



**QUÂNTICA PARA  
INICIANTEs:  
INVESTIGAÇÕES  
E PROJETOS**



**Reitor:** Clélio Campolina Diniz  
**Vice-Reitora:** Rocksane de Carvalho Norton

**EDITORA UFMG**

**Diretor:** Wander Melo Miranda  
**Vice-Diretora:** Silvana Cóser

**Conselho Editorial:** Wander Melo Miranda (Presidente)  
Flávio de Lemos Carsalade  
Heloisa Maria Murgel Starling  
Márcio Gomes Soares  
Maria das Graças Santa Bárbara  
Maria Helena Damasceno e Silva Megale  
Paulo Sérgio Lacerda Beirão  
Silvana Cóser

Finha Técnica



# QUÂNTICA PARA INICIANTEs: INVESTIGAÇÕES E PROJETOS

**Assistência Editorial:** Elaine Sousa  
Euclídia Macedo

**Editoração de Textos:** Maria do Carmo Leite Ribeiro  
Allan Castelano Valente

**Revisão de provas:** Cláudia Campos  
Helivane de Azevedo Evangelista  
Patrícia Falcão  
Simone Ferreira

**Revisão do texto:** Maria Lúcia Brandão Freire de Mello

**Design Gráfico:** Pedro Célio Calisto Costa

**Fotografias:** Alfredo Luis Mateus

**Ilustrações:** Esdras Garcia Alves  
Helder F. Paula  
Pedro Célio Calisto Costa

EDITORA UFMG  
Av. Antônio Carlos, 6627  
Ala direita da Biblioteca Central - térreo  
Campus Pampulha  
31270-901 - Belo Horizonte/MG  
Tel: 55 (31) 3409-4650 | Fax 55 (31) 3409-4768  
[www.editoraufmg.com.br](http://www.editoraufmg.com.br) | [editora@ufmg.br](mailto:editora@ufmg.br)

# SUMÁRIO

<b>APRESENTAÇÃO</b>	Do que se trata esse livro	06	<b>EXPLICAÇÕES E MODELOS</b>	Um modelo para o átomo	96	
	A importância do ensino da Física Quântica e da Química Quântica na Educação Básica	07		Reunião de átomos e formação de sólidos	106	
	Um pouco da história da produção deste livro	08		Características de um sólido semiconductor	116	
	Breve descrição das três partes que compõem este livro	09		Semicondutores dopados e suas aplicações	124	
	Sobre o Projeto Pontociencia	10		<b>PROJETOS E APLICAÇÕES</b>	Fonte de tensão direta de valor variável	142
	Material suplementar disponível no site	13			Eficiência energética de lâmpadas e LEDs	150
<b>EXPERIMENTOS E INVESTIGAÇÕES</b>	Corrente alternada e direta	16	Alarme de incêndio		158	
	Temperatura e condução de eletricidade	26	Motor acionado por luz		162	
	Luz e condução de eletricidade	36	Modelo de leitores ópticos		170	
	Um aparelho para analisar a luz	42	Sistema de controle automático da iluminação		178	
	Lâmpadas fluorescentes	54	<b>SUGESTÕES PARA PROFESSORES E ALUNOS</b>	Considerações sobre o uso do livro em sala de aula	194	
	Luz no escuro	68		Ideias de projetos para feiras de ciências	198	
	O LED e as células fotovoltaicas	82		<b>SOBRE OS AUTORES</b>	200	
				<b>AGRADECIMENTOS</b>	201	
		<b>BIBLIOGRAFIA</b>		202		

Devido à atualidade dos temas nele trabalhados, bem como ao fato de demandar poucos conhecimentos prévios para sua utilização, este *Quântica para iniciantes: investigações e projetos* pode ser considerado uma obra de divulgação científica. Contudo também pode ser usado por professores e alunos de Ciências, em sala de aula, como material paradidático e fonte de referência para projetos de Feiras de Ciências, entre outros diversos usos.

Os conceitos e explicações são apresentados e discutidos à medida que se tornam necessários. As instruções são ricamente ilustradas e as ações propostas nas atividades práticas não exigem qualquer habilidade especial de quem se dispõe a executá-las.

Vivemos, hoje, em um mundo repleto de máquinas e aparelhos “inteligentes”, capazes de perceber mudanças no ambiente e reagir a elas. Tal capacidade torna-se possível graças à existência de sensores feitos com materiais semicondutores, muito versáteis, usados não só na produção de muitos elementos que compõem circuitos elétricos e eletrônicos, mas também na fabricação de tintas e materiais fosforescentes, capazes de brilhar no escuro!

