

Mulheres na física: poder e preconceito nos países em desenvolvimento

(*Women in physics: power and prejudice in developing countries*)

D.A. Agrello e R. Garg¹

Instituto de Física, Universidade de Brasília, Brasília, DF, Brasil

Recebido em 23/5/2008; Revisado em 26/10/2008; Aceito em 10/11/2008; Publicado em 30/4/2009

O número de mulheres na física é pouco representativo, seja na pesquisa governamental, na indústria ou no meio acadêmico. Na maioria dos países, apenas cerca de 10% a 12% dos profissionais do campo da física, nos últimos 100 anos, são mulheres. A situação não tem se alterado significativamente nos últimos anos. Recentemente, uma discussão na revista *Physics Today* [1] questionava se essa seria, de fato, uma questão relevante. O presente artigo fará uma revisão do atual status da mulher na física, focalizando em especial países em desenvolvimento, como Brasil e Índia. Serão discutidas as razões pelas quais a física necessita de mais mulheres e sugeridas algumas estratégias para melhorar a situação atual.

Palavras-chave: mulheres, física, Brasil, e Índia.

Women are under represented in physics in government research, industry and academia. In most countries approximately 10% - 12% women are working as professionals in physics for the last 100 years. This situation has not changed much in recent years. A discussion in *Physics Today* [1] has questioned why this is an issue at all any way. This paper will review the current status of women in physics, focusing on developing countries like Brazil and India. We discuss reasons why physics needs more women and propose some strategies to improve the current situation.

Keywords: women, physics, Brazil, and India.

1. Por que existem tão poucas mulheres na física? Isso é realmente um problema?

Em 2005, Lawrence H. Summers, Reitor da Universidade de Harvard, provocou enorme polêmica ao questionar a capacidade intelectual das mulheres para a física e a matemática [2]. Ele sugeriu que as diferenças inatas entre homens e mulheres são uma das razões por que tão poucas mulheres, proporcionalmente, obtêm sucesso em carreiras no campo das ciências e da matemática [3]. Muitas mulheres e organizações envolvidas com a temática de gênero protestaram, e sua pressão sobre a Universidade de Harvard acabou por contribuir para o pedido de renúncia de Summers.

O tratamento desigual a profissionais do sexo feminino, em todos os níveis, tem se mostrado um dado da realidade, em quase todos os países. A disparidade de gênero no meio profissional é associada parcialmente ao papel biológico e às responsabilidades da mulher como mãe, mas se deve principalmente a concepções tradicionais, que atribuem à mulher o papel fundamental da maternidade e das tarefas domésticas, e ao homem

o papel de provedor do sustento da família. Entre as diversas esferas profissionais, a ausência das mulheres parece especialmente notável na ciência e na tecnologia, particularmente nos campos das ciências físicas e na engenharia, e as mulheres que optam pelo estudo na área das ciências frequentemente acabam assumindo aquelas ocupações consideradas menos desafiadoras. As mulheres estão sub-representadas na física. De todas as ciências, a física é uma área na qual o aumento do número de mulheres tem sido particularmente lento. Muitas jovens com grande potencial intelectual não têm a oportunidade de estudar física ou de se preparar para uma carreira nessa área. Outras são deliberadamente desencorajadas.

A situação, contudo, é ainda mais grave. Muitas das mulheres que iniciam o curso de física acabam por desistir. Uma proporção maior de mulheres que de homens abandona a física em cada estágio da carreira – um fenômeno frequentemente chamado de *leaky pipeline* (“vazamento na tubulação”) [4].

Nos últimos anos, a questão da sub-representação das mulheres na física tem sido objeto de uma ampla discussão, em todo o mundo. A natureza e magnitude do problema variam entre os países. No entanto, é

¹E-mail: reva@unb.br.

marcantemente recorrente o fato que a porcentagem de mulheres na física, em quase todos os países, decresce a cada etapa da carreira acadêmica e em cada nível de promoção no exercício profissional. Em março de 2002, a *International Union of Pure and Applied Physics* (IUPAP) promoveu a primeira conferência sobre as mulheres na física, no esforço de compreender as razões da sub-representação do sexo feminino nesse campo, em todo o mundo [5]. Recentemente, a 3ª Conferência Internacional da IUPAP sobre mulheres na física ocorreu no seol, coréia do sul em outubro de 2008 [5].

