação da oferta de *graduações* de Astronomia, com uma formação em Astronomia, Física e Matemática semelhantes, oferecendo no entanto diferentes titulações, sendo a quase totalidade delas em Física, como é o caso do IAG, que tem, desde 1997, a Habilitação em Astronomia, oferecida aos alunos do Instituto de Física da USP. Deve-se notar também o crescimento da oferta de iniciação científica na área, por parte de instituições com atividades exclusivas de pós-graduação e pesquisa.

O interesse tardio de grande parte da comunidade astronômica brasileira pela formação graduada em Astronomia deve ser um reflexo da juventude da moderna Astronomia Brasileira. Por exemplo, as primeiras teses de doutorado utilizando dados do Laboratório Nacional de Astrofísica (LNA, Brasópolis, MG, o mais importante sítio de observação do país) são de 1988 (Maciel 1996). A necessidade de impor inicialmente o aspecto profissional da Sociedade Astronômica Brasileira (SAB), criada em 1974, obrigou a fixar esforços na alta qualificação e na pesquisa (da Silva 1994), enquanto que o OV manteve-se bastante isolado em relação à comunidade incipiente. Entretanto, o OV tem passado por mudanças importantes nos anos 1990. Houve melhorias: na infra-estrutura, na qualificação do quadro de professores (figura 1) e nas atividades de pesquisa e extensão. Tais mudanças permitiram o crescimento da interação com a comunidade científica. Ainda, em um futuro próximo, estará sendo implantada uma pós-graduação no OV (um caminho natural para o aproveitamento de alunos de alto nível egressos do curso de graduação) que tem a finalidade de caracterizar a Unidade como um pólo de Astronomia na UFRJ.

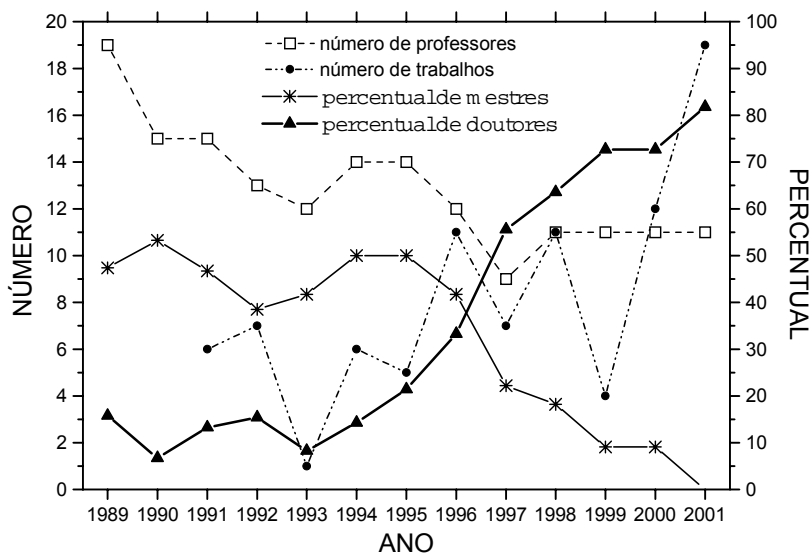


Figura 1 - Evolução do quadro, da qualificação e da produção de professores do Departamento de Astronomia/OV: números de professores e de *trabalhos* (artigos em periódicos e proceedings + teses de doutorado + capítulos de livros) e percentuais de mestres e de doutores, nos últimos cerca de dez anos.

A longa duração da atividade de graduação no OV, permitiu realizar uma ampla avaliação do desempenho de graduados em Astronomia, circunstancialmente a única no gênero no país.

Nesse trabalho é feita um análise atualizada dos levantamentos realizados (Arany-Prado 1998, 2001), sob um novo enfoque, acrescentando novos dados e argumentações. Vale ressaltar que

a juventude da sociedade (SAB), para a qual tal análise foi inicialmente destinada, aliada a um dos maiores índices de crescimento da área dentre as ciências no Brasil, tornam o trabalho peculiar. Tais circunstâncias amplificam a percepção (em um intervalo de tempo relativamente curto) das influências das melhorias curriculares sobre o aproveitamento vocacional e a qualificação de ex-alunos da graduação.

No item 2 é feito um breve histórico das reformas curriculares e é apresentado o novo currículo, bem como as bases sobre as quais este foi construído; no item 3 descreve-se a evolução do número de alunos formados e da produção discente, mostrando-se a influência dos desenvolvimentos ocorridos no OV; no item 4 são introduzidos os principais indicadores gerados pelo estudo de caso, que permitem "medir" o resultado da melhoria na formação do graduado sobre sua futura qualificação e sobre o tempo necessário para a qualificação, e também é feita uma análise dos percentuais de contratos profissionais em Astronomia e áreas correlatas; finalmente, no item 5 são feitas algumas observações finais e conclusões.

2. Reformas Curriculares

A seguir, é feito um breve resumo da história das reformas curriculares do curso de graduação de Astronomia da UFRJ, apresenta-se a nova reforma que está sendo implantada e descrevem-se as bases sobre as quais esta foi construída.

Na reforma curricular que se seguiu à Reforma Universitária de 1967, foi introduzido o sistema de créditos e disciplinas semestrais e foi criado um elenco de disciplinas de Astronomia. Logo após, ocorreram alterações nas disciplinas do ciclo básico ministradas pelos Institutos de Física e Matemática e que foram consolidadas em novo currículo, em 1971, tendo sido introduzido então um *Projeto Final* como requisito complementar para a obtenção do título de Astrônomo. Nova reforma ocorreu em 1975, na qual as principais modificações foram a introdução de disciplinas que tratam de computação, metodologia científica e uma Astronomia/Astrofísica básica ministrada para calouros com o objetivo de fornecer-lhes uma visão geral fenomenológica sobre diversas áreas de atuação. A partir da segunda metade da década de 1970, professores introduziram, em várias disciplinas da Astronomia, adaptações de disciplinas de Física e Matemática. De fato, as reformas vinham acrescentando disciplinas e ementas, resultando um currículo super dimensionado e bastante redundante, que só podia ser cumprido em cinco anos, no mínimo. Isto incentivou uma completa reformulação que resultou na reforma implantada em 1984. Houve redimensionamento em todas as disciplinas e ampliação do conteúdo de Física. O tempo mínimo previsto para a diplomação passou a ser de quatro anos e meio (com a nova reforma curricular, ora em andamento, este tempo será de quatro anos).