Além de explorar, na prática, materiais semicondutores e suas aplicações, este livro convida você a investigar características da luz emitida por diversas fontes – caso, por exemplo, das lâmpadas fluorescentes. Todas as investigações e atividades nele propostas objetivam permitir a compreensão de uma série de conceitos e explicações desenvolvidos ao longo do século XX pela Física e pela Química quânticas.

As ciências do *quantum* são essenciais em inúmeras áreas de pesquisa científica e tecnológica atualmente em curso. Ao contrário da Mecânica, do Eletromagnetismo, da Física Térmica e da Química que se desenvolveram até o final do século XIX, a Física Quântica e a Química Quântica são, por assim dizer, as ciências da época presente.

Muitas das atividades práticas aqui propostas são, também, divertidas e interessantes. O material necessário à realização dessas atividades caracteriza-se por: (a) ser de baixo custo; (b) ser fácil de obter; (c) envolver manipulação de baixo risco; (d) estar presente em equipamentos e objetos que fazem parte do cotidiano de professores e alunos.

Em linhas gerais, há diversas justificativas para o ensino da Física Quântica e da Química Quântica na Educação Básica. Os principais argumentos baseiam-se na expectativa de que o ensino dos fundamentos dessas duas ciências possibilite:

1. uma necessária e constante atualização dos conteúdos da Ciência Escolar, a fim de se superarem a restrição do currículo às Ciências desenvolvidas até o final do século XIX;
2. uma compreensão mais ampla do mundo atual – um mundo mediado por tecnologias e objetos, cujo desenvolvimento vem sendo influenciado pelos avanços dessas duas áreas de conhecimento;
3. uma maior aproximação entre a ciência escolar e outras manifestações culturais presentes no cotidiano, uma vez que assuntos relativos a essas duas ciências estão presentes em filmes e reportagens veiculadas pela mídia;
4. uma compreensão mais aprofundada da importância da imaginação nos estudos científicos, por sua capacidade própria de antecipar realidades e, assim, de realizar.

Noções de Física Quântica e de Química Quântica já compõem o currículo obrigatório do Ensino Médio, embora a grande proximidade entre essas duas ciências nem sempre seja compreendida por professores e alunos da Educação Básica. Tal proximidade é, porém, destacada e explicitada neste livro, com vistas a sugerir ações de interdisciplinaridade na escola e a contribuir para o avanço delas. Utilizar a ciência dos materiais e suas aplicações como tema do ensino de Ciências parece ser uma excelente oportunidade para promover esse tipo de ação.

Escrito para estudantes do Ensino Médio, o conjunto de atividades ora disponibilizado pode ser usado, também, por alunos que cursam as últimas séries do Ensino Fundamental e se interessam pelas Ciências. Como o subtítulo sugere, trata-se de um livro que contém diversas propostas de atividades, em que o leitor é convidado a pôr a “mão na massa”.

Os autores constataram que, em muitos dos livros didáticos e paradidáticos que tratam de temas relativos à Física Quântica e à Química Quântica, as atividades propostas restringem-se a leituras de textos e, quando muito, sugerem interações com simulações em computador. Ao incluir atividades do tipo “mão na massa” no livro que os estudantes passam a ter em suas mãos, a expectativa é, pois, a de contribuir para uma mudança desse quadro.

# UM POUCO DA HISTÓRIA DA PRODUÇÃO DESTE LIVRO

Este livro é resultado de um trabalho iniciado, mais objetivamente, em 2007. Nesse ano, dois dos seus três autores produziram uma série de atividades para que estudantes da Educação Básica pudessem conhecer diversos dispositivos que compõem aparelhos eletrônicos utilizados no seu dia a dia, cujo funcionamento envolve a compreensão de conceitos e teorias da Física Quântica.

Uma primeira versão de seis das sete atividades que compõem a Parte I deste livro foi apresentada durante um minicurso oferecido a professores de Física da Educação Básica, em janeiro de 2007, na programação do XVII Simpósio Nacional de Ensino de Física (SNEF), realizado na cidade de São Luís/Maranhão. Organizado bianualmente pela Sociedade Brasileira de Física, o SNEF constituiu, nessa ocasião, uma primeira oportunidade para se testarem tais atividades.

Desse conjunto de atividades, originou-se material didático utilizado, no segundo semestre do mesmo ano, em uma escola pública de Contagem/Minas Gerais. Por essa razão, o Professor Alfonso Chincaro Bernuy, responsável pelas turmas que utilizaram esse material, bem como o Professor Jorge Expedito Rodrigues, Diretor da escola à época, merecem agradecimentos muito especiais dos autores deste livro. Agradecimentos igualmente especiais merecem os alunos dessas turmas que, todavia, não serão aqui nomeados.