2. Brasil

Em 1980, registram-se certas medidas [6] para melhorar a situação das mulheres atuando nos campos da ciência e da engenharia, mas isso parece ter tido pouco impacto no caso do Brasil. Estudos anteriores [7], em várias partes do mundo, mostram que o número de mulheres na física parece estar crescendo. Este número é maior no começo dos estudos universitários e se reduz ao longo do mestrado, doutorado e carreiras profissionais. Contudo, no Brasil, a situação é um pouco diferente. Na matemática, em alguns ramos da engenharia e especialmente na física, o número de mulheres é extremamente reduzido, mesmo no nível da graduação.

Em 2007, o resultado das “Olimpíadas de Física”, realizadas em Brasília, chamou-nos a atenção: havia apenas uma mulher entre os 16 premiados. Isso nos levou a investigar as causas desse acontecimento. Apresentamos a seguir os dados obtidos na Universidade de Brasília (UnB) [8], que mostram, em certa medida, o que acontece em todo o país. Comparamos os dados relativos a diferentes cursos e estudamos a evolução dos números ao longo da carreira acadêmica, do começo da graduação à conclusão do doutorado.

Nas próximas figuras (Figs. 1 a 3), as porcentagens de estudantes em física e em algumas outras áreas de ciência e tecnologia são comparados quanto à composição de gênero.

A Fig. 1 mostra, nas duas primeiras colunas, a porcentagem (média) de candidatos do sexo masculino e feminino que prestaram o exame de admissão na UnB, em várias áreas de estudo, no período de 1999-2004. A porcentagem de candidatos do sexo feminino é superior à de candidatos do sexo masculino em ciências biológicas, mas o número de candidatos masculinos é superior em todas as demais áreas, sendo a diferença especialmente notável em física e em alguns ramos da engenharia, como a engenharia elétrica. Na mesma figura, as outras duas colunas registram a distribuição percentual, por área de estudo, dos candidatos matriculados na UnB, no mesmo período. A tendência observada nas duas colunas anteriores é mantida também aqui.

A comparação de porcentagens de candidatos à admissão em ciências e tecnologia, e nos cursos de psicologia, línguas e direito, no ano 2005, é mostrada nas

primeiras duas colunas da Fig. 2. Observa-se que nas ciências biológicas, psicologia e línguas, o percentagem de mulheres é consideravelmente alto. Em direito, a relação entre candidatos do sexo masculino e feminino é aproximadamente igual, mas em física e engenharia elétrica, o percentagem de homens é marcadamente predominante. Esta relação é mantida também durante o processo de matrícula na universidade, como registram as duas últimas colunas da mesma figura. É pequena a porcentagem de mulheres em relação ao de homens já no início do curso de física.

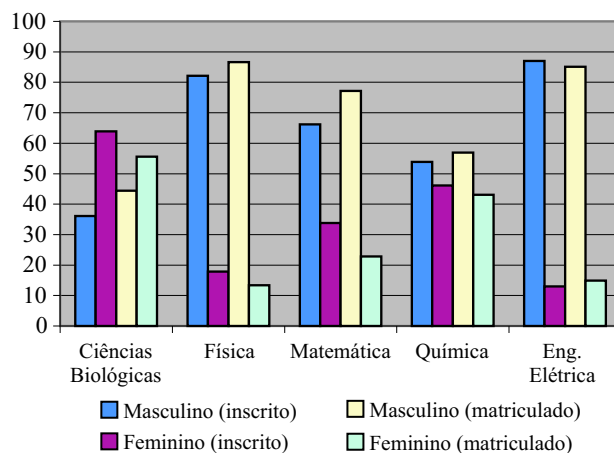


Figura 1 - Porcentagem de candidatos masculino/feminino inscritos/matriculados nos cursos de graduação da UnB no período de 1999-2004.

