



Universidade de Brasília
Faculdade de Economia, Administração, Contabilidade e Gestão de Políticas Públicas
Departamento de Administração

JOSÉ GUILHERME DOS SANTOS VASCONCELOS

**ROMPIMENTO DAS BARRAGENS DE MARIANA E BRUMADINHO: ANÁLISE DO
RETORNO DAS AÇÕES DA EMPRESA VALE S.A, NOVEMBRO DE 2015 –
JANEIRO DE 2019.**

Brasília – DF
2022

JOSÉ GUILHERME DOS SANTOS VASCONCELOS

**ROMPIMENTO DAS BARRAGENS DE MARIANA E BRUMADINHO: ANÁLISE DO
RETORNO DAS AÇÕES DA EMPRESA VALE S.A, NOVEMBRO DE 2015 –
JANEIRO DE 2019.**

Monografia apresentada ao Departamento de
Administração como requisito parcial à
obtenção do título de Bacharel em
Administração.

Orientador: Professor Carlos Henrique
Marques da Rocha.

**Brasília – DF
2022**

ROMPIMENTO DAS BARRAGENS DE MARIANA E BRUMADINHO: ANÁLISE DO RETORNO DAS AÇÕES DA EMPRESA VALE S.A, NOVEMBRO DE 2015 – JANEIRO DE 2019.

A Comissão Examinadora, abaixo identificada, aprova o Trabalho de Conclusão do Curso de Administração da Universidade de Brasília do aluno

JOSÉ GUILHERME DOS SANTOS VASCONCELOS

**Professor Associado IV
Carlos Henrique Marques da Rocha**

Professor Examinador

Professor Examinador

Brasília, de de 2022

AGRADECIMENTOS

Agradeço, em primeiro lugar, a Deus por me mostrar o caminho nas horas incertas.

Aos meus pais, Ana Cristina e Guilherme, e minha irmã Mariana pelo incentivo, carinho e contribuição ao meu crescimento pessoal.

Ao meu orientador, Prof. Carlos Henrique Marques da Rocha, que na sua educação e percepção, transmite o conhecimento e a visão de excelência naquilo que faz.

A menos que modifiquemos nossa maneira de pensar, não seremos capazes de resolver os problemas causados pela forma como nos acostumamos a ver o mundo.

Albert Einstein

Os analfabetos do próximo século não são aqueles que não sabem ler ou escrever, mas aqueles que se recusam a aprender, reaprender e voltar a aprender.

Alvin Tofler

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo evidenciar os impactos causados pelos rompimentos das barragens da Samarco, subsidiária da Vale S. A., nos anos de 2015 e 2019, no valor de mercado de suas ações. Complementarmente, pretende-se mensurar os efeitos das tragédias socioambientais no valor patrimonial de mercado da empresa Vale S.A. com base no número de ações em circulação e nos de preços da ação da empresa obtidos no *site* investing.com. A hipótese defendida é a de que eventos inesperados da Samarco poderiam afetar os retornos das ações da Vale S.A. O procedimento metodológico utilizado foi de um Estudo de Evento fundamentado em dados oficiais coletados no período de 2015 e 2019. As conclusões desta pesquisa apontaram que o mercado reagiu de forma rápida ao evento de Brumadinho, porém, em Mariana, o mercado teve um ajuste significativo mesmo depois do evento. A partir disso, pode-se afirmar que a hipótese de eficiência de mercado pode ser comprovada em Brumadinho e rejeitada em Mariana.

Palavras-chave: Estudo de Evento; período estudado 2015-2019; Samarco; Vale S.A.

LISTA DE MAPAS

Mapa 1 – Caminho percorrido pela enxurrada	9
Mapa 2 – Área (em rosa) de 270 hectares atingida pelos 12 milhões de m ³ de lama vazados da barragem em Brumadinho.....	11

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Estudos recionados ao artigo “Event Studies in Economics and Finance”	15
Gráfico 2 – Estimação do Beta – 2011-2015 (Mariana).....	21
Gráfico 3 – Estimação do Beta – 2011-2015 (Brumadinho).....	22
Figura 2 – Linha do Tempo	18

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Fases do Estudo de Evento.....	17
Figura 2 – Linha do Tempo	18

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Janela de eventos de 21 dias:	23
Tabela 2 – Teste de significância de Mariana	25
Tabela 3 – Teste de significância de Brumadino.....	25

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	7
2 PERSPECTIVAS ECONÔMICAS, SOCIAIS E AMBIENTAIS DE MARIANA E BRUMADINHO	9
2.1 ASPECTOS ECONÔMICOS.....	11
2.2 ASPECTOS SOCIAIS.....	13
3 REVISÃO DE LITERATURA.....	15
4 REFERENCIAL TEÓRICO	17
4.1 METODOLOGIA DE ESTUDO DE EVENTO	17
4.1.1 Definição do evento.....	17
4.1.2 Critério de seleção	18
4.1.3 Retornos normais e anormais.....	18
4.1.4 Procedimento de estimativa.....	20
4.1.5 Procedimento de teste.....	20
5 ANÁLISE DO RESULTADO	21
5.1 CÁLCULO DOS RETORNOS ESPERADO E ANORMAL.....	21
6 CONCLUSÃO.....	27
REFERENCIAS	27

1 INTRODUÇÃO

Este trabalho tem como intuito analisar, por meio da metodologia de estudo de evento (Mackinley, 1997), o comportamento do preço das ações da Vale S.A. após o rompimento das barragens de Mariana e Brumadinho. O primeiro desastre ocorreu no dia 5 de novembro de 2015 e o segundo no dia 25 de janeiro de 2019. As barragens são operadas pela Samarco subsidiária da Vale. A Vale é parceira da australiana BHP Billiton para operar Brumadinho e Mariana. Da parceria resultou na criação da Samarco. Fernandes e Maranhão (2016) mostraram que os rompimentos das duas barragens não afetaram os retornos das ações da mineradora australiana.