A reforma de 1984 foi pautada por um aumento na qualidade da formação, com o objetivo de *preparar alunos para ingressarem de forma mais eficiente nas pós-graduações de Astronomia*. Tal objetivo foi alcançado e reconhecido na *Avaliação Externa* (COOPERA 1998) pela qual passou a UFRJ e em cujo volume do Centro de Ciências Matemáticas e da Natureza lê-se na página 109: *"A partir de 1984, as mudanças curriculares (...) tiveram um papel essencial no aprimoramento da qualidade dos graduados"*. Ainda, é elogiada a orientação acadêmica: *"...a orientação acadêmica (...) tem obtido grande sucesso na adequação do perfil dos novos estudantes e sua progressão no curso. Uma consequência é (...) uma diminuição na taxa de retenção e na evasão"*. Entretanto, mesmo com uma boa adequação curricular e um acompanhamento acadêmico cuidadoso, a tendência de evolução da Astronomia mundial impõe um reforço na formação em Física assim como o aperfeiçoamento de técnicas observacionais que *tiveram papel preponderante na construção da identidade da ciência astronômica*.

Objetivando atender as novas necessidades curriculares, os professores do OV estiveram envolvidos nas discussões pertinentes desde 1995. Construiu-se o perfil do curso desejado, que pode ser resumido como se segue.

O conteúdo curricular do Curso deve: a) ter a flexibilidade necessária que permita uma constante atualização; b) propiciar ao aluno uma visão ampla da astronomia, compatível com o nível da graduação.

A abordagem dos tópicos deve enfatizar: a) a interpretação da formalização físico-matemática dos temas astronômicos; b) o uso de simulações que permitam a apreensão de conceitos e aspectos teórico-observacionais; c) o uso de modernas técnicas de redução de dados, sempre que disponíveis, que possibilitem a ligação entre observação e teoria; d) a necessidade de trabalhos extra-classe para os alunos, como complemento à sua formação.

Também um currículo, como um sistema complexo organizado, necessita de um componente de ruído sob a forma de uma certa ambigüidade, a que possa recorrer em caso de crises, para gerar alternativas de soluções adaptativas (sistemas ótimos estão mais sujeitos à destruição). Isto se traduz, por exemplo em algumas regiões de interseção entre disciplinas, na flexibilidade dos conteúdos das disciplinas de especialização e, conforme necessidades específicas dos estudantes, flexibilidade dos pré-requisitos disciplinares.

Entretanto, diante de qualquer flexibilidade na formação do estudante, é fundamental, para a garantia do nível acadêmico, que tal procedimento implique uma estreita orientação acadêmica, envolvendo análises de currículos/históricos e debates com os interessados, objetivando tornar o aluno consciente acerca de sua escolha e o incentivando, conforme sua escolha, a cursar outras disciplinas não obrigatórias e, ainda, a participar de grupos de estudos ou seminários. Tais procedimentos podem frutificar em um acompanhamento “eticamente vivenciado”, que consiga receber alunos na tentativa de torná-los produtivos e não meramente julgá-los. Isto pode conduzir, parcialmente, a um meio ambiente interno dinâmico e rico em iniciativa e diversidade, além do oficialmente exigido ou oferecido pelo currículo. Tal riqueza requer, entre outros aspectos, o incentivo ao estabelecimento de grupos de estudo flexíveis, dinâmicos e conseqüentemente em constante evolução, provocando conectividade entre grupos e indivíduos, alunos e professores. Há, no que foi descrito, um componente fortemente pessoal e espontâneo, que não deve ser tornado oficial (imposto). Associa-se, na verdade, a uma fase de maior complexidade que caracteriza, em parte, uma instituição que busca ser produtiva.

Um exemplo de tal crescimento de complexidade, foi o surgimento de uma inúmeras atividades não "oficiais", geradas pelo estímulo da discussão e implantação da grande reforma de 1984, que certamente tiveram papel fundamental no crescimento abrupto do número de trabalhos em jornadas de iniciação científica (figura 2).

A atual reforma (2002) aguardava, para sua plena implantação e formalização: as novas resoluções baseadas na LDB, a reforma curricular do Instituto de Física e alguns recursos didáticos ora parcialmente disponíveis. Alguns professores no OV têm desenvolvido e participado de projetos de extensão/ensino, com apoio da Fundação Universitária José Bonifácio (FUJB), FAPERJ e Fundação VITAE. Os recursos didáticos provenientes do apoio à extensão também têm sido utilizados para atividades do curso, sem prejuízo das atividades a que se destinam, e servem de incentivo para o aperfeiçoamento e a participação de alunos.

As discussões sobre a nova reforma, se por um lado foram prolongadas por motivos alheios ao OV, levaram entretanto à implementação de várias melhorias curriculares nos últimos anos, que já devem ter reflexos, juntamente com a melhoria da qualificação do quadro de professores (figura 1), sobre a formação do estudante. Um exemplo é o crescimento recente do número de alunos formados (ver, por exemplo, os números sobre as colunas na figura 5).

Com a implementação da nova reforma, haverá uma *diminuição do número total de disciplinas, acompanhada do aumento da carga didática*. Esse aumento envolve atividades extra-classe, com grande ênfase no uso dos recursos computacionais do Laboratório de Informática para a Graduação (LIG). O LIG serve de apoio às aulas de graduação e também funciona como apoio extra-classe na resolução de exercícios, acesso à *Web*, ferramenta de edição de textos e gráficos, programação, processamento de cálculos e preparação de seminários.

A tabela 1 apresenta um resumo do novo currículo, seguido das ementas que têm um conteúdo essencialmente astronômico. Na tabela, encontram-se em negrito as disciplinas ministradas no OV. Os números na tabela referem-se a semestres.

Tabela 1 - Resumo do Novo Currículo

Física I Física Experimental I Cálculo Diferencial e Integral I <u>Introdução à Astronomia Moderna</u>	1	Física II Física Experimental II Cálculo Diferencial e Integral II Álgebra Linear II <u>Astronomia Fundamental</u>	2
Física III Física Experimental III Cálculo Diferencial e Integral III <u>Computação Astronômica</u> <u>Fundamentos de Técnica Observacional</u>	3	Física IV Física Experimental IV Mecânica Clássica I Métodos de Física Teórica I <u>Astronomia Estatística</u>	4
Mecânica Clássica II Eletromagnetismo I <u>Fundamentos Teóricos da Astrofísica</u> <u>Astrofísica Básica</u> Métodos de Física Teórica II	5	<u>Astronomia Observacional I</u> Eletromagnetismo II <u>Astronomia Dinâmica</u> <u>Astrofísica Estelar</u> Termodinâmica e Física Estatística	6
Mecânica Quântica I Física Atômica, Molecular e Óptica <u>Astrofísica de Plasma</u> <u>Disciplina Opcional I</u>	7	<u>Astronomia Observacional II</u> <u>Disciplina Opcional II</u> <u>Projeto Final</u>	8

Ementas das disciplinas de conteúdo essencialmente astronômico:

INTRODUÇÃO À ASTRONOMIA MODERNA : Interações Fundamentais no Universo, Medições de Hipparcos, Eratóstenes, Pitágoras, Aristarco, Ptolomeu, Copérnico, Demócrito, Kepler, Magnitudes Aparentes e Absolutas, Descobertas de Wollaston, Fraunhofer, Kirchhoff, Stefan e Wien, Estrutura Atômica, Telescópios Refratores e Refletores, O Sistema Solar, Estrelas Binárias e Variáveis, Classificação Espectral, Morfologia de Galáxias e a Sequência de Hubble, Quasares, a Lei de Hubble, Estrutura do Universo em Grande Escala, Satélites, Sondas e Telescópios Espaciais.