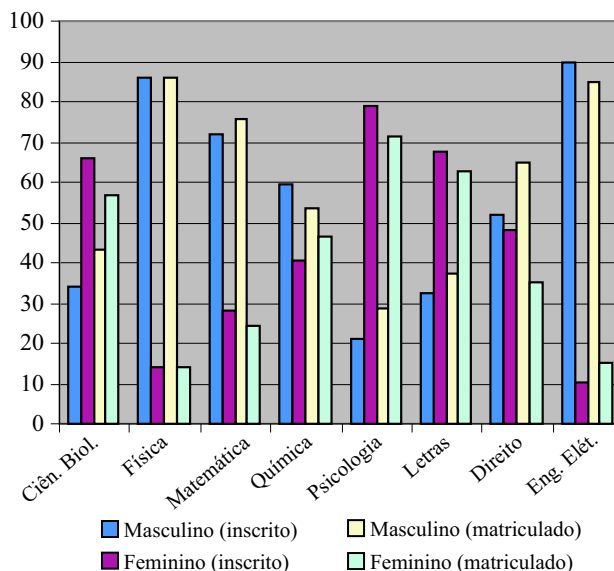


Figura 2 - Porcentagem de candidatos inscritos/matriculados nos exames de admissão da UnB em 2005.

A Fig. 3 mostra as porcentagens de estudantes regularmente matriculados nos cursos de pós-graduação em diferentes áreas, no ano de 2005. Para comparação foram mantidas as mesmas áreas consideradas anteriormente.

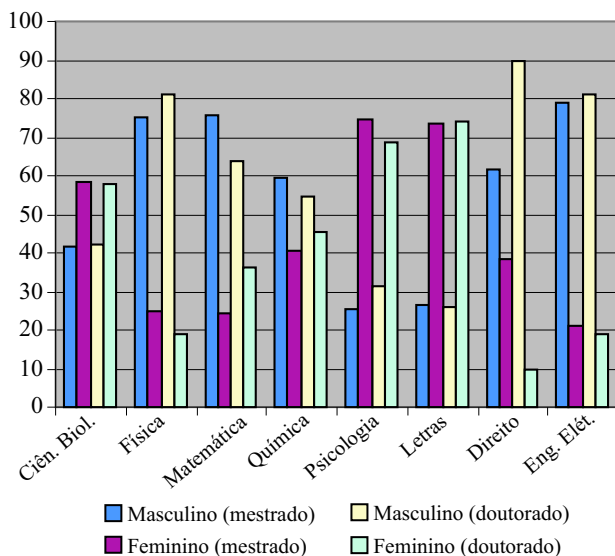


Figura 3 - Porcentagem de estudantes regulares de vários cursos de mestrado/doutorado em 2005.

O número de estudantes em pós-graduação é obviamente menor que da graduação, mas a distribuição percentual dos discentes, por gênero nas diferentes áreas, foi mantida. Concluímos, a partir desses dados, que nas carreiras ditas “masculinas”, especialmente em física, o número de mulheres é sempre muito menor que o de homens, em toda a trajetória de estudos.

A Fig. 4 mostra a porcentagem de mulheres e de homens entre os docentes lotados na área de física em algumas das universidades brasileiras mais proeminentes. A participação das mulheres atinge cerca de 25% em alguns casos, como na Universidade de São Paulo (USP) e na Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), que estão em áreas mais desenvolvidas economicamente. Mas o desenvolvimento econômico não é o único fator determinante da participação das mulheres no meio acadêmico. Na própria Universidade de Brasília (UnB), localizada na capital federal, onde a renda *per capita* é uma das mais elevadas do país, as mulheres são apenas 18% do total de professores. E em universidades situadas em estados mais pobres, como a Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), a porcentagem de mulheres é ainda inferior, abaixo de 5%.

