



Encontro Internacional sobre Gestão  
Empresarial e Meio Ambiente

ISSN: 2359-1048  
Dezembro 2016

## **A PRIMAVERA SILENCIOSA DO RIO DOCE: ESTUDO EXPLORATÓRIO DO DESASTRE AMBIENTAL CAUSADO PELA MINERADORA SAMARCO**

**FRANCISCO SANTANA DE SOUSA**  
UNIVERSIDADE NOVE DE JULHO - UNINOVE  
chicosans@uol.com.br

**EDNA DE SOUZA MACHADO SANTOS**  
UNIVERSIDADE NOVE DE JULHO - UNINOVE  
proedna@uol.com.br

**OTACILIO DE MORAIS SOUZA**  
otacilioms@gmail.com

**SANDRA REGINA SILVA DOS SANTOS SOUZA**  
sandraregina@uninove.br

**GIOVANNI GERSON CATELLINO**  
UNIVERSIDADE NOVE DE JULHO - UNINOVE  
giovannicatellino@yahoo.com.br

## **A PRIMAVERA SILENCIOSA DO RIO DOCE: ESTUDO EXPLORATÓRIO DO DESASTRE AMBIENTAL CAUSADO PELA MINERADORA SAMARCO**

### **RESUMO**

A maior tragédia ambiental no Brasil ocorreu na primavera de 2015. Nessa estação do ano, houve o rompimento da barragem de Fundão, em Mariana, Minas Gerais, que é o reservatório dos rejeitos das atividades mineradoras da Samarco, subsidiária da Companhia Vale do Rio Doce. O problema discutido neste trabalho foi a falta de método usual de previsão de riscos ambientais, aliada à omissão da auditoria ambiental exigida pela ISO 14001 (PDCA e Auditoria Ambiental). Quanto aos objetivos, trata-se de uma análise qualitativa e, quanto aos procedimentos, um trabalho exploratório e documental. Os resultados deste trabalho sugerem que a causa do desastre ambiental da mineradora Samarco foi a falta de utilização de metodologias usuais em empresas com atividades que podem gerar riscos ambientais (PDCA). Esse desastre ambiental causou danos difusos diversos que deverão impactar na imagem, na reputação e, conseqüentemente, no pilar financeiro (Elkington, 2012) da empresa.

**Palavras-chave:** Samarco; Mineradora; rio Doce; ISO 14001; PDCA

## **SILENT SPRING SWEET RIVER: EXPLORATION OF DISASTER ENVIRONMENTAL STUDY BY mining SAMARCO CAUSED**

### **ABSTRACT**

The biggest environmental tragedy in Brazil occurred in the spring of 2015. In this season, there was the breaking of the Fundão dam in Mariana, Minas Gerais, which is the reservoir of tailings from mining activities Samarco, a subsidiary of Companhia Vale do Rio Doce . The problem discussed in this study was the lack of the usual method of forecasting environmental risks, coupled with the environmental audit failure required by ISO 14001 (PDCA and Environmental Audit). As to the objectives, it is a qualitative analysis and on procedures, an exploratory and documentary work. The results of this study suggest that the cause of environmental disaster Samarco mining was the lack of use of the usual methodologies in companies with activities that can generate environmental risks (PDCA); this environmental disaster caused many diffuse damage that will impact on the image, reputation and consequently the financial pillar (Elkington, 2012) of the company.

**Keywords:** Samarco; Mining company; sweet River; ISO 14001; PDCA

## 1 INTRODUÇÃO

Em 1962, Rachel Carson (bióloga e pesquisadora americana) publicou um livro que causou considerável impacto naquela época: “Primavera Silenciosa”. Nele, Carson denunciava o impacto ambiental que o uso do DDT (Dicloro-Difenil-Tricloroetano) havia provocado no ecossistema do rio *Miramichi*, no Canadá. A utilização do DDT tinha como foco combater insetos que devastavam florestas, cujos caules eram a matéria-prima da indústria do papel. Esse inseticida, ao chegar ao solo, se dirigia ao leito do rio. Assim Carson descreve o impacto do DDT no ecossistema do rio:

Logo após o fim da pulverização, havia sinais inconfundíveis de que nem tudo estava bem. Dentro de dois dias, peixes mortos e moribundos, inclusive muitos salmões jovens, foram encontrados às margens dos rios. [...] os pássaros estavam morrendo. Toda a vida do rio foi extinta. (CARSON, 1962, p. 118).

O livro-denúncia de Carson deu título a este trabalho, por analogia (Primavera Silenciosa do Rio Doce), pois o fato estudado aqui ocorreu justamente numa primavera: o desastre ambiental causado pela mineradora Samarco em Mariana, Minas Gerais, e que provocou o maior desastre ambiental conhecido no Brasil e, praticamente, “matou” a vida no rio Doce.

**Figura 1** - Impacto ambiental no rio Doce dos resíduos de ferro pelo rompimento da barragem da Samarco



**Fonte:** <https://www.rodrigoenok.blog.br>

E continuando, Carson descreve:

As pulverizações seguidas haviam alterado completamente o meio ambiente do rio, e os insetos aquáticos que constituem o alimento do salmão e da truta haviam morrido. Um longo tempo é necessário, mesmo após uma única pulverização, para que a maioria desses insetos proliferem até uma quantidade suficiente para sustentar uma população normal de salmões – é uma questão de anos, não de meses. (CARSON, 1962, p. 119).