ASTRONOMIA FUNDAMENTAL: Noções de calendário, Sistemas horizontal e equatorial de referência, Triângulos esféricos, Relações entre os sistemas horizontal e equatorial de referência, Sistema eclíptico e galáctico de referência, Matrizes de rotação, Sistemas de Medida de tempo, Deslocamento dos planos fundamentais de referência, Deslocamento da origem do sistema equatorial de referência, Redução ao dia, Movimento próprio das Estrelas, Refração astronômica.

FUNDAMENTOS DE TÉCNICA OBSERVACIONAL : Fontes observadas, Processos físicos, Meio de propagação, Óptica Astronômica, Coletores de informação, Telescópios Refratores e Refletores, Detetores de informação, Programação de observações astronômicas, Astronomia do Infravermelho, Imageamento, Astrometria.

ASTRONOMIA OBSERVACIONAL I : Fotometria visual, fotográfica e fotoelétrica, Programas para simulação de fotometria fotoelétrica, Redução de dados, Fotometria fotoelétrica de estrelas variáveis,

Programas para redução de fotometria fotoelétrica, Sistema Telescópio-Câmera CCD, Correções radiométricas, Programas para simulação da câmera CCD, Programas para processamento de imagens, Programa IRAF para redução de imagens CCD, Polarimetria, Difração e Refração Ópticas, O Espectrógrafo, Prismas e Redes de Difração e suas propriedades, Interferômetros, Experimentos em Espectroscopia Óptica, Extração e redução de Espectros CCD, Espectroscopia de Fourier, Formação de Linhas Espectrais, Classificação Espectral MK

ASTROFÍSICA BÁSICA: Fundamentos de Transporte Radiativo, Leis de Kirchhoff, Átomo de Bohr, Excitação e Ionização, Magnitudes e Distâncias Estelares, Cinemática Estelar, Sistemas de Cores Fotométricas, Diagramas Cor-Cor e Cor-Magnitude, Vermelhelamento Interestelar, Luminosidade, Temperatura Efetiva, Estrelas Binárias Visuais, Eclipsantes e Espectroscópicas, Massas e Raios Estelares, Relação Massa-Luminosidade, Estrelas Variáveis, Classificação Espectral MK, Diagrama HR, Populações Estelares, Aglomerados Estelares.

ASTRONOMIA DINÂMICA: Conceitos fundamentais de Dinâmica, Leis de Kepler, Potencial devido a uma Esfera, Sistema de Partículas, Forças Centrais, O Problema de Dois Corpos, Equação de Kepler, Aplicações do Problema de Dois Corpos em Astronomia (sistema solar, satélites artificiais), Computação de órbitas.

ASTROFÍSICA ESTELAR: Campo de radiação, absorção e emissão de radiação, Equação de transporte radiativo, Equilíbrio termodinâmico local, Opacidade Estelar, Processos de absorção e espalhamento, Formação de linhas espectrais, Curvas de crescimento, Estágios estelares de queima nuclear, Processos fundamentais de nucleossíntese, Equações da estrutura estelar, Equação de estado da Matéria Degenerada, Teorema do Virial, Teorema de Russel-Vogt, O Diagrama HR como diagnóstico da evolução estelar.

ASTROFÍSICA DE PLASMA: Equações da Magnetohidrodinâmica, Soluções Estáticas das equações da MHD, Soluções Estacionárias das equações da MHD, Ondas Magnetohidrodinâmicas, Ondas de Alfvén, Ondas Magnetossônicas, Ondas eletromagnéticas em plasmas, Eletrodinâmica, Potenciais de Lienard-Wiechert, Mecanismos de emissão, Efeitos eletrodinâmicos de ocorrência em plasma, Plasmas Astrofísicos, Estrelas Magnéticas, Galáxias Ativas e Quasares.

ASTRONOMIA OBSERVACIONAL II: Fundamentos de Antenas, Potenciais Retardados, Antenas, Teorias de Conjuntos, Rádio Interferômetros, Fundamentos de Radioastronomia, Potência, Brilhância, Temperatura de Antena, Rádio Fontes Galácticas e Extragalácticas, Radioemissão do Sol e dos planetas, Remanescentes de supernovas, Radiogaláxias e quasares, Astrofísica de Altas Energias, UV, raios-X e raios gama, fontes e detectores

DISCIPLINA OPCIONAL I: 1)Astronomia Dinâmica e de Posição: Desenvolvimento da Astronomia Dinâmica e de Posição a nível avançado; 2)Astrofísica Galáctica e Extragaláctica: Meio Interestelar, Regiões HI e HII, Nuvens Moleculares, Regiões de Formação Estelar, Extinção Interestelar, Dinâmica Galáctica, Rotação Galáctica, Componentes Estruturais da Galáxia, Evolução Galáctica, Morfologia de Galáxias e a Sequência de Hubble, Galáxias Ativas, Aglomerados de Galáxias, Estrutura em Grande Escala do Universo.

DISCIPLINA OPCIONAL II: Tópicos Avançados de: 1)Estrutura e Evolução Estelar; 2)Estrutura Galáctica; 3)Astrofísica Extragaláctica; 4)Cosmologia; 5)Astrofísica do Sistema Solar; 6)Astronomia de Posição; 7)Mecânica Celeste.

A reforma visa melhorar a formação dos alunos em Física e em técnicas de observação e de redução de dados em Astronomia. Esse último objetivo será alcançado através da estruturação de disciplinas de caráter eminentemente prático, nas quais serão utilizados dados observacionais obtidos em telescópios no Brasil e no exterior, pelos docentes em seus trabalhos de pesquisa; e também, dentro do possível, a partir de observações nos telescópios disponíveis na Unidade, que foram reformados para atividades didáticas e de extensão.