Outros dados estatísticos [9] mostram que o número de mulheres tem aumentado em alguns cursos da área de ciências e tecnologia, mas decrescido nos cursos de física. Na UnB, as mulheres eram 55% entre todos os estudantes de graduação no período de 1996 a 2005, mas, em média, somavam apenas entre 10% e 15% dos estudantes de física. A baixa representatividade do sexo feminino continua na pós-graduação e no acesso a auxílio financeiro durante os anos de trabalho. Por exemplo, em 2005, o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) [10] concedeu 607 Bolsas de Produtividade em Pesquisa na área de física, das quais 547 para homens e 60 para mulheres.

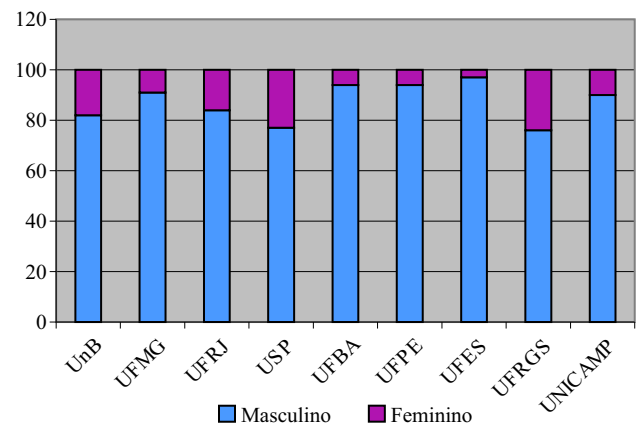


Figura 4 - Relação dos docentes masculino/feminino na física em algumas universidades importantes do Brasil (2007) UnB: Universidade de Brasília <http://www.unb.br>; UFMG: Universidade Federal de Minas Gerais <http://www.ufmg.br>; UFRJ: Universidade Federal do Rio de Janeiro <http://www.ufrj.br>; USP: Universidade de São Paulo <http://www.usp.br>; UFBA: universidade Federal da Bahia <http://www.ufba.br>; UFPE: universidade federal de Pernambuco <http://www.ufpe.br/>; UFES: Universidade Federal do Espírito Santo <http://www.ufes.br/>; UFRGS: Universidade Federal do Rio Grande do Sul <http://www.ufrgs.br>; UNICAMP: Universidade de Campinas <http://www.unicamp.br>.

Neste trabalho, enfatizamos que a porcentagem de mulheres no campo da física é pequena desde a admissão na universidade. E este nível baixo de participação se mantém durante todo o ciclo de estudos, assim como durante o exercício profissional. Não há incentivo específico para as mulheres estudarem ou trabalharem em ciência e tecnologia no Brasil. Ao longo de sua formação e de sua carreira profissional, a maior parte das físicas recebem pouco apoio da sociedade e dependem extensivamente de seu empenho pessoal.

3. Índia

Na Índia, há quarenta e cinco anos, eu (R.G.) e mais duas colegas éramos as únicas mulheres entre os 45 estudantes de graduação em física, e não havia nenhuma mulher docente no departamento. A situação das mulheres no campo da física, na Índia, é um pouco diferente em alguns aspectos, mas em geral bastante semelhante à do Brasil. A Fig. 5 compara a distribuição percentual, por gênero, dos estudantes de diferentes cursos, em várias universidades, nos biênios 1995-96 e 2000-01 [11]. A pedagogia registra a participação feminina mais expressiva: no período de 2000 a 2001, as mulheres representavam mais de 50% dos estudantes de educação. Em seguida, situam-se áreas como a medicina e as artes, sendo que a admissão de mulheres nos cursos de medicina, nesse período, responde por 44% do total. Em contraposição, a participação feminina é muito pouco expressiva em áreas como a engenharia, a agricultura e as ciências veterinárias. Note-se aqui que a categoria “ciências” inclui ciências biológicas e exatas. Durante o período de cinco anos entre 1995-96 e 2000-01, em linhas gerais, a preferência dos estudantes pelas dife-

rentes áreas não se alterou significativamente [11].