Observe que a descrição acima causou enorme repercussão na opinião pública, nos meios acadêmicos e fez abrir o debate da responsabilidade social e corporativa das empresas (SOUSA; VIVAN, 2014). E foi a partir da publicação de *Salient Spring* que se iniciou com maior intensidade a discussão sobre a questão ambiental. Todavia, em relação ao ocorrido no rio *Mirachimi*, o desastre ambiental causado pelo rompimento dos resíduos da barragem de Fundão da Samarco foi muitíssimo mais grave do que a poluição ambiental do rio canadense.

O que causa mais impacto é que a Samarco é uma subsidiária da Vale do Rio Doce, uma empresa listada nos índices de melhores governanças corporativas, tais como ISE (Índice de Sustentabilidade Empresarial) da Bolsa de Valores de São Paulo e do DJSI (*Dow Jones Sustainability Index*) da Bolsa de valores de Nova York. Portanto; a Vale do Rio Doce é corresponsável pelas atividades da Samarco, visto que ela processa os resíduos da extração do ferro e os transforma em um produto denominado pelotas, que é a matéria-prima da fabricação de aço (SOUSA; ZUCCO, 2015).

Tanto os relatórios anuais da Vale do Rio Doce quanto os da Samarco indicam a gestão de risco ambiental entre outras políticas adotadas por essas empresas, as quais se expuseram a diversos tipos de riscos: ambiental, reputação e imagem. Todos esses riscos provocaram imensa repercussão nessas organizações, com maior impacto na mineradora Samarco.

Neste trabalho, foi analisado especificamente a empresa mineradora Samarco, em virtude de ser responsável pelo desastre ambiental provocado pelo rompimento do reservatório de resíduos de suas atividades de extração de ferro, em Mariana, Minas Gerais. O problema a que se pretendeu responder aqui é a questão da falta de compromisso dessa organização com a responsabilidade social e ambiental (RSA), além da falta de planejamento do sistema ambiental (SGA) e aplicação de conceitos rigorosos de auditoria ambiental em atividades que oferecem alto risco para o meio ambiente, tais como impacto na imagem e na reputação da empresa; além risco financeiro. Este estudo se justifica, em virtude do enorme prejuízo que a falta de rigor, no que diz respeito à auditoria ambiental nas atividades da empresa, trouxe ao ecossistema das vias hidrográficas que a cercam; pelo impacto ambiental provocado no ecossistema dos rios, da flora e da fauna; pela vasta ampliação do efeito estufa. E que sirva de modelo de não conformidade das políticas requeridas pelo Tripé da Sustentabilidade: social, econômica e ambiental (ELKINGTON, 2012).

Portanto, o objetivo deste artigo é provocar o debate para a responsabilidade social e ambiental das empresas do setor de minério, as quais apresentam alto risco ambiental e cujas atividades econômicas têm baixo valor agregado; ou seja, suas externalidades negativas superam as externalidades positivas, ou, no máximo, são nulas, cujas consequências são a má imagem; má reputação e risco financeiro da organização.

## **2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

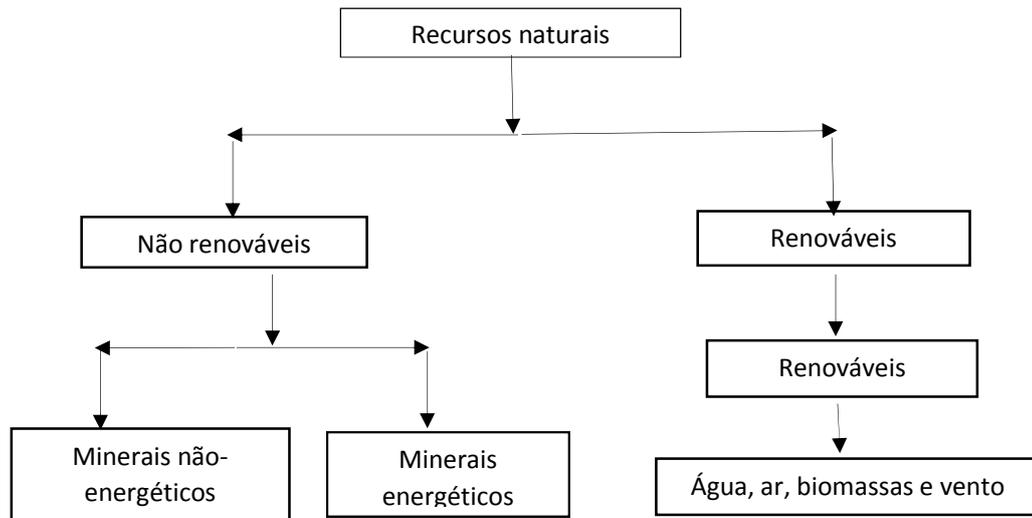
Neste capítulo serão abordados conceitos referentes às atividades de Mineradoras que são responsáveis pelos mais pesados elementos, causadores da poluição ambiental, uma vez que suas atividades atingem o solo, o ar e as águas.

### **2.1 Recursos naturais**

#### **2.1.1 Geologia**

A Terra apresenta um conjunto de recursos finitos que são renováveis e não renováveis, conforme Figura 2.

**Figura 2** – Classificação dos recursos naturais



**Fonte:** Adaptada de BRAGA et al (2005, p. 5)

Conforme figura 2, os recursos renováveis são aqueles que podem retornar ao ciclo da natureza, como por exemplo, a água; enquanto que os recursos não renováveis são aqueles que, ao serem utilizados, não podem voltar ao processo do ciclo da natureza, como por exemplo, os combustíveis fósseis (energéticos) e os minerais (não energéticos) (BRAGA et al., 2005).

