

TRIZ: Criatividade como uma ciência exata?

(TRIZ: Creativity as exact science?)

J. López¹, R.L. de Almeida¹ e F.M. Araujo-Moreira²

¹Instituto de Física Gleb Wataghin, Universidade Estadual de Campinas, Unicamp,
Campinas, SP, Brasil

²Departamento de Física, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, SP, Brasil
Recebido em 17/5/2004; Revisado em 20/9/2004; Aceito em 22/12/2004

TRIZ é a sigla para as palavras russas que, em português, significam *Teoria para a Resolução de Problemas Criativos*. O estudo de mais de dois milhões de patentes no mundo tem permitido identificar princípios universais de invenção. Ensinando estes princípios e com a ajuda de técnicas psicológicas de geração de idéias, a metodologia TRIZ pretende aprofundar e dinamizar o processo criativo. Neste artigo apresentamos algumas sugestões de como utilizar o método TRIZ na formação de estudantes de Física.

Palavras-chave: TRIZ, criatividade, inovação, ensino.

TRIZ is the acronym for the Russian phrase *Theory of Inventive Problem Solving*. Over two million patents have been examined, classified by level of inventiveness, and analyzed to look for principles of innovation. If these principles could be identified and codified, they could be taught to people to make the process of invention more predictable. In this paper we discuss some ideas to use this method in the preparation of Physics students.

Keywords: TRIZ, creativity, innovation, learning.

Continue procurando idéias novas que outros tenham usado com êxito. Sua idéia tem que ser original somente na adaptação a seu problema.

Thomas Edison (1847-1931)

1. Introdução

Criatividade refere-se à capacidade de resolver problemas de forma excepcionalmente competente e original. As idéias e os produtos devem ser originais, adaptáveis (servindo a uma função) e completamente desenvolvidos (competentes) [1]. O pensamento criativo (ou divergente) procura encontrar soluções novas, por oposição ao pensamento convergente, no qual a pessoa dirige seus esforços a encontrar uma solução correta e conhecida. Existem tantos tipos de inteligência como de criatividade e as pessoas criativas tendem a sê-lo num único campo de ação [1].

Pelo menos quatro etapas são típicas na procura de uma solução criativa: a *preparação*, a *incubação*, a *iluminação* e a *verificação* ou *refinamento*. Durante a *preparação* o pensador define, o melhor possível, o problema e busca o maior número de recursos para sua solução. Em certas ocasiões, o pensador criativo toma

decisões preliminares sobre a relativa importância de cada um deles. A *incubação* é o período (nem sempre consciente) em que a pessoa, livre de restrições racionais ou lógicas, divaga e medita. A *iluminação* é definida pelo momento em que os recursos ou partes de um todo “encaixam” e se chega a uma decisão ou solução. Finalmente, a *verificação* ou *refinamento* é o processo de fazer pequenos ajustes para se chegar à forma final de apresentação.

Mesmo que estas quatro etapas sejam comuns na rotina de resolução de problemas de muitos pensadores criativos, nem todos seguem esta estratégia. Ainda mais, as etapas descritas anteriormente não garantem que se possa chegar a uma solução satisfatória. Os resultados dependem também das habilidades, motivações e treinamento do inventor.

Este artigo introduz brevemente o método TRIZ e sugere como pode ser usado na formação profissional dos estudantes de Física, assim como para o aperfeiçoamento de professores de Ensino Médio e Superior.

2. Origens e fundamentos do método TRIZ

O método TRIZ foi desenvolvido inicialmente pelo cientista russo Genrich Altshuller e seus colaboradores [2]

¹E-mail: jlopez@ifi.unicamp.br.

[3] [4] para resolver problemas técnicos. Atualmente, este método tem se expandido pelo mundo todo e em todas as áreas do conhecimento. TRIZ é a sigla para as palavras russas que, em português, significam *Teoria para a Resolução de Problemas Criativos*.

Altshuller diferenciava os tipos de problemas entre *conhecidos* e *novos*. Os primeiros são aqueles que podem ser resolvidos procurando em livros, revistas ou consultando um especialista. O segundo tipo de problemas são aqueles para os quais não existe, no momento, solução. Este segundo tipo foi denominado de problemas *criativos* ou *inventivos* e é, fundamentalmente, para os quais Altshuller desenvolveu sua teoria.