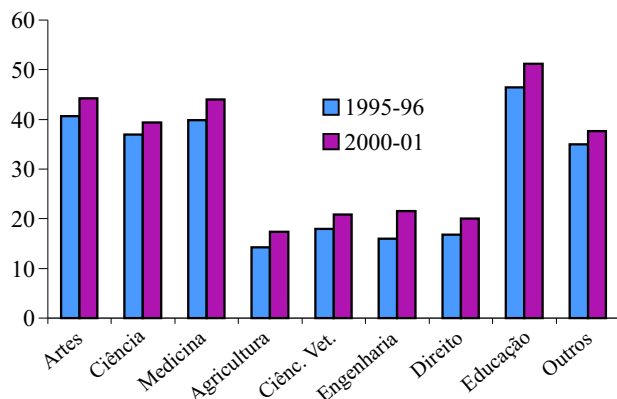


Figura 5 - Porcentagem média de mulheres em diferentes cursos nos períodos 1995-96 e 2000-01 em várias universidades indianas.

A Índia também se depara com problemas relativos ao equilíbrio da composição de gênero da população. Algumas regiões registram uma razão de 80 meninas para 100 meninos, atribuída à difusão da prática do aborto seletivo. Meninos são mais valorizados na sociedade indiana que meninas e, como consequência, muitos casais optam por ter outros filhos, depois do nascimento de uma menina, na expectativa de produzir um varão. Em casos onde a família já tenha uma ou duas meninas, a probabilidade da opção pelo aborto de um feto do sexo feminino é significativamente alta. Com o objetivo de coibir tal prática, a legislação indiana passou a proibir os testes para determinar o sexo da criança antes do nascimento.

O trabalho infantil muitas vezes complementa a renda familiar e meninas são frequentemente impedidas de estudar, para auxiliarem no trabalho doméstico e cuidarem dos irmãos mais novos, enquanto os pais trabalham. Observa-se também um receio maior pela segurança das meninas. A não permissão para que as meninas frequentem a escola interrompe o processo que conduziria ao ensino superior, incluindo a educação científica. Trata-se, portanto, de um problema duplo: primeiramente, trazer um número maior de mulheres para o estudo de ciência e tecnologia; em segundo lugar, assegurar as condições para que aquelas que estudam possam seguir uma carreira nessa área.

Com o objetivo de restringir a população crescente e a preferência por crianças do sexo masculino, o governo da Índia anunciou educação gratuita, ou com custos reduzidos, para meninas [12]. O novo programa oferecerá educação gratuita no nível médio para meninas que são filhas únicas. Aquelas famílias com duas meninas e nenhuma outra criança poderão receber descontos de até 50%. Em continuidade a política indiana de incentivo à educação, o programa inclui recursos para a concessão de bolsas de estudo a mulheres em estudos de pós-graduação. Na Índia moderna, com crescimento econômico anual da ordem de 10%, as universitárias de classe média tornaram-se ambiciosas, e

se espelham, como modelo de sucesso profissional, em Kalpana Chawala e Sunita Williams, duas mulheres astronautas de origem indiana.

4. Outros países

Recentemente, um volume considerável de estudo tem sido dedicado ao preconceito de gênero nas carreiras científicas, incluindo suas causas e consequências. O problema da pouca representatividade das mulheres no estudo de ciência e tecnologia é um fenômeno mundial. O estudo do American Institute of Physics (AIP) [13] demonstra que o problema da pouca participação das mulheres no campo da física não se restringe aos Estados Unidos: na maioria dos países, menos de 20% dos títulos de doutorado em física são concedidos a pesquisadores do sexo feminino. No que diz respeito à titulação no nível de graduação, pode surpreender alguns leitores a informação de que o país com maior porcentagem (39%) de diplomas de graduação em física concedidos a mulheres é a Turquia [14].