A Terra segue o princípio de Lavoisier de que na natureza nada se perde, tudo se transforma. É um sistema fechado, ou ecossistemas cujos recursos naturais, ao serem utilizados, assumem outras formas de recursos. (BRAGA et al., 2005; CALIJURI; CUNHA, 2013). Entre esses recursos naturais estão os minerais que são fontes primárias das mineradoras. Ou seja, “Mineral é um elemento composto químico de origem inorgânica [...] que quando ocorre a concentração anormal de um ou mais minerais de importância econômica em uma área restrita da crosta terrestre e há a possibilidade de sua exploração [...]” (CALIJURI; CUNHA, 2013, p. 24). Essa concentração anormal se apresenta em abundância no Brasil, tanto no Estado de Minas Gerais quanto no Estado do Pará. No Estado de Minas Gerais, foi responsável pelo ciclo do Ouro. Após muitos ciclos econômicos pelos quais passou a economia do Brasil, tais como o ciclo da Cana-de-açúcar, o ciclo do gado, o ciclo do café, no Século XX, passou-se a explorar o minério de ferro, abundante nas regiões das minas gerais e, posteriormente, na região Norte (Carajás).

### 2.1.2 Hidrografia

Os recursos aquíferos não se apresentavam como problemas a serem pesquisados pelos economistas clássicos, pois o objetivo da economia é estudar os recursos escassos, e a água no Século XVIII era abundante. Por isso, não era importante se perguntar por que ela não tinha valor econômico (SMITH, 1776). Mas, por causa da Revolução industrial, o uso da água passou a ser intensivo; no entanto, como era considerada um recurso infinito, os economistas continuaram a não dar importância à questão do seu valor econômico. Todavia, no Século XX, a questão da água passou a ser vista como um recurso estratégico pelos países, levando ao questionamento da sua relevância para todo o ciclo da vida na Terra. Portanto, “o gerenciamento dos recursos hídricos deve ser integrado, preditivo, adaptativo. [...]. Nesse sentido, o conhecimento das características das bacias hidrográficas, o contexto de utilização dos recursos

hídricos e as possíveis alternativas de uso e manejo do solo são fundamentais para a conservação da água. (CALIJURI; CUNHA, 2013, p. 48).

A água encontra-se disponível sob várias formas e é umas das substâncias mais comuns existentes na natureza, cobrindo cerca de 70% da superfície do planeta. É encontrada principalmente no estado líquido, constituindo-se um recurso natural renovável por meio do ciclo hidrológico. Todos os organismos necessitam de água para sobreviver, sendo a sua disponibilidade um dos fatores mais importante a moldar os ecossistemas (BRAGA et al., 2013, p. 73).

Nota-se que o sistema Terra é constituído por 70% de águas. Contudo, somente nos meados do Século XX é que a água passou a ser um recurso determinante para a sobrevivência das espécies que a habitam. A espécie humana, por similaridade, também é composta por 70% de água, a qual ainda tem importância estratégica econômica no desenvolvimento dos países. Além das características supracitadas, é fundamental para o abastecimento humano e industrial; para a irrigação na agricultura; geração de energia não poluente (hidroelétricas); para o barateamento dos transportes (hidrovias); purificação do meio ambiente, eliminando resíduos produzidos pela ação antropogênica do ser humano; e, em especial, para a preservação da flora e da fauna terrestres (BRAGA et al., 2013; CALIJURI; CUNHA, 2005; FANTINATTI et al., 2015).

Em princípio, o Brasil tem uma vasta bacia hidrográfica (Figura 3). A mais importante é formada na região Norte e em parte da região Centro-Oeste (bacia Amazônica). Neste estudo, será focado na bacia do Leste onde estão localizadas renomadas mineradoras de ferro e há uma grande concentração de populações urbanas, além de importante fonte de abastecimento populacional, vias de transportes aquáticos e um rico ecossistema biológico. Por isso, a impermeabilização do solo tanto nas cidades quanto nas áreas de agricultura, podem provocar:

(a) Impacto hidrológico: [...] aumento do volume de escoamento superficial (*runoff*), aumento dos picos de vazão, aumento da enchentes e decréscimos da vazão de base dos rios; (b) impactos físicos: [...] ao aumento da temperatura, à mudanças da geometria, à alteração na rede de canais, além da dificuldade de quantificar e qualificar o hábitat; (c) impactos biológicos: em locais onde as áreas de impermeabilização excedem 10% deve-se levar em conta índices como mata ripariana, floresta natural, plantações, chuvas ácidas, entre outros; (d) impactos na qualidade da água: [...] sólidos totais em suspensão (SST), carbono orgânico total, nutrientes, bactérias, metais pesados, pesticidas, hidrocarbonetos, graxas e óleos (FANTINATTI et al., 2015, p. 81).

**Figura 3 - Bacias hidrográficas do Brasil**



**Fonte:** <https://www.google.com.br/search?q=imagens+da+bacia+hidrografica+do+brasil>

Na discussão de resultados deste trabalho, que trata do desastre ambiental da mineradora Samarco, serão analisados somente os itens referentes aos impactos biológicos e na qualidade da água da bacia hidrográfica do rio Doce. Os demais são visíveis nas grandes metrópoles

brasileiras, tais como São Paulo, Rio de Janeiro e Belo Horizonte. Ou seja, o impacto nos regimes dos rios que atravessam estas cidades, causou sérios desastres urbanos, em virtude do ser humano ter avançado nas áreas reservadas às bacias desses rios, e ainda em decorrência dos despejos de resíduos industriais nas correntes dos rios.