Pretende-se motivar os alunos, iniciando a sua preparação para a participação em projetos observacionais de pesquisa. Essa formação torna-se importante tendo em vista os grandes projetos instrumentais, aos quais está associada a Astronomia Brasileira, que são o GEMINI (Barbuy *et al.* 1998; e *Notícias* do boletim da SAB, vol. 20, nº2 de 2000) e o SOAR. Vale ressaltar que foi aprovado em 2001 um Instituto do Milênio (financiado pelo CNPq), coordenado

por Beatriz L. S. Barbuy (IAG), envolvendo 19 instituições brasileiras (o OV incluído), com a finalidade de dotar o SOAR de instrumentação de primeira linha.

Nos itens 3 e 4 que seguem, são apresentados os indicadores que apontam relações entre os desenvolvimentos implementados no OV e a produção ou a qualificação discente, e refletem a melhoria na formação dos alunos. Os intervalos temporais nos gráficos indicadores do aproveitamento discente foram escolhidos sempre de modo a conter a maior quantidade de alunos ou ex-alunos em relação aos quais considerou-se que as informações eram relevantes para as análises. A coordenação do curso não tem conhecimento sobre 7 dos 136 alunos formados.

3. Alunos Formados e Produção Discente

Aqui mostra-se a evolução do número de alunos formados no curso de graduação de Astronomia da UFRJ e a respectiva produção discente: Projetos Finais, trabalhos apresentados nas Jornadas de Iniciação Científica da UFRJ (iniciadas em 1978) e nas Reuniões anuais da Sociedade Astronômica Brasileira (SAB). O ano de conclusão de curso, para alunos formados após 1971 (ver item 2), foi assumido como o ano da defesa do Projeto Final. Até 1962, o curso constituía-se em um adendo ao curso de Matemática da FNFi (item 1). Os alunos eram provenientes de instituições militares e nenhum se formou. A primeira formatura é de 1964.

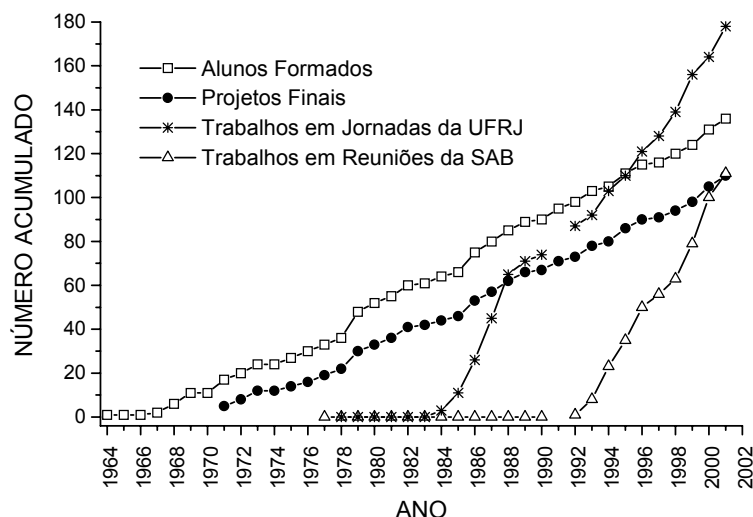


Figura 2 - Número Acumulado de produção discente, comparado ao número acumulado de alunos formados.

A figura 2 mostra o número acumulado de alunos formados e produção discente. O início do crescimento abrupto dos trabalhos em Jornadas de Iniciação Científica ocorreu após a reforma curricular de 1984 (item 2). Analogamente, as grandes melhorias ocorridas na década de 1990 (item 1) permitiram que alunos aumentassem a interação com a comunidade, que seus projetos tivessem um salto de qualidade, e que tivesse início a apresentação do trabalho discente nas reuniões da SAB (antes disso, alunos de graduação não eram usualmente aceitos nas reuniões). O ano de início das publicações dos resumos das reuniões no Boletim da SAB é 1977. Não houve reunião da SAB nem Jornada em 1991.

Na figura 2, diferenças entre o crescimento do número acumulado de alunos formados e o de Projetos Finais, devem-se ao fato de haver Projetos conjuntos (com dois ou mais autores).

A figura 3 mostra o número de Projetos e de alunos formados por ano. Nessa figura, o último valor para 2002 foi baseado no número de alunos que já cumpriram a maior parte dos requisitos disciplinares e com Projetos em estágio avançado de pesquisa.

Nota-se, na figura 3, que a ocorrência de Projetos conjuntos foi mais freqüente no passado. Isso é desejável, pois a diminuição de Projetos conjuntos indica um maior amadurecimento e diversidade de linhas de pesquisa, com projetos individualizados e melhor estruturados.

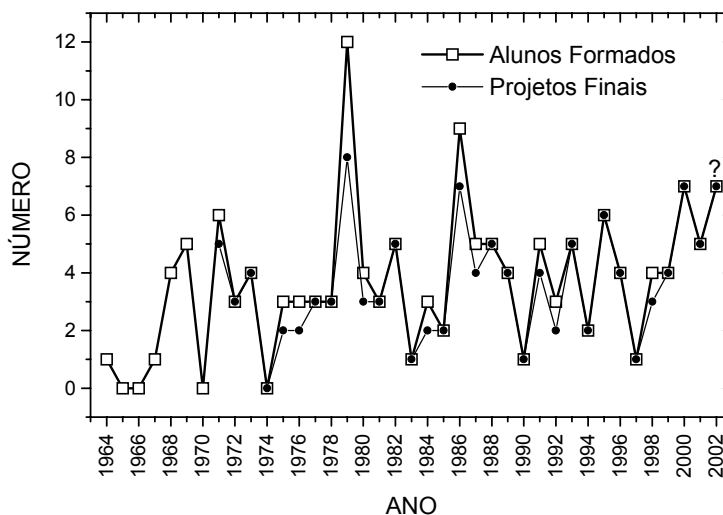


Figura 3 - Comparação dos números de alunos formados e de Projetos Finais. O último valor, marcado com um ponto de interrogação, foi estimado (ver texto).

Vê-se, ainda na figura 3, um comportamento mais regular e crescente, a partir de 1990. Comparando-se com a figura 1, nota-se que o início da fase de maior regularidade no número de formados corresponde ao início da queda no número de professores (principalmente devido a aposentadorias). Ocorre que tal queda foi acompanhada de uma renovação do quadro e também do aumento da qualificação de docentes. De fato, a década de 90 caracteriza uma fase de abertura sistemática para a comunidade que, como consequência, entre outros fatos, tornou os alunos mais conscientes da profissão e mais bem preparados para exercê-la.