A investigação usando o método TRIZ parte da hipótese que existem princípios universais de invenção e que estes são a base para as inovações e o avanço tecnológico. Identificando e codificando os princípios criativos, estes podem ser ensinados. Como consequência, a metodologia TRIZ pretende aprofundar e dinamizar o processo criativo.

Nos últimos 50 anos, mais de dois milhões de patentes foram examinadas na busca de regularidades e princípios criativos. As três conclusões mais importantes desta procura foram:

1. Os problemas e suas soluções se repetem na indústria e na ciência.
2. Os padrões da evolução técnica se repetem na indústria e na ciência.
3. As inovações usam efeitos científicos fora do campo de atividade do produto ou serviço em desenvolvimento.

Exemplo 1: Quando se fala do dispositivo chamado *fusível* lembramos, quase que imediatamente, aquele fio fino que é utilizado na entrada dos aparelhos eletrônicos e que tem por função romper-se, quando existe um excesso de corrente elétrica, para proteger as partes mais caras do aparelho. Até o Dicionário Houaiss da Língua Portuguesa [5] somente atribui duas acepções a esta palavra: a anteriormente citada e a equivalência com a palavra *fundível*. Porém, a função do dispositivo *fusível* aparece em um número muito maior de aplicações. Máquinas agrícolas, como escarificadores e subsoladores [6], que eliminam a compactação do solo a diversas profundidades, utilizam um pino ou *fusível* no eixo de transmissão de força entre o trator e a parte ativa (haste) da máquina. Quando a ponta da haste encontra uma pedra ou obstáculo muito duro o pino se rompe, impedido que a potência do trator quebre a haste. Analogamente, diferentes partes de sistemas mecânicos são acopladas com a ajuda de *fusíveis*: desde a turbina de um avião com a fuselagem [7] até a lataria do carro de fórmula um com a cabine do piloto.

Uma objeção que se faz comumente ao método TRIZ é que ele tenta substituir a criatividade humana com uma metodologia científica. Porém, na verdade, o método TRIZ não elimina a criatividade humana. Pelo contrário, TRIZ potencializa a criatividade

do seu usuário organizando o processo de invenção e fornecendo uma base de experiências bem sucedidas.

3. Níveis de criatividade e padrões de evolução

Altshuller classificou o nível de criatividade de cada patente em 5 níveis [2] [3] [8]. As patentes dos níveis um e dois não foram considerados como reais inovações, mas como problemas rotineiros de desenho (aparelho ou método não muda) e pequenas melhorias em um sistema dentro da área de conhecimento tradicional, respectivamente. O nível um responde por 32% das patentes e o nível dois por 45%. Exemplo de patente de nível um é o relógio de pulso (em contraposição ao relógio de bolso). Exemplos de patentes de nível dois são o relógio mecânico e automático (não precisa dar corda) e o relógio mecânico com despertador (se adiciona uma função).

O nível três é formado por 18% das patentes e é caracterizado por uma melhoria fundamental a um sistema. Estas patentes resolvem *contradições* (veja seção 4) e usam métodos conhecidos fora da área de conhecimento tradicional da empresa ou indústria. Exemplo de patente de nível três é a introdução do relógio digital (os conhecimentos da área de eletrônica são aplicados na relojoaria).

O nível quatro (aproximadamente 4% das patentes) corresponde a uma nova geração de sistema, que contenha algum princípio novo (geralmente de tipo científico e não tecnológico) para executar uma função primária. Como exemplos, podemos citar o relógio atômico, os equipamentos de ressonância magnética nuclear, o microscópio e a clonagem de células.

Aproximadamente 1% de todas as patentes correspondem ao nível de máxima criatividade (nível cinco). Nesse grupo estão incluídas raras descobertas científicas como os raios X, a seqüência do DNA e a supercondutividade.