### 2.1.3 Ciclos atmosféricos

O ar é outro elemento que tem função essencial para a vida na Terra. Por meio da composição de vários gases que compõem o efeito estufa é que foi possível a vida de todos os seres vivos e deixa a temperatura da Terra em torno de 35 graus. No entanto, o uso inadequado desses gases exacerba o potencial de aquecimento que passou a se tornar um problema para os seres vivos (SOUSA et al., 2015).

O ar tem a seguinte composição:

**Tabela 1** - Composição do ar

Gases	%
Nitrogênio	78,1100
Oxigênio	20,9500
Argônio	0,9340
Gás carbônico	0,0330

**Fonte:** Adaptada de BRAGA et al. (2005, p. 168)

Nota-se que o gás mais importante de efeito estufa somente está presente na composição do ar na ordem de 0,033%.

Um problema significativo pós Revolução Industrial foi “a poluição do ar atmosférico. Todos os poluentes estão presentes no processo de mineração, mas a poluição por metais particulados, associados aos processos de mineração, combustão de carvão e processos siderúrgicos” (BRAGA et al., 2005, p. 171) estão presentes na degradação ambiental causada pela atividade de mineração.

## 2.2 Riscos ambientais

A maioria das atividades econômicas está sujeita a riscos ambientais. Importa diferenciar risco e de incerteza: os riscos podem ser quantificados por modelos matemáticos e estatísticos, enquanto a incerteza não pode ser metrificada (GOMES; GARCIA, 2013; MARIOTTI, 2013). Portanto, “[...] deve-se compreender que risco é diferente de incerteza. [...] O risco pode ser associado com eventos que tenham uma probabilidade determinada de ocorrer e a incerteza refere-se a eventos nos quais não há probabilidade que estime a possibilidade de incidência” (GOMES; CUNHA, 2013, p. 273). Conforme o nível adotado, pode-se estimar a probabilidade, se se deseja incorrer em risco ou na probabilidade de errar.

Para se mitigar o risco ambiental de uma empresa é adotada a ISO 14001. Portanto, a ISO 14001: Sistemas da gestão ambiental – Requisitos com orientações para uso – é uma norma internacional, pertencente à série de normas ISO 14000, que especifica requisitos para implementação e operação de um Sistema de Gestão Ambiental (SGA) nas organizações. (FIESP, 2015, p. 4).

Sendo assim, a ISO 14001 está intrinsecamente ligada ao Sistema de Gestão Ambiental:

Um Sistema de Gestão Ambiental (SGA) é uma estrutura desenvolvida para auxiliar as organizações, independentemente de seu tipo ou porte, a planejar consistentemente ações, prevenir e controlar impactos significativos sobre o meio ambiente, gerenciar riscos e melhorar continuamente o desempenho ambiental e a produtividade. Além destes aspectos, um SGA permite avaliar e monitorar a conformidade em relação ao atendimento dos requisitos legais. (FIESP, 2016, p. 4).

Há diversas metodologias de implantação de um Sistema de Gestão Ambiental, entre as quais se pode citar o PDCA (*Plan; Do; Check; Action*), ou seja, planejar, fazer, checar e agir, conforme Figura 4.

**Figura 4 - Ciclo do PDCA**



**Fonte:** Adaptada da FIESP, 2016, p.8

As empresas que adotam o ciclo PDCA estão mitigando os riscos de desastre ambiental. Todavia, algumas somente agem de forma reativa; ou seja, deveriam, antes de tudo, ser preditivas (DONAIRE, 2009). Portanto, conforme a Figura 4, os ciclos do PDCA devem apresentar: (a) um plano de ação; (b) executar o plano; (c) acompanhar os indicadores; (d) ser preditiva: *feedback*, padronizar e treinar. Por isso, o objetivo do ciclo do PDCA é:

**Prevenção da poluição:** contempla a eliminação ou redução, passando por *design* e uso eficiente de recursos e materiais, reutilização, reciclagem, recuperação.

• **Proteção da biodiversidade, habitats e ecossistemas:** por meio da conservação direta no local, compensações ou, indiretamente, através do processo de compra, como a aquisição de materiais de fontes sustentáveis.

• **Mitigação das mudanças climáticas:** evitar ou reduzir emissões de gases de efeito estufa da organização. (FIESP, 2016, p. 9; CARDOSO et al., 2004, p. 2)

Todo esse processo deve ser acompanhado por uma auditoria ambiental:

A auditoria ambiental é um instrumento usado por empresas para auxiliá-las a controlar o atendimento a políticas, práticas, procedimentos e /ou requisitos

estipulados com o objetivo de evitar a degradação ambiental [...] sendo considerada ferramenta básica para obtenção de maior controle e segurança do desempenho ambiental de uma empresa, bem como para evitar acidentes. (LA ROVERE, 2007 como citado por ALBUQUERQUE, 2009, p. 263).

Logo, percebe-se que o risco pode ser prevenido pela utilização de ferramentas adequadas, a exemplo do ciclo de PDCA que gerencia, mediante metodologia, os passos para a prevenção de riscos ambientais. E também as formas de se acompanhar os critérios adotados são a auditoria ambiental e a legislação específica (AGRA FILHO, 2014).

Porém, o PDCA, o SGA e a Auditoria ambiental devem estar associados a todas as áreas da organização, porque o risco previsto está associado ao risco operacional que implicará em risco de reputação, e que poderá levar à falência da organização.

A não observação dessas metodologias poderá implicar em riscos que afetarão profundamente as organizações: imagem; reputacional e financeiro.