Nos países desenvolvidos, apesar de ainda ser pequena, a porcentagem dos títulos concedidos a mulheres, em física, logrou um aumento significativo nos últimos 30 anos (Fig. 6). Esses ganhos foram alcançados graças aos esforços de um grande contingente de membros da comunidade científica, resultando em uma maior diversidade no campo da física. Essas pessoas têm acompanhado a trajetória dos movimentos por direitos civis para mulheres, desde o início da década de 1970. Em 2003, coube às mulheres apenas 18% dos títulos de Ph.D., nos Estados Unidos, o que, no entanto, representa um recorde significativo (bastante superior aos escassos 4% verificados em 1972) [15]. Por outro lado, considerando-se um aumento de apenas 3,3%, a cada década, na porcentagem dos títulos de Ph.D. em física obtidos por mulheres, serão ainda necessários muitos anos para que a defasagem entre os gêneros seja superada.

5. É preciso mudar

A física sempre contou com uma proporção comparativamente baixa de estudantes e pesquisadores do sexo feminino. Antes de examinar os dados obtidos por diversos estudos, cabe perguntar se a baixa representatividade das mulheres na física consiste realmente em um problema. Porque é importante ampliar o número de mulheres na física? Porque uma maior representatividade feminina é importante? Uma maior participação das mulheres é capaz de melhorar a qualidade da física? Em nossa opinião, essas questões devem ser respondidas sob três perspectivas: a perspectiva da sociedade, a perspectiva da ciência e a perspectiva das mulheres.

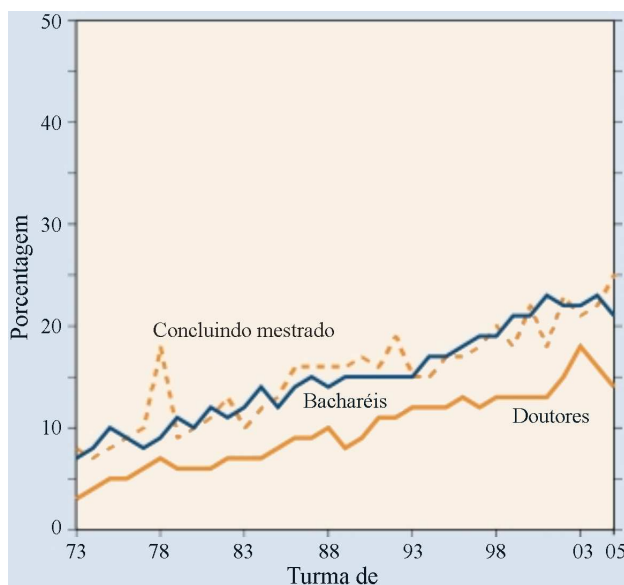


Figura 6 - Porcentagem de títulos de bacharéis, mestres e doutores em física obtidos por mulheres entre 1977-2006 nos EUA (fonte: <http://www.aip.org/statistics/trends/highlite/ed/figure18.htm>).

É preciso continuar a enfrentar as muitas formas de desestímulo das mulheres em seu interesse pela física. A sociedade mais se beneficia quando é capaz de aproveitar ao máximo todo o talento disponível. É hora de se construir uma conscientização ampla que permita às mulheres e a outros grupos sub-representados avançar sobre as barreiras históricas a sua atuação na física, nas ciências e na engenharia em geral. A física tem um papel chave na compreensão do mundo em que vivemos. A habilidade para a resolução de problemas de física é fundamental nas ciências, em muitas áreas da indústria e para sociedade como um todo. Uma vez que, internacionalmente, há tão poucas mulheres atuando no campo da física, nenhum país se beneficia completamente das idéias e esforços que as mulheres físicas poderiam oferecer. No mundo, menos de 15% dos físicos são mulheres [16].