Nas figuras 4 e 5 é mostrada a evolução dos Projetos Finais, em intervalos de oito anos, considerando, respectivamente, algumas áreas da Astronomia (para as quais há projetos em número relevante) e a ênfase de conteúdos em Física ou Matemática. A motivação é comparar alguns aspectos da evolução do interesse da pesquisa discente com a evolução da pesquisa astronômica em geral. Nessas figuras, incluímos a estimativa (utilizada na figura 3) dos alunos formados em 2002.

Na figura 4, as áreas escolhidas para a classificação de projetos seguiram a terminologia utilizada por órgãos de fomento à pesquisa. Na classificação "técnicas e instrumentação", foram incluídos Projetos Finais com conteúdos, por exemplo, de técnicas para tratamento de dados, de métodos matemáticos e *softwares*, que têm aplicação para diversos objetos astronômicos.

Devido à grande evolução da pesquisa astronômica nos últimos 20 anos no Brasil, a classificação dos Projetos no primeiro intervalo da figura 4 tem um componente subjetivo, pois a classificação aplica-se a um contexto (de menor amadurecimento) muito diverso do atual, principalmente no que se refere à obtenção e redução de dados. Por exemplo, a

capacidade de "enxergar" mais longe e melhor, fez crescer o interesse na - hoje denominada informalmente - "cosmologia observacional".

A figura 4 indica duas fases representadas, respectivamente, pelos dois primeiros intervalos e pelos dois últimos, sendo a primeira fase (1971-1986) característica ainda do isolamento do OV, citado no item 1, e a fase mais recente (1987-2002) representando uma evolução de interesses mais condizentes com a da comunidade astronômica. Nota-se ainda, que as duas fases estão separadas por alunos anteriores e posteriores à reforma de 1984. O processo de implantação global de uma reforma demanda cerca de 2 anos. Portanto, somente a partir de 1986 o conjunto de todos os alunos do curso estaria sob os requisitos da reforma.

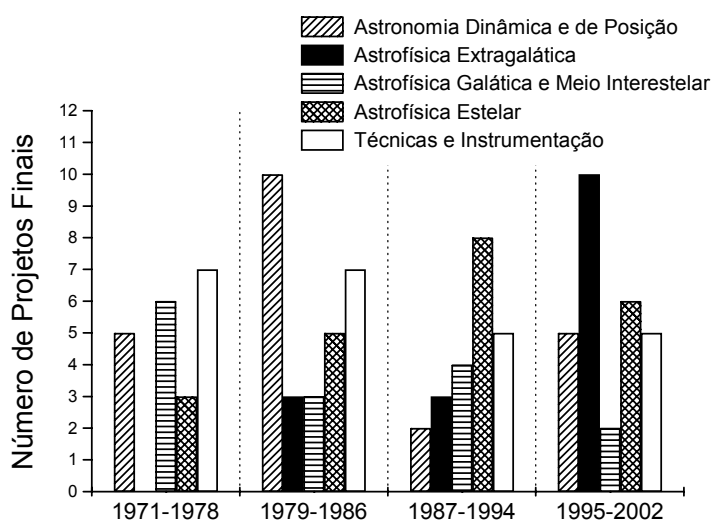


Figura 4 - Números parciais de Projetos Finais, em intervalos de oito anos de conclusão de curso, nas áreas que estão representadas por 15 ou mais Projetos Finais no intervalo 1971-2002.

As denominações da Astrofísica, na figura 4, são razoavelmente auto explicativas, no que se refere aos seus objetos de estudo. Uma vez que o público alvo desse trabalho é principalmente de Físicos, parece adequado dedicar poucas palavras à Astronomia Dinâmica e de Posição. Esta é uma denominação moderna, mais abrangente, para uma área que inclui segmentos mais tradicionais, como Mecânica Celeste e Astrometria. Particularmente, esta última foi sinônimo de Astronomia até a metade do século dezanove (Benevides-Soares 1999). Durante longo tempo essas foram as únicas frentes de estudo da Astronomia. Entretanto, houve uma expansão do arcabouço teórico da Matemática e da Física, e uma importante evolução das ferramentas computacionais e tecnológicas. Hoje é possível, não somente simular e comparar complexos problemas dinâmicos não lineares com as observações de objetos do Sistema Solar - com aplicações a planetas extrasolares - como também utilizar quasares como sistemas de referência inerciais quasi-ideais.

Segundo Maciel (1996), em seu trabalho sobre Astrofísica no Brasil, a Astrofísica Galáctica e do Meio Interestelar teve sua importância relativa (ao número total de trabalhos em reuniões da SAB) diminuída, devido parcialmente ao deslocamento de interesse para a área de Astrofísica Extragaláctica, o que de certa forma está refletido na figura 4.

A figura 5 mostra os percentuais de Projetos Finais com ênfase em Física ou Matemática. Vale observar que tais percentuais não abrangem o total de áreas abordadas nos Projetos. Existem, por exemplo, Projetos em arqueoastronomia, história e filosofia da ciência e ensino (utilizando a *Web*), não enquadradas nos percentuais da figura 5.

Nota-se, na figura 5, a queda dos números de Projetos com ênfase em Matemática o que parcialmente justifica-se pela evolução histórica da Astronomia Dinâmica e de Posição, esboçada acima. Particularmente, o alto percentual inicial com ênfase em Matemática, retrata o isolamento inicial do OV em relação às atividades da comunidade na áreas da Astrofísica. Além disso, como foi descrito acima, desenvolvimentos recentes tendem a aproximar a Astronomia Dinâmica e de Posição da Astrofísica. Assim, pode-se esperar um renascimento da importância relativa da área e, talvez, um respectivo aumento do número de Projetos, incluindo aí, eventualmente, as linhas com ênfase matemática (*cf.* figuras 4 e 5). De qualquer forma, o alto percentual de Física na pesquisa discente é um reflexo da principal ferramenta sobre a qual fundamenta-se a grande parte da moderna Astronomia.

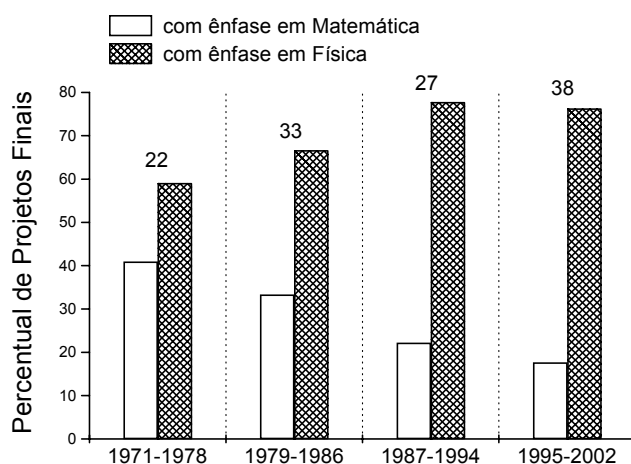


Figura 5 - Percentual de Projetos Finais, em relação ao total de Projetos em cada intervalo de oito anos de conclusão de curso, com ênfase em Física ou Matemática. Os números totais de Projetos de cada intervalo estão indicados sobre as colunas.