Altshuller também estudou a evolução das patentes no tempo. Ele encontrou oito padrões de evolução que se repetem em múltiplas áreas de conhecimento:

1. Ciclo de vida
2. Dinamização
3. Transição de sistemas macroscópicos a microscópicos
4. Sincronização
5. Primeiro aumento da complexidade seguido de simplificação numa etapa posterior
6. Transformações de escala para cima ou para baixo
7. Automação (redução do envolvimento humano)
8. Desenvolvimento desigual das partes de um sistema

Exemplo 2: Ilustraremos este último padrão de evolução. Os primeiros aviões eram muito limitados pelo seu desenho pouco aerodinâmico. Porém, os fabricantes preferiram dedicar a maior parte dos seus recursos a melhorar a potência do motor (um problema mais simples de “atacar”). Como resultado, boa parte da potência dos motores era subutilizada. Ignorar um subsistema limitante para resolver outros problemas mais simples é um erro comum no desenvolvimento de produtos.

4. Contradições

Um princípio básico do método TRIZ é que um problema técnico está definido pelas suas *contradições*. Isto é, se não existe contradição, não existe problema. Quando estas contradições acontecem? As contradições aparecem quando, tentando melhorar uma característica ou parâmetro de um sistema, faz-se com que outra característica ou parâmetro do sistema piore. Nesse tipo de evento, usualmente, considera-se uma solução de compromisso, mas tais soluções geralmente não são criativas.

Exemplo 3: Durante a decolagem e aterrissagem de um avião, suas asas precisam ser grandes para lhe garantir estabilidade. Porém, durante o voo, asas grandes aumentam o atrito com o ar e diminuem a velocidade do avião. A solução de compromisso, asas de tamanho médio, não é revolucionária. É preciso que o avião tenha asas grandes durante a decolagem e aterrissagem e asas pequenas durante o voo! A contradição se resolve adicionando asas que são expandidas na decolagem e aterrissagem e recolhidas durante o voo (*Princípio: Separar os requerimentos no tempo*).

Exemplo 4: Para fechar determinado medicamento dentro de uma ampola de vidro deve-se aplicar calor de forma a fundir o vidro. Porém, o mesmo calor pode prejudicar a composição química do medicamento. A contradição se resolve aplicando o calor unicamente no extremo superior e colocando a parte inferior da ampola - onde fica o medicamento - imersa num líquido refrigerante como a água. (*Princípio: Separar os requerimentos no espaço*).

5. Lei da idealidade

O método TRIZ também faz uso da *lei da idealidade*. Esta lei considera que um sistema técnico durante seu tempo de vida tende a tornar-se mais confiável, simples e efetivo (mais próximo do ideal). Cada vez que melhoramos um sistema o levamos mais perto da idealidade: custa menos, necessita de menos espaço, gasta menos energia, causa menos danos etc. A idealidade sempre reflete a máxima utilização dos recursos existentes, tanto internos como externos ao sistema. Desta forma, podemos avaliar um trabalho criativo pelo seu

grau de idealidade. Analisar um problema em termos da sua solução ideal faz com que as pessoas eliminem as barreiras psicológicas do pensamento cotidiano: tempo, custo, dimensões, materiais etc.

Exemplo 5: Uma empresa, que exporta carne do Brasil para os Estados Unidos, requer que o transporte do seu produto, por avião, seja feito com refrigeração. Por esse motivo parte do espaço dos aviões de transporte é ocupado pelos sistemas de refrigeração. Quando a concorrência aumenta, o dono da empresa pensa em reduzir o custo do transporte. Fica claro que para isso necessita aumentar a quantidade de carne enviada por avião. A situação ideal seria poder ocupar o espaço do sistema de refrigeração com carne! Um físico na empresa apontou que, quando o avião voa acima de 5000 m de altura a temperatura do ar externo está abaixo de 0 °C. A empresa fez uso exatamente disso (*Princípio: Uso dos recursos disponíveis no ambiente externo*).