Riscos reputacionais “são aqueles que ocorrem em função de uma maior atenção dos consumidores e outros *Stakeholders* ao comportamento das empresas com relação às suas iniciativas de gestão de GEE” (IBRAM, 2015, p. 12). O risco reputacional implica em risco da imagem da empresa que acarreta em riscos financeiros, pois, há

Queda nas vendas e na capacidade de investir - Má gestão de carbono pode significar uma perda de competitividade e consequentemente perdas financeiras para a empresa.  
- Dificuldades de acesso ao crédito podem ser reforçadas caso investidores percebam uma má gestão de carbono por parte das empresas solicitantes. (IBRAM, 2015, p. 13)

### 2.3 Dano ambiental.

Não há no Brasil, legislação que defina dano ambiental. Mas Leite (2003 como citado por BRAGA, 2010) cita várias classificações dadas ao dano ambiental. Mas identificou-se nessas classificações os provocados pelo desastre ambiental da represa da Samarco: (a) dano ambiental **quanto a amplitude ambiental**: “quando atinge os interesses difusos da coletividade, abrangendo todos os componentes do meio ambiente, inclusive o patrimônio cultural” (BRAGA, 2010, p.27). O impacto do rompimento da represa de rejeitos da Samarco atingiu o mais amplo espectro de interesses da coletividade: social, econômico, moral e patrimonial; além de afetar áreas do patrimônio cultura da região de Mariana; (b) dano ambiental quanto à responsabilidade e ao interesse envolvido: **dano ambiental de responsabilidade indireta**:

Diz respeito à proteção do macro ambiental, sendo que a reparabilidade é feita, indireta e preferencialmente, ao bem ambiental de interesse coletivo e não objetivando ressarcir interesses próprios e pessoais (BRAGA, 2010, p.28).

Note que nesse conceito abrange os interesses difusos da sociedade. A reparabilidade direta atinge outros *Stakeholders*, tais como os acionistas, fornecedores, entre outros. O dano direto é da empresa no que tange à imagem, reputação e financeiro. Quanto aos interesses do dano ambiental, o desastre ambiental da Samarco se enquadra em **dano patrimonial ambiental e dano extrapatrimonial** (BRAGA, 2010). O dano patrimonial ambiental “refere-se à restituição, recuperação ou indenização do bem ambiental lesado quando incidir sobre interesses de natureza material ou econômica” (BRAGA, 2010, p. 28). A destruição da Vila do Carmo e de igrejas históricas (dano material), além de afetar toda cadeia econômica ao longo da bacia hidrográfica. No que se refere ao dano ambiental extrapatrimonial ou moral: “quando for referente à sensação de dor experimentada [...] ou prejuízo não patrimonial ocasionado à sociedade ou ao indivíduo, em virtude da lesão ao meio ambiente” (BRAGA, 2010, p.28). A dor causada pelas mortes de familiares, amigos na Vila do Carmo. Portanto,

O meio ambiente lesado é, na maioria das vezes, impossível de ser recuperado ou recomposto, insuscetível de retorno ao *status quo ante* e, [...] restauração e compensação ecológica. (SEDIN como citado por BRAGA, 2010, p. 28).

A recomposição de todo micro e macro ambiente da bacia do rio Doce levará décadas para serem restaurados.

### 3 METODOLOGIA

A metodologia tem papel central no que concerne ao pesquisador expor as técnicas que utilizou para desenvolver estudo de interesse particular ou de interesse coletivo. Muitas descobertas foram feitas para satisfazer curiosidades particulares, tais como Mendel que, em 1865, publicou a Lei da hereditariedade, que se originou da curiosidade em cruzar ervilhas no jardim do mosteiro; ou na curiosidade de Newton para responder, em 1687, à questão: por que os corpos caem? Ou da curiosidade de Darwin em observar as diferenças entre populações de pássaros em arquipélagos distintos nas ilhas de Galápagos, o que o levou a publicar, em 1859, a Teoria da Evolução. Esses estudos de interesses particulares dos pesquisadores foram fundamentais para o desenvolvimento das ciências: Mendel, na medicina; Darwin, na Biologia; Newton, na Física.

Por isso, é importante distinguir método de técnicas. Método “[...] é um conjunto de normas-padrão que devem ser satisfeitas [...]” (RUIZ, 1996, p. 138). Enquanto, técnicas é “o conjunto de procedimentos ou processos de uma ciência, nas diversas etapas do método” (ORTEGA, 2010, p. 9). Logo, a utilização conjunta do método e da técnica utilizada na pesquisa procura “[...] comunicar ao interessado os fundamentos do método do estudo eficiente e as técnicas principais que são resultados de várias investigações (SALMON, 2001, p. 33); ou seja, “[...] o objetivo da pesquisa científica é compreender e explicar fenômenos naturais” (KERLINGER, 1979, p. 318).

Assim, esta pesquisa, quanto à abordagem, é qualitativa: “A pesquisa qualitativa preocupa-se, portanto, com aspectos da realidade que não podem ser quantificados, centrando-se na compreensão e explicação da dinâmica das relações sociais.” (SILVEIRA; CÓRDOVA, 2009, p. 32). Este artigo não tem como base dados quantitativos, mas informações que não podem, em princípio, serem quantificadas. E quanto aos objetivos, se enquadra no que se denomina de pesquisa exploratória:

Este tipo de pesquisa tem como objetivo proporcionar maior familiaridade com o problema, com vistas a torná-lo mais explícito ou a construir hipóteses. A grande maioria dessas pesquisas envolve: (a) levantamento bibliográfico; [...]; (b) análise de exemplos que estimulem a compreensão (GIL, 2007 como citado por SILVEIRA e CÓRDOVA, 2009, p. 35).