O material didático usado nessa ocasião, além das atividades que compõem a base da Parte I deste livro, continha um texto similar ao que se apresenta, agora, na Parte II desta obra. Diversas críticas do Professor Alfonso ao texto usado em suas turmas foram devidamente incorporadas ao texto atual.

Finalmente, o trabalho iniciado em 2007 agregou-se a outro projeto importante desenvolvido sob a responsabilidade de dois dos três autores deste livro: o Portal Pontociência – <http://pontociencia.org.br> –, voltado à produção e à divulgação de atividades práticas de Química, Física e Biologia para o Ensino Fundamental e Médio.

*Quântica para iniciantes: investigações e projetos* é o terceiro livro publicado pelo Portal Pontociência em parceria com a Editora UFMG. Assim como se comprova no *Ciência na tela: experimentos no retroprojeto* e no *Química na Cabeça*, volume 2, este *Quântica para iniciantes* apresenta formato similar ao dos experimentos publicados pelo portal. Em virtude desse formato, disponibiliza muitas figuras

e fotografias, bem como instruções passo a passo, que contribuem para que mesmo quem nunca segurou um ferro de solda ou manipulou elementos de circuitos possa executar, sem maiores dificuldades, as atividades propostas.

Desde 2007, os autores têm-se ocupado em estudar como os estudantes leem e entendem diagramas, ilustrações e outros recursos normalmente usados no ensino das Ciências. Muitas das lições aprendidas nesse período foram incorporadas a este livro.

## BREVE DESCRIÇÃO DAS TRÊS PARTES QUE COMPÕEM ESTE LIVRO

Este livro é composto de três partes. Na **Parte I**, sugere-se a realização de diversas atividades de investigação, que revelam características de diversos dispositivos semicondutores e diferentes fontes de luz, além de explorar os processos de fotoluminescência conhecidos como fluorescência e fosforescência.

Na **Parte II**, apresentam-se textos e ilustrações concernentes a fundamentos da Física Quântica e da Química Quântica, que explicam fenômenos observados nas investigações propostas na Parte I.

Na **Parte III**, propõem-se seis projetos interessantes, em que se utilizam materiais amplamente disponíveis e de baixo custo. Tais projetos podem ser considerados aplicações tecnológicas de dispositivos e elementos, cuja exploração é proposta na Parte I e cujo funcionamento é explicado na Parte II.

# SOBRE O PROJETO PONTOCIÊNCIA

## O que é

O **pontociência** é um portal colaborativo na internet, cujo conteúdo é formado, principalmente, por experimentos nas áreas de química, física e biologia. Os experimentos são apresentados num formato passo a passo, com instruções detalhadas, fotos e vídeos.



O objetivo principal do **pontociência** é dar acesso a professores de ciências de todos os níveis a ideias de atividades práticas que possam ser realizadas com seus alunos. Por isso, a ênfase do projeto está em apresentar experimentos que possam ser realizados com materiais acessíveis e de baixo custo, embora o portal contenha experimentos de todos os tipos. Além disso, ao trocar informações com seus colegas, os participantes refletem sobre suas práticas e podem encontrar outros profissionais para trocar informações e ideias, participando de uma comunidade virtual.

O acesso ao **pontociência**, que é financiado pela FINEP – Financiadora de Estudos e Projetos do Ministério da Ciência e Tecnologia, é totalmente gratuito.

## Pesquise

Os experimentos são classificados em termos de sua dificuldade de execução, tempo de preparo, custo dos materiais, etc., permitindo uma pesquisa que contemple o tipo de atividade mais compatível com sua realidade. Você pode realizar uma busca simples, apenas usando uma palavra-chave ou usar filtros que destacam apenas experimentos com determinadas características. Você pode localizar experimentos com materiais encontrados em casa e com custo menor do que 10 reais, por exemplo.

Buscar experimento

Palavra-chave

opções de busca

Material - onde encontrar

Tanto faz

Material - quanto custa

Tanto faz

Tempo de apresentação

Tanto faz

Dificuldade

Tanto faz

Segurança

Tanto faz

Buscar

Exibições: 22667

Nota geral

★★★★★ (12 votos)

Sua nota

★★★★★

Salvar como favorito

Material - onde encontrar

em laboratórios e lojas especializadas

Material - quanto custa

entre 10 e 25 reais

Tempo de apresentação

até 10 minutos

Dificuldade

fácil

Segurança

seguro

## Publique seu experimento

Além de ter acesso aos experimentos criados pela equipe do projeto, você pode criar uma conta e publicar seus próprios experimentos, relatando atividades feitas com seus alunos ou em casa.