Exemplo 6: Um pesquisador está estudando a influência que determinado ácido exerce numa peça cilíndrica. Para isso ele coloca a sua amostra dentro de um recipiente e enche o recipiente com ácido (veja Fig. 1a). Mede o tempo em que o ácido fica em contato com a amostra e retira a amostra para observação no microscópio. O problema aparece quando o pesquisador precisa aumentar muito o tempo de exposição da amostra com o ácido e a concentração do ácido. Nessas condições as paredes do recipiente deterioram substancialmente, contaminando tanto o ácido como a amostra. Várias soluções são possíveis aqui: trocar para um recipiente mais resistente, depositar uma camada fina de um material mais resistente ao ácido, etc. Porém, o método TRIZ recomenda procurar a solução ideal. Vamos focalizar as “superfícies de contato” de nosso problema. Existem duas fronteiras: amostra-ácido (positiva) e ácido-recipiente (negativa). A primeira é fundamental para pesquisar a influência do ácido na amostra, a segunda faz com que o ácido deteriore as paredes do recipiente. A solução ideal seria achar um modo de eliminar a fronteira negativa (veja Fig. 1b). A Fig. 1c mostra que o cilindro metálico pode desempenhar as duas funções (amostra e recipiente) caso se faça um furo nele e se coloque o ácido no seu interior.

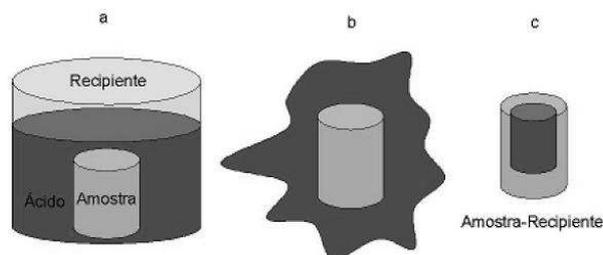


Figura 1 - Ilustração do uso do método da solução ideal para o problema da amostra, o ácido e o recipiente (exemplo 6).

6. Nível conceitual e quarenta princípios criativos

Um dos procedimentos de solução TRIZ consiste em: primeiro, identificar seu problema específico; segundo, descobrir o problema TRIZ correspondente e as soluções gerais TRIZ; finalmente, as soluções gerais TRIZ podem ajudá-lo a achar sua solução específica (veja Fig. 2).

A quantidade de informação que existe atualmente pode dificultar a procura de soluções ou não garantir que esta progrida na direção correta. O método TRIZ organiza a tradução de um problema específico num problema abstrato e propõe o uso de padrões e princípios gerais que são relevantes para esse tipo de problema. Como a solução do problema se produz no nível conceitual, o espaço de procura (representado simbolicamente pela área do triângulo) é consideravelmente reduzido.

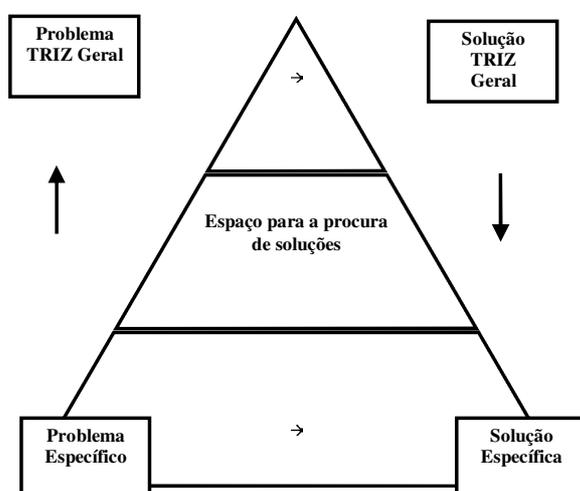


Figura 2 - Metodologia de solução de problemas usando TRIZ. A solução do problema no nível conceitual reduz o espaço de procura.

Vamos ilustrar esta idéia com dois problemas aparentemente distintos.

Exemplo 7: Como proteger o casco de uma embarcação que desliza na superfície da água do efeito da cavitação? A cavitação é a formação de bolhas de vapor dentro de um líquido em regiões de pressões baixas, produzidas quando o líquido é acelerado a altas velocidades. A cavitação é um efeito indesejado nesta situação porque a explosão das bolhas de ar produz a corrosão do casco da embarcação.

Exemplo 8: Como proteger as plantações de laranjas da invasão de abelhas?