É importante ter em mente que a física é desafiadora e pode facilmente desestimular. As mulheres, em particular, devem esforçar-se para manter a autoconfiança. Uma tese recente de doutorado pela Universidade de Stanford [17] revela que o desempenho das mulheres em matemática depende da composição de gênero da classe: o desempenho das mulheres é melhor quando não há nenhum colega do sexo masculino presente; se há um, seu desempenho é um pouco inferior; se há dois, o desempenho regride ainda mais, e assim por diante. Acreditamos que esses resultados expõem preconceitos basilares do sistema educacional. Mais precisamente, demonstram que homens e mulheres são vistos e tratados de forma diferente. Quando estudantes, e ao longo de mais de 30 anos de docência, temos fundamentalmente vivenciado e defendido que o desempenho no campo das ciências e da matemática,

ou em qualquer outra área do conhecimento, depende da aptidão, independentemente de gênero.

Qual é a causa primordial da resistência ao engajamento das meninas nas ciências, na tecnologia e na matemática? Essa é uma tradição um pouco complexa. Quando se pede as meninas que desenhem um cientista, quase todas desenhem um homem, uma figura de óculos, como Einstein. Elas raramente desenharam uma mulher e, certamente, nunca alguém com quem se pareçam [18]: não há correlação entre a mulher jovem de hoje e a imagem de “cientista”. É necessária uma mudança na percepção das meninas sobre os cientistas e sobre as mulheres como cientistas. O processo é lento e deve ser iniciado com a escolarização. A socialização se estabelece muito cedo. Em muitos países, os bebês do sexo feminino são encorajados a brincar com bonecas e os do sexo masculino a brincar com bola. Ao atingir a idade escolar, os meninos são encorajados a estudar engenharia, matemática, etc., e as meninas são direcionadas mais para as artes e a literatura. Ao completar o período escolar, poucas moças escolhem estudar física, muito poucas conseguem se graduar e um número ainda inferior segue uma carreira profissional na área.

Madame Curie foi a primeira professora titular na Universidade de Paris, a primeira personalidade a receber duas vezes o prêmio Nobel e, ainda hoje, a única a ter sido laureada em duas ciências diferentes. No começo do século XX, ela teve sua admissão negada na Universidade da Polônia, por ser mulher. Na atualidade, se a sociedade, em países desenvolvidos e em desenvolvimento, não inspirar e oferecer condições de igualdade para suas mulheres, muitos talentos como Madame Curie podem deixar de surgir na arena científica.

Para que mais mulheres optem por uma carreira em física, é preciso estarmos atentos desde o início de sua trajetória de estudo. Pesquisas indicam que as garotas se sentem mais inspiradas a explorar a matemática, as ciências, a engenharia e a tecnologia quando compreendem como esses campos podem ser aplicados para tornar o mundo melhor. Mas, para tanto, é necessário mais que uma ideologia amorfa. São necessários modelos, exemplos concretos, atividades práticas, professores apaixonados e apoio entusiástico. É preciso mais professoras mulheres, a servir como modelo para encorajar um número maior de jovens garotas a escolher a física como carreira profissional. Com um pouco de perseverança, as garotas deixarão de ver a física como uma “área masculina”, e passarão a considerá-la como uma plataforma concreta sobre a qual construir seu futuro.

Acreditamos, de fato, que as mulheres, enquanto grupo, não necessitam de tratamento especial, senão de oportunidades iguais. Fels [19] delinea dois ingredientes chave para que um indivíduo alcance seus objetivos: primeiramente, é necessário dominar um conjunto específico de habilidades; em segundo lugar, e

igualmente importante, é necessário que receba o nível adequado de reconhecimento e aprovação. Esse segundo ingrediente, na prática, não é distribuído com equidade. Nesse sentido, Gates [20] propõe várias idéias para reflexão. Segundo o autor, devemos estar atentos para as evidências, tanto no nível nacional quanto no interior de nosso próprio departamento universitário. As instituições que formam poucos graduados do sexo feminino em relação à média nacional precisam investigar em profundidade as causas do problema. Também deve-se ter em mente que a média nacional dos países em desenvolvimento e dos países desenvolvidos diferem consideravelmente. Aquelas instituições que registram, na área de física, um número de estudantes do século feminino significativamente abaixo da média nacional devem empreender esforços vigorosos para remediar a situação.