Ainda vale ressaltar, na figura 5, o grande número relativo de alunos no último intervalo, o que permite ser otimista quanto ao aumento da média de alunos formados por ano.

4. Tempos de Qualificação e Aproveitamento Vocacional de Ex-alunos

Nesse item mostram-se os principais indicadores, de caráter geral, capazes de retratar, com bastante fidelidade, as influências das melhorias na formação do aluno do curso de graduação de Astronomia da UFRJ.

Tais indicadores podem ser tomados como uma prova incontestável do que foi declarado no item 1: que *o aumento dos percentuais de alunos formados e que a diminuição do tempo permanência na graduação* (apesar de evidentemente desejáveis) *não são suficientes para avaliar a eficiência do ensino*, tratando-se de ciência exata.

Na figura 6 estão indicados os percentuais de qualificação de mestrado e de doutorado de ex-alunos em Astronomia/Astrofísica ou em Física ou Matemática. Os principais institutos que contribuíram para a titulação, de mestre e de doutor, de ex-alunos são: o Observatório Nacional/MCT (ON), o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais/MCT (INPE) e o IAG/USP, para os quais também estão consideradas as qualificações parcialmente realizadas no exterior.

O número inicial significativo de mestres em Física ou Matemática, na figura 6, explica-se em parte pela falta de opções para o aproveitamento vocacional em Astronomia no passado (*cf.* item 1). No último intervalo da figura, todos os ex-alunos formaram-se sob os requisitos da

grande reforma de 1984. É evidente a "explosão" no número de doutores entre tais ex-alunos e é uma prova de que o objetivo dessa reforma foi alcançado (o de melhor preparar o estudante para a pós-graduação em Astronomia/Astrofísica, como descrito no item 2).

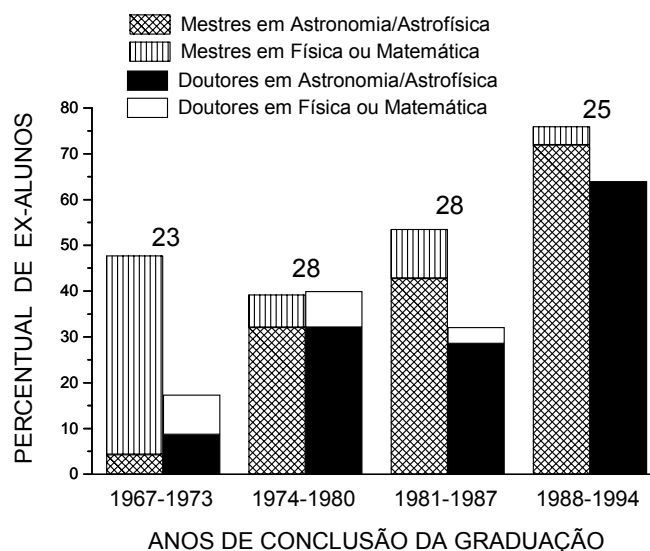


Figura 6 - Percentual, em relação ao total de cada intervalo de sete anos de **conclusão de curso**, de ex-alunos mestres e doutores. Os números totais de cada intervalo estão indicados sobre as colunas.

A figura 7, que pode se considerada como o *melhor índice de eficiência de melhoria na formação do estudante de graduação*, mostra a evolução de percentuais de ex-alunos qualificados (graduação, mestrado e doutorado) em intervalos de tempo menores que algum mínimo arbitrado, a partir do ingresso na graduação. No último intervalo da figura, o ponto de interrogação deve-se à estimativa da qualificação de 5 ex-alunos em doutoramento, cujas trajetórias acadêmicas permitem prever a conclusão da tese no intervalo indicado (neste intervalo 6 já se qualificaram).

No primeiro intervalo da figura 7, o percentual de graduados em menos que 6 anos é superior ao dos períodos subsequentes. Isto, juntamente com o histórico no item 2, sugere simplesmente que a conclusão do curso era mais fácil. Contudo, houve um fortalecimento qualitativo na formação, evidenciado pela análise dos outros percentuais. Estes mostram um aumento que privilegia menores tempos para a qualificação pós-graduada. Isto vai ao encontro da política das agências de fomento à pesquisa, ciência e tecnologia. Também, as atuais exigências do mercado de trabalho, não permitem mais os grandes tempos de qualificação do passado.

Na figura 7, todos os ex-alunos do último intervalo (e, parcialmente do penúltimo) experimentaram a reforma de 1984. É particularmente curioso que no último intervalo o correspondente percentual de mestres seja superior ao de graduados. Isso ocorre pois, para alguns, o excesso de tempo gasto na graduação foi compensado pelo curto tempo utilizado para a obtenção da qualificação de mestre.

Em cada uma das figuras 6 e 7, nota-se que o último intervalo contém um número total de ex-alunos menor que os intervalos imediatamente anteriores. Em princípio, isso poderia ser considerado preocupante. Entretanto, observando a figura 5, na qual o intervalo 1995-2002 contém um número relativamente alto de formados, é possível fazer um prognóstico otimista para futuras avaliações. Ou seja, espera-se um aumento de ex-alunos com alta qualificação.

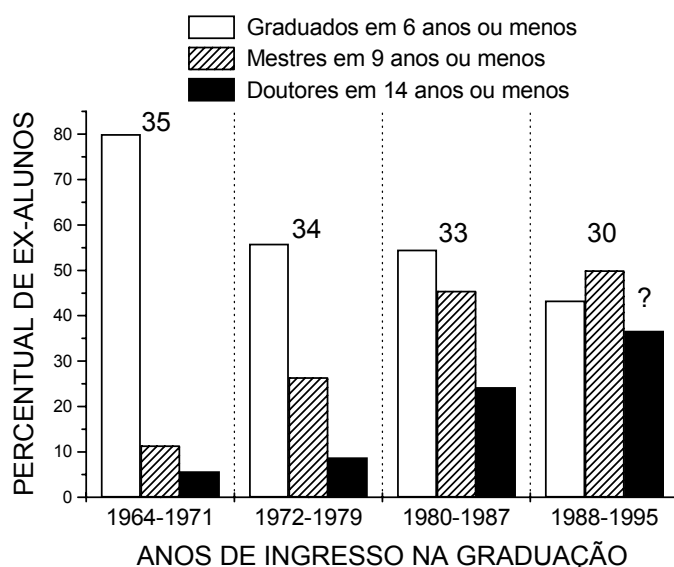


Figura 7 - Percentual de ex-alunos, em relação ao total de cada intervalo de oito anos de *ingresso no curso*. Os números totais de ingressos (que se formaram) de cada intervalo estão indicados sobre as colunas. Os tempos de qualificação referem-se, às diferenças entre o *ingresso na graduação* e, respectivamente: a apresentação de Projeto Final, a dissertação de mestrado e a defesa de tese de doutorado.

