

---

## GERENCIAMENTO DE RISCOS DAS NANOTECNOLOGIAS: APLICAÇÕES DO MÉTODO GMP-RAM AO CICLO PDCA

---

Carolina de Castro Bueno e Kátia Regina Evaristo de Jesus

Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” campus Sorocaba – carolcastrob@gmail.com  
Embrapa Meio Ambiente – katia.jesus@embrapa.br

**Projeto Componente:** PC06 **Plano de Ação:** PA07

---

### Resumo

Apesar dos nanomateriais já estarem presentes em grandes linhas de Pesquisa e Desenvolvimento e à disposição dos consumidores, ainda não existem metodologias consolidadas para o Gerenciamento de Risco associado ao ciclo de vida e ao uso intensivo desses novos materiais. Neste cenário, o presente trabalho propõe o emprego e adequação do Método GMP-RAM para o caso das nanotecnologias em diversas dimensões, associados ao ciclo PDCA para a avaliação, mitigação e minimização do risco encontrado. Dessa forma, pode-se concluir que as duas metodologias associadas são favoráveis para a quantificação do risco e tomadas de decisão por meio do plano de ação proposto, caso a caso.

**Palavras-chave:** indicadores de risco, gerenciamento do risco, GMP-RAM, PDCA.

### Publicações relacionadas

BUENO, C. C.; JESUS, K. R. E. Emprego e Adaptação do Método GMP-RAM para Avaliação dos Riscos das nanotecnologias. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento Embrapa Meio Ambiente 62, ISSN 1516-1675, 2011. 76p.

---

### Introdução

---

O gerenciamento de riscos, em geral, é um grupo de processos que visa aumentar a probabilidade de sucesso em seus objetivos estratégicos, promover um gerenciamento proativo, minimizar perdas, realizar a prevenção de prejuízos, lesão e acidentes, fornecer uma operação eficiente ou deliberar sua estratégia de planejamento (FILHO, 2011). Em outras palavras, é um guia de boas práticas cujo objetivo é organizar os processos de gestão de um projeto de forma que todos os tipos de risco sejam identificados, analisados, padronizados e minimizados durante as todas as fases de seu ciclo de vida (Iniciação, Planejamento, Execução, Monitoramento e Controle e Encerramento).

Esse processo, em geral, é utilizado em projetos empresariais, porém, pode ser facilmente adaptado para processos que envolvem projetos, criações e liberações de novas tecnologias na sociedade, como a Nanotecnologia, por exemplo.

A gestão deve ter foco nos resultados (fins/comercialização e disposição final). Para isso, é preciso monitorar os elementos dos processos que geram estes resultados (planejamento, criação e pesquisa, produção e controle). Neste contexto, a utilização de softwares destinados a quantificar os riscos destas etapas é significante e importante para entender a natureza e magnitude do que precisa ser gerido e, assim, propor Planos de Ações para sua minimização e controle.

Desse modo, o emprego do Método GMP-RAM (Avaliação de Risco de Plantas Geneticamente Modificadas, do inglês *Risk Assessment Method for Genetically Modified Plants*) é extremamente útil para avaliar e gerenciar riscos potenciais relacionados às nanotecnologias, já que este tem por finalidade equacionar e identificar os riscos que necessitam de ações emergenciais (BUENO; JESUS, 2011).

Desse modo, o ciclo PDCA (planejamento, execução, verificação, ação, do inglês *plan, do, check, act*) entra como uma ferramenta que representa o ciclo de gerenciamento para

resultados e, assim, permite a ocorrência de melhorias contínuas em processos e metodologias relacionados com um determinado projeto, em especial, à introdução das nanotecnologias na sociedade e às implicações que decorrem desta ação.

Assim, este trabalho visa utilizar dados quantitativos gerados pelo Método GMP-RAM e inserir os riscos mais críticos dentro da metodologia PDCA.