Outras profissões e campos acadêmicos têm obtido progressos muito mais significativos. Nas ciências médicas, por exemplo, no começo do século XX, quase a totalidade dos profissionais era do sexo masculino. Atualmente, o número de mulheres é aproximadamente o mesmo que o de homens, e competindo em condições de igualdade. O que aconteceu? Como a situação se modificou? Por que o mesmo não está ocorrendo na física? Este não é um problema insuperável - de fato é até bastante familiar. Nós realmente acreditamos que a comunidade científica pode mudar esse quadro de discriminação *de facto*, uma vez que o tenha compreendido de forma abrangente e adotado as medidas apropriadas. Se realmente tivermos a intenção de transformar esse cenário, é preciso estabelecer metas e trabalhar para alcançá-las. Um conjunto de ações afirmativas pode conduzir mais rapidamente a avanços mais significativos.

Referências

- [1] V. Aboites, J. Smith, W. Smith, E.O. Lacasce, R.K. Adair, J. Spicatum, K. Hazaveh and E. Gates, *Physics Today* **59**(12), 10 (2006).
- [2] http://www.boston.com/news/local/articles/2005/01/17/summers_remarks_on_women_draw_fire/.
- [3] <http://www.president.harvard.edu/speeches/2005/nber.html>.
- [4] The Leaky Pipeline: Gender Barriers in Science, Engineering and Technology <http://go.worldbank.org/H88FNC5MN0>; Along the leaky pipeline, <http://www.nature.com/nature/journal/v390/n6656/full/390202a0.html>; Women Physics Speak: Report from UK Delegation.
- [5] <http://www.iupap.org/wg/wip/>; <http://www.icwip2008.org/>.
- [6] Women, Minorities, Science, and Technology - Science and Technology Equal Opportunities Act (1980) www.cra.org/Activities/workshops/broadening.participation/misc/SEEOA/SEEOA.summary.doc.
- [7] Physics World special issue: Women in Physics <http://physicsworld.com/cws/article/print/17749>; <http://www.aip.org/statistics/trends/highlite/women/iupap.htm>.
- [8] Anuário Estatístico 2006, UnB, ISSN: 1807-0620 <http://www.spl.unb.br/Dados/>
- [9] J. Leta, *Estudos Avançados* **17**, 49 (2003).
- [10] M.C.B. Barbosa e J.J. Arenzon <http://www.if.ufrgs.br/~arenzon/bolsa/>
- [11] Report: Science career for Indian women, Indian National Science Academy, <http://www.ias.ac.in/womeninscience/about.htm>.
- [12] <http://pib.nic.in/release/release.asp?relid=12164>.
- [13] R. Ivie e S. Guo, AIP Pub. Number R-441, (2006). <http://www.aip.org/statistics/trends/reports/iupap05.pdf>; K. Welde, S. Laursen, and H. Thiry, Women in Science, Technology, Engineering and Math (STEM) http://www.socwomen.org/socactivism/stem_fact_sheet.pdf.
- [14] <http://www.aip.org/statistics/trends/highlite/women2/append.htm>.
- [15] Shirley M. Malcom, *Physics Today* **59**, 44 (2006).
- [16] Editorial: Physics needs women <http://physicsworld.com/cws/article/print/5185>; R. Ivie e K.N. Ray, AIP Publication Number R-430.02, February (2005).
- [17] Mary C. Murphy, Claude M. Steele, and James J. Gross, *Psychological Science* **18**, 879 (2007). www.psych.northwestern.edu/~richeson/documents/Murphy_etal2007.pdf.
- [18] M.M. Moulton, *Optics and Photonics News* **17**, 14 (2006).
- [19] A. Fels, *Harvard Business Review* **82**, 50 (2004).
- [20] E. Gates, *Physics Today* **59**, 64 (2006).