Do ponto de vista do método TRIZ os dois problemas são similares. Nos dois casos existem dois componentes interagindo negativamente (problema geral TRIZ). No exemplo 7 é a água com o casco da embarcação, no exemplo 8 são as laranjas com as abelhas. Para este tipo de problema o método TRIZ recomenda

introduzir um novo componente entre os dois existentes. O novo componente deve ser preferencialmente uma modificação de algum dos já presentes (solução geral TRIZ). A palavra “modificação” deve ser entendida em sentido amplo. Pode significar uma mudança de estado de agregação, de cor, estrutura etc.

Com estas informações podemos tentar encontrar uma solução para nossos problemas específicos. Uma “modificação” para a água pode ser o gelo! Refrigerando o chão da embarcação a água em contato com o casco vai formar uma camada de gelo. Agora o efeito da cavitação vai danificar a camada de gelo e não o casco e, mantendo a refrigeração, a camada de gelo é refeita constantemente. Uma modificação para laranja pode ser limão! As abelhas não gostam de limão. Por isso, a plantação de laranja pode ser cercada com limoeiros.

Os 40 princípios criativos são a ferramenta mais utilizada do método TRIZ. A seguir ilustraremos dois destes princípios. A lista completa se encontra no artigo de Karen Tate e Ellen Domb [9].

Princípio 2: Remoção ou Extração

Separe a parte ou propriedade de um objeto que interfira num efeito positivo. Isole a única parte ou propriedade útil de um objeto.

Exemplo 9: Você acha que os latidos dos cachorros assustam os ladrões, mas não gosta de limpar as fezes deles? Algumas empresas já vendem alarmes que, quando ativados, reproduzem gravações de latidos de cachorros.

Princípio 21: Aceleração

Realize um processo (operações destrutivas ou como efeitos prejudiciais) rapidamente.

Exemplo 10: Os vendedores de batatas matam as bactérias que residem na sua superfície (sem cozer as batatas) fazendo-as passar durante um brevíssimo instante por uma chama com uma temperatura muito alta. Isto mata as bactérias na superfície, mas não permite que o calor se propague no interior e cozinhe as batatas.

7. Introdução do método TRIZ ao ensino de Física

As diretrizes da Comissão de Especialistas em Ensino de Física do Ministério da Educação [10] para o ensino de graduação indicam a necessidade de um currículo flexível, de modo a oferecer alternativas aos egressos. O físico, neste sentido, deve ser um profissional que, apoiado em conhecimentos sólidos e atualizados, deve ser capaz de abordar e tratar problemas novos e estar preocupado em buscar novas formas do saber científico ou tecnológico. As competências e habilidades a serem desenvolvidas incluem a representação e comunicação, investigação e compreensão e contextualização sócio-cultural.

O método TRIZ é uma ferramenta eficaz para desenvolver as habilidades anteriormente citadas. Criado inicialmente para resolver problemas de Engenharia,

sua esfera de influência tem se difundido em praticamente todas as áreas do conhecimento. Atualmente, encontramos artigos com exemplos específicos dos 40 princípios em áreas como as Ciências Sociais [11], a Educação [12] e a Química [13]. Na área industrial [14], equipes de físicos e engenheiros de grandes empresas, como a *Ford*, *Procter & Gamble* e *3M*, utilizam a metodologia TRIZ para maximizar seu potencial criativo.

Um problema freqüente à maioria dos estudantes universitários é como lidar com um grau crescente de especialização na sua área de trabalho e, simultaneamente, com o resto do universo de conhecimentos das outras áreas científicas. O método TRIZ pode ajudar a organizar o raciocínio lógico e fornecer bases de dados que auxiliem na resolução desta contradição.

Propomos que a metodologia TRIZ de resolver problemas seja ensinado aos estudantes de graduação e/ou pós-graduação e professores de ensino médio e/ou superior em Física. Os problemas podem variar desde a simples preparação de uma aula teórica ou de laboratório, a organização de um congresso, até a resolução de um problema do seu ambiente de pesquisa ou industrial.

As aulas deverão ter partes teóricas, de estudos de casos e de resolução de problemas dos próprios estudantes (“mãos na massa”). Os alunos também deverão familiarizar-se com o uso dos programas de computação que contêm as bases de soluções padrões e princípios físicos. Entre as três empresas que produzem software para auxiliar no uso do método TRIZ se encontram *Invention Machine Corporation* [15], *Ideation International Incorporated* [16] e *Insytec* [17].