## Materiais e métodos

Considerando as dimensões Ambiental e Saúde, Social e Ética, Econômica e Política e de Ciência e Tecnologia, os indicadores de risco das Nanotecnologias mais críticos indicados por Bueno e Jesus (2011) foram utilizados para o preenchimento e adequação da 'Metodologia para Avaliação de Riscos de Plantas Geneticamente Modificadas – GMP-RAM'. O método GMP-RAM (JESUS *et al.*, 2006) foi desenvolvido para avaliar a segurança de plantas geneticamente modificadas para saúde humana e meio ambiente. Esta é uma metodologia bastante inclusiva que tem sido empregada com resultados positivos para avaliação de outras tecnologias e produtos em geral. É composta por duas ferramentas: (1) Planilhas para compilação da Evidência do Risco e, (2) Matriz de Avaliação. Assim, a metodologia do ciclo PDCA (Fig. 1) foi utilizada para avaliar os riscos mapeados e analisar criticamente suas causas e promover ações para eliminá-las (Tab. 1). A avaliação desses riscos através das interfaces dessa metodologia foi baseada na definição dos valores dos índices de "risco" e "significância" e, assim na verificação e classificação do risco como sendo "Crítico – variando de baixo, médio, alto". Dessa forma, foi indicado um plano de ação condizente e viável para o gerenciamento do risco apresentado, tendo em vista orientar a tomada de decisão e ação. Como esta análise é feita caso a caso (premissa da Biossegurança), não há distorção do resultado final. O *software* GMP-RAM v.1.1 está disponível para download no site da Embrapa Meio Ambiente, por meio do endereço eletrônico: [http://www.cnpma.embrapa.br/forms/gmp\\_ram.php3](http://www.cnpma.embrapa.br/forms/gmp_ram.php3).

## Resultados e discussão

A tomada de decisão partiu dos resultados gerados pelos índices e pela Matriz de Risco

gerada como resultado do Método GMP-RAM, seguindo determinados passos previamente estabelecidos e culminando em um plano de ação para análise e identificação da situação de risco de forma contínua. De acordo com a Fig. 1, as etapas seguidas foram: definição dos critérios e sub-critérios relacionados aos indicadores de risco por intermédio da prospecção da literatura específica; identificação das restrições; prospecção e comparação entre as diferentes alternativas sugeridas por diferentes literaturas; classificação dos riscos em cada dimensão; escolher a melhor alternativa para criar o indicador de risco e execução e avaliação de um plano de ação direcionado.

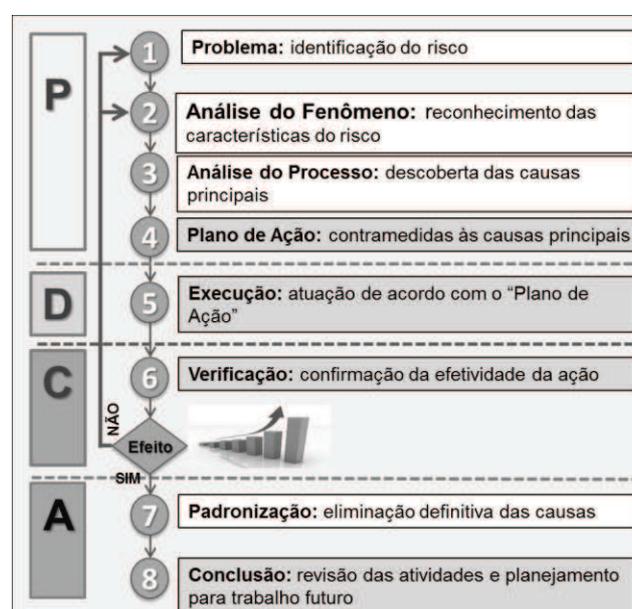


Fig. 1. Gestão de Riscos das Nanotecnologias: Plano de Gerenciamento e Ação por meio do ciclo PDCA (CAMPOS, 2004).

Adicionalmente, a quantificação inicial do risco por meio do Método GMP-RAM foi realizada por intermédio da atribuição de valores para a definição dos índices de risco e significância. Cada um desses índices é composto pelos fatores de ponderação de magnitude, exposição ao dano, precedente, extensão e reversibilidade, que juntos buscam definir critérios para a aceitabilidade da tecnologia com base na abrangência dos efeitos adversos e na resiliência da dimensão analisada. Na matriz gerada pelo método são mostrados os níveis de exigência ou cuidado para as ações preventivas/mitigatórias dos riscos decorrentes das atividades correlacionada à biossegurança das nanotecnologias.

Tab. 1. Principais Indicadores de Riscos segundo o Método GMP-RAM e Planos de Ações.