O estudo em epígrafe se propõe a compreender, por meio de referências bibliográficas (mapas; figuras) e técnicas do PDCA (*Plan, Do, Check, Action*), as causas que levaram ao desastre ambiental; ou seja, afetação da imagem; afetação da reputação e do risco financeiro da Samarco. E para concluí-la, os procedimentos se enquadram em pesquisa bibliográfica, tendo em vista que

[a] pesquisa bibliográfica é feita a partir do levantamento de referências teóricas já analisadas, e publicadas por meios escritos e eletrônicos, como livros, artigos científicos, **páginas de websites**. Qualquer trabalho científico inicia-se com uma pesquisa bibliográfica, que permite ao pesquisador conhecer o que já se estudou sobre o assunto. Existem, porém, pesquisas científicas que se baseiam unicamente na pesquisa bibliográfica, procurando referências teóricas publicadas com o objetivo de recolher informações ou conhecimentos prévios sobre o problema a respeito do qual se procura a resposta (FONSECA, 2002, p. 32 como citado em SILVEIRA e CÓRDOVA, 2009, p. 37, grifo nosso).

### 3.1 Técnica do ciclo do PDCA

O ciclo PDCA visa ao controle de qualidade no processo de acompanhamento da execução de processos que envolvam risco (FONSECA et al., 2012). O problema do rompimento da represa de resíduos de ferro será averiguado por meio da ótica do processo PDCA e seu acompanhamento, com o auxílio da auditoria ambiental. Por isso, o ciclo será analisado em quatro passos componentes do PDCA (SEBRAE, 2012):

- 1) P (Planejar): levantar fatos; levantar dados; elaborar fluxo do processo; elaborar análise de causa e efeito; análise de dados; estabelecimento de objetivos.
- 2) D (executar): treinar, habilitar e envolver as pessoas na execução de suas atividades para sejam eficientes e eficazes.
- 3) C (verificar/controlar: nessa etapa é papel da auditoria ambiental verificar *in loco* se as metas estão sendo atingidas, ou se há necessidade de fazer correções.
- 4) A (Agir/realizar ações corretivas: nessa etapa, as inconsistências encontradas quando foi feita a auditoria ambiental devem ser corrigidas e se inicia um novo ciclo do PDCA.

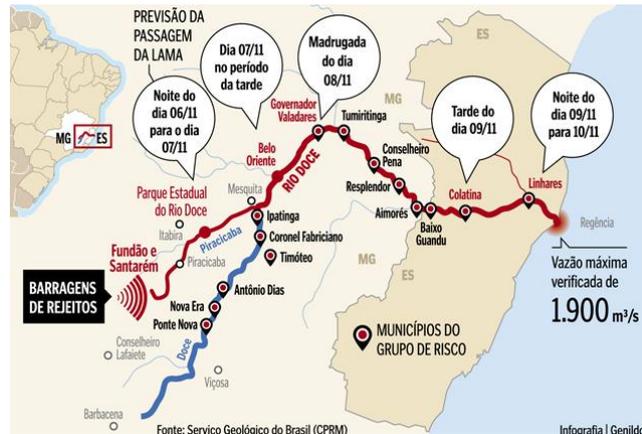
## 4 ANÁLISE DE RESULTADOS

Neste capítulo, serão analisados os eventos que causaram o desastre ambiental da represa de resíduos de ferro da mineradora Samarco. Esta análise será efetivada com base nos elementos de impactos do solo, do ar, da bacia hidrográfica do rio Doce, e também do impacto no ecossistema do entorno das atividades da Samarco. A Figura 5 foca o ambiente atingido pelo rompimento da represa da Samarco.

O rio Doce tem dois grandes afluentes: Carmo (onde fica a barragem da Samarco) e o rio Piranga (que nasce na Serra da Mantiqueira, no Estado de Minas Gerais). Ao receber as águas do rio Carmo, o rio Piranga passa a se denominar de rio Doce, que forma a mais importante bacia hidrográfica da região Leste e que percorre todo o estado de Minas Gerais e o do Espírito Santo. Nota-se (Fig. 5) que o impacto do rompimento da represa da Samarco atingiu a maior parte da bacia hidrográfica que forma o rio Doce em seus aspectos sociais, econômicos e ambientais.

A Figura 5 descreve o histórico do efeito devastador do rompimento da represa de resíduos de ferro da Samarco. O que se observa é que afetou toda a extensão do impacto ambiental, a partir do rio Carmo seguindo um braço do rio Doce (Piracicaba), e que persistirá por longos anos para que se recupere a vida da fauna, flora e ecossistema microbiológico do rio Doce. O efeito atmosférico provocará a mudança nos regimes de chuvas que poderá afetar, além da região do rio Doce, outras regiões que dependem do regime de chuva oriundo da bacia hidrográfica desse rio. A primeira questão é que a atividade mineradora atinge consideravelmente o meio ambiente, em decorrência da emissão de gases de efeito estufa que aumentam o potencial de aquecimento da Terra.

**Figura 5** - Impacto ambiental na bacia do rio Doce pelos rejeitos da barragem do fundão



Fonte: Serviço Geológico do Brasil

Quanto ao efeito no solo, foi o de maior impacto, pois, praticamente “cimentou” toda a extensão do rio Doce. Esses resíduos exterminaram por completo o ecossistema micro e macro do rio. No nível micro, matou toda a possibilidade de vida de elementos que fazem parte da dieta alimentar da cadeia de vida. No nível macro, afetou a vida da fauna e da flora, com morte de aves e peixes.