O método é uma excelente ferramenta para estimular o trabalho individual e em pequenos grupos e a troca de informações num ambiente de colaboração mútua. Além do mais, os estudantes universitários treinados pelo método TRIZ podem formar os pilares para a criação de uma empresa júnior, que preste assessoria científica e pedagógica à comunidade.

Do ponto de vista do processo ensino-aprendizagem, um dos requisitos fundamentais do conteúdo é que este seja potencialmente significativo [18] para o aluno. O professor de Física de segundo grau pode utilizar tanto as bases de exemplos quanto à heurística de resolução de problemas do método TRIZ como fortes motivadores no ensino, ilustrando e dando significado ao conteúdo a ser aprendido.

8. Comentários finais

Este artigo descreve o método TRIZ para a resolução de problemas criativos e indica brevemente a forma como pode ser implementado no ensino e na pesquisa em Física. A criatividade é uma habilidade que necessita ser exercitada e desenvolvida por meio de atividades teóricas e práticas. O uso do método TRIZ no ensino da Física poderá, assim, contribuir na formação

e desenvolvimento de profissionais singulares, capazes de tomar decisões, assumir responsabilidades e buscar soluções para problemas novos na vida profissional.

Agradecimentos

Agradecemos aos Professores Oscar F. de Lima, Alexis Bruno Alfonso, Viviane P. Colloca, Marcelo J. Araújo e Claudineide Sitta pelos seus valiosos comentários e à Fapesp e ao CNPQ pelo apoio financeiro. Adicionalmente, agradecemos ao Professor Piotr Trzesniak (arbitro deste artigo) pela cuidadosa revisão e úteis sugestões.

Referências

- [1] L.L. Davidoff, *Introdução a Psicologia* (MacGrawHill, São Paulo, 1983), p. 314.
- [2] G.S. Altshuller, *Creativity as an Exact Science: The Theory of the Solution of Inventive Problems* (Gordon and Breach, New York, 1984).
- [3] H. Altov, *And Suddenly the Inventor Appeared* (Technical Innovation Center, Worcester, 1994).
- [4] Lev Shulyak, *40 Principles, TRIZ Keys to Technical Innovation: Introduction to TRIZ* (Technical Innovation Center, 1997), www.triz.org.
- [5] *Dicionário Houaiss da Língua Portuguesa* (Editora Objetiva, Rio de Janeiro 2001), 1ª edição.
- [6] G.M. da Silveira, *O Preparo do Solo: Técnicas e Implementos* (Aprenda Fácil, Viçosa, 2001).
- [7] A.A. Bartlett, *The Physics Teacher* **24**, 274 (1986).
- [8] Semyon D. Savransky and Craig Stephan, *The Industrial Physicist* **2**, 22 (1996).
- [9] Karen Tate and Ellen Domb, *The TRIZ Journal*, Julio (1997), www.triz-journal.com/archives/1997/07/index.htm.
- [10] Marco Antonio Moreira, *Revista Brasileira de Ensino de Física* **22**, 94 (2000).
- [11] John Terninko, *The TRIZ Journal*, Junho (2001), www.triz-journal.com/archives/2001/06/a/index.htm.
- [12] Dana G. Marsh, Faith H. Waters e Tabor D. Marsh, *The TRIZ Journal*, Abril (2004), <http://www.triz-journal.com/archives/2004/04/index.htm>.
- [13] Billy Grierson, Iain Fraser, Ailsa Morrison, Stuart Niven and Greig Chisholm, *The TRIZ Journal*, Julho (2003), www.triz-journal.com/archives/2003/07/index.htm.
- [14] Jennifer Ouellette, *The Industrial Physicist* **2**, 15 (1996).
- [15] TechOptimizer, *Invention Machine Corporation*, www.invention-machine.com.
- [16] Ideation WorkBench, *Ideation International Incorporated*, www.ideationtriz.com.
- [17] TRIZ Explorer, *Insytec*, www.insytec.com.
- [18] César Coll e colaboradores, *Psicologia do Ensino* (Editora ArtMed, Porto Alegre, 2000).