Identificação do Risco	Análise do Fenômeno/Processo	Plano de ação
Exposição à nanocompostos em diversos cenários/ambientes	A liberação de nanopartículas no meio ambiente pode causar estresses fisiológicos, danos permanentes a organismos e modificar suas condições ótimas de reprodução e saúde.	Investimento, padronização e criação de uma legislação pertinente à liberação de produtos com algum tipo de nanotecnologia por meio de testes de toxicologia e ecotoxicologia <i>in vitro</i> e <i>in vivo</i> (Como NBRs e Portarias)
Utilização das nanotecnologias para fins bélicos	Atualmente existe grande motivação de investimentos em Pesquisa e Desenvolvimento de governos de vários países para tornar realidade as perspectivas e promessas da Nanotecnologia para a construção de ferramentas e armas sofisticadas e até mesmo para a detecção molecular de ameaças químicas, biológicas e nucleares para a prevenção de atentados em massa.	Esse risco envolve diretamente o planejamento estratégico das grandes potências, com o agravante político e confidencial forte. Dessa maneira, caberia a criação de um conselho das Nações Unidas para assuntos éticos e de segurança para as Nanotecnologias e seus produtos.
Criação, fabricação, comercialização, liberação e destino final indevido e sem padronização de materiais nanotecnológicos	Ausência de Estudos e Avaliações de Risco e Impactos das Nanotecnologias. Essa ausência pode levar à exposição da sociedade como um todo a riscos e problemas éticos, socioambientais e de saúde a médio e longo prazo.	Engajamento social e legal para a formulação de uma legislação pertinente ao ciclo de vida de produtos nanotecnológicos e contratação de mão-de-obra especializada para posterior fiscalização do cumprimento da lei.
Baixo índice de informações, dados, divulgação de riscos de materiais nanorelaçados	A bibliometria e webometria associada à área da nanotecnologia tem aumentado nos últimos anos, mas ainda se faz necessária a divulgação de informações, criação de uma cultura de prevenção de riscos e de educação para novas tecnologias (benefícios e riscos)	Maior investimento em Nanociência e Nanotecnologia no que tange à Pesquisa e Desenvolvimento e sua divulgação em todos os meios de comunicação e estruturas da sociedade

## Conclusões

O procedimento adotado neste trabalho visa suprir a demanda crescente por metodologias que permitam uma análise dedicada e integrada para as diversas dimensões dos riscos possíveis das nanotecnologias, de modo a responder os questionamentos da sociedade de maneira geral. A análise dos indicadores de risco aqui apresentados, foram conduzidas por meio do emprego do Método GMP-RAM associado às premissas do ciclo PDCA e, assim, por intermédio dessa interface, foi possível identificar, priorizar e analisar criticamente os riscos potenciais relacionados às nanotecnologias e indicar planos de ação para o gerenciamento destes riscos. A avaliação do ciclo de vida de produtos nanotecnológicos no contexto dos métodos aqui utilizados permitirá que legisladores e pesquisadores estimem, conduzam e enquadrem novas fronteiras do conhecimento e da legislação

aos riscos associados à produção e todas as etapas do ciclo de vida de produtos que contenham algum tipo de nanotecnologia associada.

## Agradecimentos

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq – Brasil e Embrapa Meio Ambiente, Finep, Capes e Projeto MP1 Rede Agronano – Embrapa.

## Referências

- BUENO, C. C.; JESUS, K. R. E. Emprego e Adaptação do Método GMP-RAM para Avaliação dos Riscos das Nanotecnologias. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento Embrapa Meio Ambiente, n. 62, p. 1-76, 2011
- CAMPOS, V. F.; Gerenciamento da Rotina do Trabalho do Dia-a-dia. INDG Tecnologia e Serviços Ltda., Nova Lima, 2004.
- FILHO, A. T. Gerenciamento de Projetos em 7 passos - Uma abordagem Prática. São Paulo: M. Books. 288 p., 2011
- JESUS, K. R. E.; LANNA, A. C.; VIEIRA, F. D.; ABREU, A. L.; LIMA, D. U. A proposed Risk Assessment Method for Genetically Modified Plants. Applied Biosafety, v. 11, n. 3, p. 127-137, 2006.