Veja na Figura 6 as situações antes e depois do vazamento dos rejeitos no rio Doce.

**Figura 6** - Efeito do vazamento dos rejeitos da barragem da Samarco no rio Doce.



Fonte: Aquafluxus - Consultoria Ambiental em Recursos Hídricos

As populações foram abaladas no que diz respeito ao abastecimento de água potável; os pescadores, no que se refere ao impacto econômico; e ainda foram prejudicadas outras atividades econômicas que dependem do uso de água do rio Doce.

## 5 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

É evidente que a mineradora Samarco não utilizou as ferramentas de gestão de risco ambiental, das quais a mais usada é o PDCA. Se houvesse um modelo de gestão de risco aliado à auditoria ambiental, esse desastre teria sido evitado. Não adianta ficar discutindo a

responsabilidade dos agentes estatais na fiscalização do cumprimento de normas ambientais. A empresa, antes de tudo, deve ter Responsabilidade Social Corporativa e adotar as premissas do Tripé da Sustentabilidade proposto por Elkington (2012), que são seguidas à risca por empresas com responsabilidade social, ambiental e econômica.

Responsabilidade social porque afetou milhões de pessoas que vivem às margens do rio, além de afetar seus próprios colaboradores, tendo em vista que um dos efeitos dessa **não ação** foi o desligamento de muitos deles em virtude da diminuição das atividades mineradoras. Responsabilidade ambiental porque esse evento atingiu de forma drástica a flora, a fauna e o ecossistema micro e macro dessa bacia hidrográfica. Responsabilidade econômica, já que houve paralisação de suas atividades fabris que constituem a fonte de resultado econômico.

Se houvesse um plano de contingência sob auditoria ambiental permanente, tal evento teria sido evitado. Consequentemente, a Samarco, para se soerguer, deve reestruturar o setor de pessoal, com o objetivo de treinar adequadamente seus colaboradores para eventos que podem ser previstos e evitados, inclusive para aqueles que fogem a métodos de previsão de risco, como a utilização de estatística inferencial.

Na área de produção, apresentar um controle por meio de auditoria ambiental constante; ter um setor de inovação, a fim de desenvolver novas formas de extração de minério de ferro; e estocagem desses rejeitos de forma eficiente de forma a minimizar os riscos ambientais.

Portanto, verificou-se que a empresa não se preparou para enfrentar eventos de risco que afetam todo o sistema ambiental das populações que vivem e dependem da bacia hidrográfica do rio Doce. A ferramenta adequada para empresas que atuam em atividades mineradoras seria o PDCA. Como já dito, caso a Samarco tivesse utilizado este método, certamente teria detectado eventos que poderiam ser evitados, por meio de auditoria ambiental.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados apresentados sugerem que a empresa Samarco não atuou corretamente no que tange à prevenção dos riscos de desastre ambiental, da mudança climática, da biodiversidade pela utilização de metodologia adequada, tal como PDCA, e com *feedback* preventivo de auditoria ambiental, a fim de evitar tais riscos. Esse evento deve provocar má imagem da empresa perante seus *Stakeholders*, atingindo de forma singular a sua reputação e, consequentemente, a saúde financeira da empresa.

Cumprir lembrar que a Samarco é subsidiária de uma empresa participante do mais alto grau de governança sustentável preconizado por Elkington (2012) no Tripé da Sustentabilidade (Vale do Rio Doce). Deveria, por conseguinte, utilizar a norma ISO 14001, que exige auditoria ambiental rigorosa para mitigar riscos possíveis. Ademais, teria sido conveniente aplicar o método bastante utilizado na área de engenharia da produção para prevenir o desastre mencionado, que é a metodologia PDCA (prever; fazer; checar; fazer ações para corrigir).

A morte de peixes e aves no rio *Mirachimi*, no Canadá, descrita por Carson (1962), e que causou impacto violento a respeito do uso indiscriminado de DDT para beneficiar a indústria de celulose, pode ser considerada menos grave - se é que se pode minimizar o desastre ambiental - do que o rompimento da represa de rejeitos de ferro da mineradora Samarco, que provocou um abalo sísmico de grau 7, como em um terremoto, no meio ambiente da bacia hidrográfica do rio Doce.

O desastre ambiental no ecossistema do rio Doce não tem precedência na história de desastres desta espécie no Brasil e no mundo, exceto o da bomba atômica jogada sobre Hiroshima e Nagasaki, no Japão, durante a Segunda Guerra Mundial, cujos efeitos duraram décadas. Naquela época, ainda não estava na agenda a questão ambiental, mas esse feito afetou todos os ambientes da vida na Terra.

**Figura 7 -** Impacto do desastre da Samarco na vida do rio Doce



**Fonte:** <https://www.google.com.br/search?q=imagens+de+peixes+mortos+no+desastre+do+rio>

A atividade de mineração no Brasil faz parte dos ciclos exportadores do Brasil, ou seja, são atividades de *commodities* que não geram bens com valor agregado; em vez disso, é uma atividade de baixo valor agregado e que do ponto de vista adicional de riqueza em relação aos impactos ambientais é nulo (SOUSA; ZUCCO, 2015).

Essa atividade afeta todo o sistema ambiental onde é praticada. As áreas de extração mineral tornam-se desertos que afetam a fauna e a flora, além de gases de efeito estufa. Seria necessário que as empresas desenvolvessem inovações e pesquisas, a fim de que suas atividades mineradoras atingissem menos a população que fica com os rejeitos de mineração. Há necessidade, também, da questão ética no trato das externalidades negativas dessas atividades nas populações, ao longo da cadeia produtiva dessas atividades mineradoras, seja no solo, no ar e na bacia hidrográfica, a fim de não afetar o equilíbrio do ecossistema.