A figura 8 mostra o percentual de aproveitamento no mercado de trabalho, em intervalos de sete anos de conclusão de curso: foram computados contratos atuais e passados em Astronomia, Física ou Matemática, nos setores acadêmico, técnico e divulgação/ensino; também foram considerados os percentuais de ex-alunos em atividades de pós-doutorado em Astronomia. No momento, o único setor técnico que contrata astrônomos está na EMBRATEL.

O intervalo 1967-1980 caracteriza-se pela implementação e consolidação do OV e do ON, o que justifica parcialmente o percentual inicial maior de contratos nas áreas acadêmicas da figura 8, pois um percentual significativo de ex-alunos foi absorvido por essas instituições. Tal trajetória de ex-alunos justifica, na figura 6, os altos percentuais relativos, respectivamente, de mestres em Física ou Matemática no intervalo 1967-1973, e de doutores no intervalo 1974-1980. Em ambos os casos, os contratados foram incentivados pelas exigências da academia. No primeiro intervalo da figura 6, os mestres em Física ou Matemática são, principalmente, ex-professores do OV (historicamente isolado) que, sem muitas opções de pós-graduação em Astronomia no país (item 1) e tendo que cumprir grande carga didática, não obtiveram o doutorado. Surpreendentemente, os primeiros professores do OV doutores em Astronomia/Astrofísica surgiram somente em meados da década de 1990 (o que subentende um importante autodidatismo entre os docentes do OV, no passado). Entretanto, em 2002, no OV, cerca de 64% dos docentes têm doutorado na área.

Nota-se, na figura 8, o decréscimo dos percentuais para as instituições de pesquisa e ensino de Astronomia no intervalo 1967-1987. Porém, somando-se o percentual de contratos e de pós-doutorados no último intervalo da figura, e considerando o grande desenvolvimento e expansão da Astronomia no Brasil, é de se esperar um aumento futuro significativo dos percentuais de contratações em instituições que realizam pesquisa e ensino de Astronomia e Astrofísica.

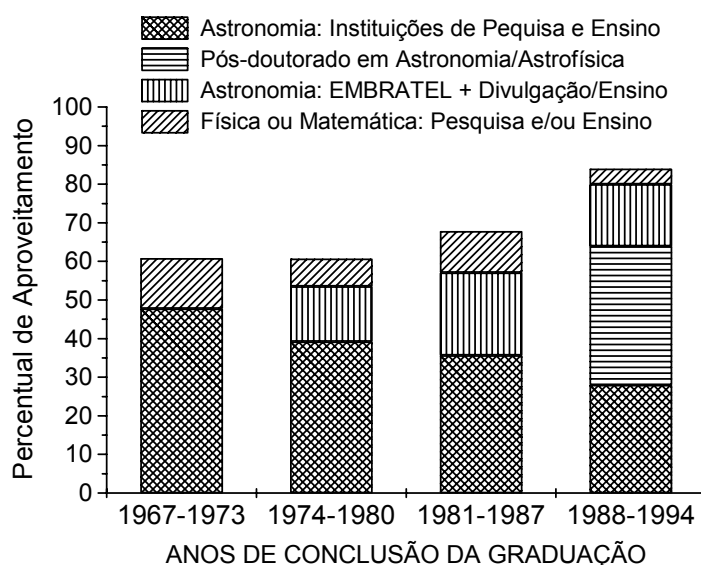


Figura 8 - Percentual de aproveitamento em relação ao número de alunos formados em intervalos de sete anos. Os números totais de cada intervalo são os mesmos da figura 6.

Finalmente, vale ressaltar que, apesar das peculiaridades das evoluções das áreas e instituições astronômicas, ao longo 20 anos o índice de aproveitamento de ex-alunos do curso da UFRJ, em Astronomia e áreas correlatas, manteve-se, em média, acima de 60%, com a tendência de aumento evidenciada na figura 8.

5. Observações Finais e Conclusões

As metas para o curso de graduação de Astronomia da UFRJ são o *aperfeiçoamento e a modernização da formação dos alunos e o fortalecimento da iniciação científica*. Tratando-se de graduação, o objetivo de seu currículo deve ser o de permitir ao aluno estar apto a alternativas de sobrevivência. Assim, a este nível, a formação deve ser *básica, geral e atualizada* o suficiente para que o aluno possa ser inserido no mercado, ou seguir a carreira acadêmica, sem grandes problemas.

Nesse trabalho mostrou-se que o percentual, relativamente alto, de aproveitamento de ex-alunos em Astronomia e áreas correlatas, formados ao longo de 20 anos (figura 8), manteve-se razoavelmente constante e tende a aumentar. Essa expectativa baseia-se no grande desenvolvimento da Astronomia Brasileira na pesquisa científica, com reflexos também no crescente interesse na implantação de atividades de graduação e nas atividades da divulgação científica de qualidade, junto ao público em geral e junto ao ensino médio e fundamental.

Exemplos relevantes das atividades de divulgação da Astronomia, que receberam grandes verbas do CNPq (novo edital de educação, em 2001), são: *i*) a Olimpíada Brasileira de Astronomia que passou a ser organizada pela SAB (Canalle *et al.* 2000), atingindo milhares de alunos em todo o Brasil, e que encontra-se em sua quinta edição, sob a coordenação de Jaime F. Villas da Rocha (UERJ); *ii*) o Projeto ENSINAST, coordenado por Horácio A. Dottori (UFRGS) e Adriana V. R. da Silva (CRAAM/Mackenzie), envolvendo 15 instituições brasileiras (o OV incluído).

O grande sucesso demonstrado pela diminuição do tempo para a qualificação de pós-graduação dos ex-alunos que experimentaram a reforma curricular de 1984 (e outras melhorias posteriores

implementadas no OV, segundo os itens 1 e 2), assim como a participação expressiva de ex-alunos no mercado de trabalho da comunidade astronômica brasileira, deixa claro que a modernização curricular periódica é uma grande necessidade de qualquer área na qual as revoluções técnicas provocam rápidas transformações de paradigma.