Quem somos | Notícias | Outras fontes | Contato

ponto.ciência

várias experiências, um só lugar

INÍCIO | COMUNIDADE | AJUDA | PUBLICAR

Sua página > cadastrar experimento

1. Informações gerais | 2. Passos | 3. Publicar

Gravar rascunho

Sobre o experimento

Nome do experimento (máximo 100 caracteres)

Categorias (você pode selecionar quantas achar necessário, mas a primeira é obrigatória)

[categoria - obrigatória]

Palavras-chave, separadas por vírgulas (exemplo: química, gravitação, inércia, combustão)

Classificação

Material - onde encontrar

em casa  em supermercados e farmácias  em laboratórios e lojas especializadas  na mata

Material - quanto custa

até 10 reais  entre 10 e 25 reais  acima de 25 reais

Você sabia?

- Aqui você pode fazer uma busca avançada por experimentos, detalhando opções como preço, dificuldade ou tempo gasto. Assim você pode encontrar o experimento que realmente atinge suas necessidades.
- Clique na página de pontociência entre seus sites favoritos! Assim, todo o conteúdo do portal estará facilmente acessível em seu computador.
- Seu experimento pode ser classificado como popular se estiver entre os mais visitados. Divulgue seus experimentos para seus amigos.

## Vote

Você pode votar nos experimentos, dando uma nota de uma a cinco estrelas. A média dos votos é mostrada, assim como o número total de votos recebidos.

## Escolha seus Favoritos

Ao escolher um experimento como Favorito, ele fica listado na Sua Página e fica, assim, fácil de encontrar.

## Comente e tire dúvidas

Você pode também comentar o conteúdo de cada experimento e tirar dúvidas por meio do fórum disponível em cada um deles.

## Complete seu perfil e encontre outras pessoas com interesses semelhantes

Você, usuário do **pontociência**, tem a Sua Página, onde ficam registrados as suas contribuições de experimentos, os seus Favoritos e o seu perfil. No perfil, você pode colocar a sua foto ou avatar, a sua cidade, seus interesses e uma pequena biografia. A busca de usuário permite que se procure por qualquer palavra-chave, e assim você pode listar, por exemplo, pessoas que usaram a palavra “química”, “professor” ou o nome da sua cidade no perfil.

Complete seu perfil, troque sua foto e cadastre mais informações sobre você

**Medalhas:**

Membro desde: 06/09/2008

Último acesso: 09/12/2010

Última atualização de cadastro: 23/09/2008

**Números:**  
9 experimentos,  
0 destaques,  
34447 visualizações

## Coleções

Alguns dos experimentos do pontociência estão organizados em coleções para facilitar a sua localização e para possibilitar encontrar descrições dos experimentos sobre um tópico no mesmo lugar.

Confira nossas coleções

**ponto.ciência**  
coleção astronomia

**ponto.ciência**  
coleção evolução

## Mapa de experimentos

Os experimentos do pontociência estão separados em categorias. Para visualizar melhor o conteúdo do portal nas diversas áreas, basta clicar no mapa e abrir a árvore de categorias.

**Mapa de experimentos**

Total (563)

- Biologia (92)
- Física (240)
- Química (244)
- Outros (21)

Total (563)

- Biologia (92)
- Física (240)
  - Cinemática (11)
  - Dinâmica (31)
  - Estática (19)
  - Conservação de momento (8)
  - Trabalho e energia (10)
  - Hidrostática (26)
  - Física térmica (33)
  - Ótica (23)
  - Acústica e ondas (15)
  - Eletrostática (8)

## Cadastre-se e receba o Boletim

Você pode se cadastrar em minutos e receber nosso boletim no seu endereço de *e-mail*. O boletim traz uma lista dos experimentos mais recentes e todas as novidades do **pontociência**.



## MATERIAL SUPLEMENTAR DISPONÍVEL NO SITE

No site do Portal pontociência – <http://pontociencia.org.br> –, existem diversos materiais suplementares para o uso dos livros publicados por meio da parceria do portal com a Editora da UFMG. No caso do *Quântica para Iniciantes*, a existência de materiais suplementares é sinalizada ao longo do texto por meio do logo do pontociência. A título de exemplo, citamos algumas das ocasiões em que o logo aparecerá no texto com essa intenção:

1. Instruções suplementares para a produção de uma placa fosforescente que poderá ser usada na atividade Luz no Escuro, proposta na parte I deste livro.
2. Links para simulações de diversos fenômenos investigados, a serem visualizadas e manipuladas em um computador e tutoriais para uso dessas simulações.
3. Atividades sobre noções elementares de circuitos elétricos, que podem ser usadas por quem pouco conhece acerca desse tema.