Sugere-se que para trabalhos futuros seja analisado o impacto econômico do desastre ambiental nos negócios da Samarco.

## 7 REFERÊNCIAS

AGRA FILHO, S. S. **Planejamento e gestão ambiental no Brasil:** os instrumentos da política nacional de meio ambiente. Rio de Janeiro: Campus/Elsevier, 2014.

BRAGA, B. et al. **Introdução à engenharia ambiental:** o desafio do desenvolvimento sustentável. 2a ed. São Paulo: Pearson, 2015.

CALIJURI, M. C.; CUNHA, D. G. F. (Org.). **Engenharia ambiental:** conceitos, tecnologia e gestão. Rio de Janeiro: Campus, 2013.

CARDOSO, A. S. et al. Metodologia para a classificação de aspectos e riscos ambientais conforme NBR ISO 14001. In: Encontro de Engenharia da Produção, 24, 2004, Florianópolis. **Anais ...** Florianópolis, 2004.

CARSON, R. **Primavera silenciosa.** São Paulo: Gaia, 2010.

DONAIRE, D. **Gestão ambiental na empresa**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2009.

ELKINGTON, J. **Canibais com garfo e faca**. São Paulo: Brooks, 2012.

FANTINATTI, P. A. P. et al. (Coord.). Indicadores de sustentabilidade em engenharia. In: SILVA, L. P.; NEFFA, E. **Engenharia e educação ambiental**. Rio de Janeiro: Campus/Elsevier, 2015.

FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE SÃO PAULO - FIESP. **ISO 14001**. São Paulo: Departamento de Meio Ambiente, 2015.

FONSECA, A. V. M.; MIYAKE, D. I. **Uma análise sobre o Ciclo PDCA como um método para solução de problemas de qualidade**. Disponível em: <[http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2006\\_TR470319\\_8411.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2006_TR470319_8411.pdf)>. Acesso em: 20 jul. 2016.

FONSECA, J. J. S. **Metodologia da pesquisa científica**. Fortaleza: UEC, 2002.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2007.

GOMES, S. M. S.; GARCIA, C. O. (Org.). Controladoria ambiental: gestão social, análise e controle. In: SOUZA, R. S. **Gestão de riscos ambientais**. São Paulo: Atlas, 2013.

INSTITUTO BRASILEIRO DE MINERAÇÃO. Inventário do Gases de Efeito Estufa do setor de Mineração. Brasília: IBRAM, 2015.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION -ISO. **ISO 14001:2015**: environmental management systems: requirements with guidance for use. Disponível em: <[http://www.iso.org/iso/catalogue\\_detail?csnumber=60857](http://www.iso.org/iso/catalogue_detail?csnumber=60857)>. Acesso em 20 jul. 2015.

KERLINGER, F. N. **Metodologia da pesquisa em ciências sociais**. São Paulo: EPU, 1979.

LA ROVERE, E. L. **Manual de auditoria ambiental**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2000.

LIMA, G. B. A.; FRANÇA, S. L. B. Normatização ambiental no contexto da ISO 14001. In: ADISSI, P. J. et al. (Org.). **Gestão ambiental de unidades produtivas**. Rio de Janeiro: Campus, 2013.

QUEIROZ, A. P. et al. Dano Ambiental. In: BRAGA, C. (Org.). Contabilidade Ambiental. São Paulo: Atlas, 2010.

MARIOTTI, H. **Complexidade e sustentabilidade**. São Paulo: Atlas, 2013.

OLIVEIRA, C. V.; ALBUQUERQUE, J. L. Auditoria Ambiental. In: ALBUQUERQUE, J. L. (Org.). **Gestão ambiental e responsabilidade social**: conceitos, ferramentas e aplicações. São Paulo: Atlas, 2009.

RUIZ, J. A. **Metodologia científica**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 1996.

SALOMON, D. V. **Como fazer uma monografia**. São Paulo: Martins Fontes, 2001.

SEBRAE - PROGRAMA MTL. **Formação de multiplicadores para a atuação no trabalho local**. Disponível em < [http://www.rh.pro.br/imag\\_up/RevoluçãoIndustrial.pdf](http://www.rh.pro.br/imag_up/RevoluçãoIndustrial.pdf)>. Acesso em: 29 de jul. 2016.

SILVEIRA, T. S.; CÓRDOVA, F.P. A pesquisa científica. In: GERHARDT, T. E.; SILVEIRA, D. T. (Org.). **Método de pesquisa**. Porto Alegre: UFRS, 2009.

SMITH, A. **A riqueza das nações**. São Paulo: Zahar, 1999.

SOUSA, F. S. et al. Análise do índice de sustentabilidade empresarial – ISE: um estudo exploratório. **Connexio: Revista Científica da Escola de Gestão e Negócio**, Rio Grande do Norte, 2014.

SOUSA, F. S. ; VIVAN, A. Retorno exuberante do ISE em relação ao CAPM. In: Encontro Internacional sobre Gestão Empresarial e Meio Ambiente, 17, 2014, São Paulo. **Anais ...** São Paulo: ENGEMA, 2014.

SOUSA, F. S. ; ZUCCO, A. Índice de sustentabilidade empresarial (ISE) e geração de valor para os investidores. In: SemeAd - Seminário em Administração, 18, 2015, São Paulo. **Anais ...** São Paulo: FEA-USP, 2015.