Um processo global de avaliação requerido pela UFRJ veio ao encontro das discussões iniciadas no OV, a partir de meados da década de 1990, com o objetivo de realizar uma nova grande reforma curricular (que está sendo implantada). Nesse contexto iniciou-se o estudo do caso, a fim de encontrar indicadores de avaliação de eficiência da formação do graduado em Astronomia. A análise de erros e acertos também nortearam a discussão de reforma curricular e podem igualmente ser utilizados em futuros levantamentos de desempenho.

Os indicadores aqui apresentados claramente refletem a melhoria na formação dos alunos, mas também apontaram algumas falhas, tais como o aumento médio do tempo de permanência para a conclusão do curso e a diminuição de alunos formados entre os ingressos no intervalo 1964-1995 (figura 7). Além disso, desde 1992 houve um aumento do número de vagas oferecidas anualmente, de 20 para 30, mas tal medida não teve uma influência direta sobre o número de alunos formados.

Professores do OV acreditam que a nova reforma curricular de 2002 terá efeito significativo na diminuição da taxa de evasão, assim como na diminuição do prazo de integralização. Espera-se aumentar significativamente a participação efetiva dos estudantes nas atividades acadêmicas.

Objetiva-se atingir a excelência através da sólida formação de alunos de graduação, tanto nas disciplinas de Física quanto nas técnicas de observação e de redução de dados da moderna Astronomia.

O principal resultado desse trabalho, para além do estudo do caso em si, foi a criação de indicadores que viabilizaram as conclusões da pesquisa. Particularmente, os indicadores de longo prazo apresentados no item 4, mostram que *os índices de diplomação, por si só, não são suficientes para a avaliação da formação científica, em ciências exatas, devido à complexidade envolvida nesta formação*. Portanto, a razão aluno/professor, os percentuais de abandono e/ou tempo de permanência nos cursos, devem ser utilizados como parâmetros para a análise de eficiência da formação, *somente* quando comparados com outras médias no setor. Também deve-se levar em conta algum tipo de indicador de médio prazo, como por exemplo, o número de publicações e de trabalhos em congressos de alunos tal como apresentado no item 3 (figura 2).

Há um interessante diagnóstico de curto prazo, que pode ser utilizado para a avaliação de curso de graduação em ciências exatas, baseado no artigo de Almeida *et al.* (2001). As autoras deste trabalho, através da análise de índices de evasão entre os primeiros e segundos semestres dos calouros, apontam a Física Básica como a principal responsável pela evasão de alunos de ciências exatas da UFRJ e propõem soluções possíveis, já experimentadas com sucesso. Como comentário paralelo, uma das autoras do artigo citado (EAMG) foi Coordenadora de Graduação do curso de Astronomia no OV, o que indica ter havido um estreito acompanhamento de alunos por parte da coordenação, mesmo considerando as disciplinas ministradas por outra Unidade.

Para finalizar, vale notar que o OV reúne as características de ter um curso estritamente científico, inserido em uma sociedade bastante jovem (SAB). Além dos grandes avanços tecnológicos que mudaram a face da Astronomia mundial e, particularmente, no Brasil, houve uma rápida evolução recente no OV (figura 1). Tais circunstâncias permitem, mesmo com um número relativamente pequeno de estudantes, um *diagnóstico de trajetória institucional para a adequação da estrutura de curso às diferentes necessidades de uma carreira científica*. Além disso, diagnósticos e atualizações curriculares deveriam sempre acompanhar os avanços tecnológicos. Conseqüentemente, as análises aqui realizadas *são capazes de sintetizar métodos para avaliação de cursos científicos*.

Os levantamentos e análises aqui apresentados exigiram grande empenho e parcialmente só foi possível realizar tal trabalho devido ao número relativamente pequeno de alunos. Entretanto, com os novos recursos computacionais ora disponíveis para armazenamento de dados e troca de informação, certamente será viável a execução de futuros levantamentos e análises, mesmo para cursos com um número elevado de estudantes. Acredito que este trabalho possa indicar *os tipos de dados potencialmente úteis para futuros indicadores de aproveitamento vocacional de graduados em ciências exatas.*

Referências

- Almeida, M.A.T., Barroso, M.F., Falcão, E.B.M., Gonzalez, E.A.M., 2001, Rev. Bras. de Ensino de Física, vol. 23, nº1, 83-92
- Arany-Prado, L., 1998, Boletim da SAB, vol. 17, nº2, 23-44
- Arany-Prado, L., 2001, Boletim da SAB, vol. 20, nº3, 83-90
- Barbuy, B., Lapasset. E., Baptista, R., Cid Fernandes, R., (eds.), 1998, Proceedings of the Workshop *Science with Gemini*, IAG-USP & UFSC
- Benevides-Soares, P., 1999, Boletim da SAB, vol. 19, nº 2, 61-70
- Bretones, P.S., Compiani, M., 2001, Boletim da SAB, vol. 20, nº3, 61-82
- Canalle, J.B.G., Lavouras, D.F., Arany-Prado, L.I., Oliveira Abans, M., 2000, Boletim da SAB, vol. 20, nº2 , 57-71
- COOPERA (Comissão Permanente de Avaliação), 1997, Instituto de Geociências, 1ª edição
- COOPERA, 1998, Avaliação Institucional do Centro de Ciências Matemáticas e da Natureza (CCMN)/UFRJ - Relatório Final, pg. 108-113
- da Silva, L., 1994, em: *A Astronomia no Brasil: Depoimentos*, eds.: B. Barbuy, J. Braga, N. Leister, SAB, IAG/USP, pg. 83-92
- de Campos, J. A. S., 1994, em: *A Astronomia no Brasil: Depoimentos*, eds.: B. Barbuy, J. Braga, N. Leister, SAB, IAG/USP, pg. 93-105
- Maciel, W.J., 1996, Boletim da SAB, vol. 16, nº2, pg. 11-31

Agradecimentos

Agradeço aos Professores do OV/UFRJ: Encarnación Gonzalez e José Adolfo de Campos, responsáveis pelo início do levantamento sistemático de dados de alunos formados, Gustavo Porto de Mello, Heloisa Boechat-Roberty, Sueli Guillens e Jorge Albuquerque Vieira; e a Jaime Rocha (UERJ), pelas discussões e comentários, ao longo dos anos, sobre temas aqui abordados e algumas sugestões. À FUJB, pelo apoio computacional.