A Companhia Vale do Rio Doce foi criada em junho de 1942 pelo presidente Getúlio Vargas (BRASIL, 1942). Na época, a empresa tinha o Governo Federal como principal acionista; hoje, é uma empresa privada com capital aberto, sendo a terceira maior no setor de mineração do mundo (MINING, 2021).

A privatização da Vale ocorreu em 1996, no primeiro ano de governo de Fernando Henrique Cardoso, graças ao Programa Nacional de Desestatização (PND), criado pelo ex-presidente Fernando Collor (BRASIL, 1990). Ainda assim, a União detém a *golden share*, a qual dá direito de veto para mudar a principal atividade econômica, dentre outros direitos.

Em novembro de 2007, a Companhia Vale do Rio Doce mudou seu nome para VALE S.A mantendo sua razão social. De acordo com o *site* da empresa (vale.com), o novo nome refletia a evolução, diversificação e crescimento nos anos anteriores. No final do ano de 2020, a companhia tinha um valor de mercado de US\$ 86,37 bilhões (VEJA.COM, 2021).

A principal atuação da Vale S.A é no setor de mineração, apesar de atuar também no setor logístico no Brasil, Indonésia, Moçambique, Omã, Malásia e China. Por meio disso, a companhia tem melhor controle da entrega do seu produto e garante um diferencial competitivo.

Hoje, a Vale possui empresas subsidiárias como a Samarco Mineração S.A, empresa de capital fechado, e a BHP Group, graças a uma *joint venture*, na qual ambas possuem 50% de controle sobre a organização (VALE, 2014). A BHP Group é uma empresa com sede em Melbourne, Austrália.

Em 5 de novembro de 2015, a barragem chamada de “Fundão”, em Bento Rodrigues, subdistrito do município de Mariana, distrito de Santa Rita Durão (MG), se rompeu. O objetivo

do Fundão era abrigar rejeitos da produção de minério de ferro daquela região.

A princípio, houve a declaração de que duas barragens teriam sido rompidas, pois a empresa contava com três barragens na região. No entanto, no dia 16 de novembro a companhia informou que apenas a barragem de Fundão foi rompida. Mais de 56 milhões de metros cúbicos de rejeitos de mineração contaminaram o Rio Doce e a lama atingiu mais de um milhão de habitantes de 47 municípios de Minas Gerais e Espírito Santo e 19 pessoas vieram a óbito. (AGÊNCIA BRASIL, 2020)

Além disso, o rompimento ocasionou uma enorme perda ambiental e social nesses dois estados. Um mês após o acidente foram retiradas dos rios 11 toneladas de peixes mortos e, de acordo com o Governo Federal, a tragédia afetou 663 km de rios e córregos, 1.469 hectares de vegetação, 207 das 251 edificações de Bento Rodrigues e 600 famílias ficaram desabrigadas. (COELHO, 2015)

Adicionalmente, em 25 de janeiro de 2019, houve o rompimento de outra barragem denominada B1 da Samarco, situada em Brumadinho (MG). O desastre causou a morte de 259 pessoas e o desaparecimento de outras vinte e uma. Prejuízos socioeconômicos e ambientais também foram registrados.

Os impactos causados pelos acidentes da mineradora no território nacional foram desastrosos tanto nos âmbitos social, econômico e ambiental.

A Samarco foi responsável pelos dois acidentes, os quais tiveram danos com magnitudes diferentes, sendo o acidente de 2019 muito mais catastrófico, principalmente, em termos de óbitos. Enfim, os prejuízos sociais causados pelos rompimentos das barragens podem ser considerados excessivos.

As mineradoras também foram impactadas pelos rompimentos das barragens? Este trabalho oferece uma resposta para esta pergunta. Para tanto, emprega-se o instrumental que se convencionou chamar de estudo de evento.

2 PERSPECTIVAS ECONÔMICAS, SOCIAIS E AMBIENTAIS DE MARIANA E BRUMADINHO

Este capítulo tem como objetivo discorrer sobre a situação dos municípios onde ocorreram as tragédias antes e após os desastres das barragens Fundão, no dia 5 de novembro de 2015, e B1, em 25 de janeiro de 2019.

O mapa 1 mostra o caminho percorrido pela lama proveniente do rompimento da barragem de Mariana.

Mapa 1: Caminho percorrido pela enxurrada



Fonte: Toda Matéria <<https://www.todamateria.com.br/desastre-de-mariana/amp/>>

De acordo com Zalis (2015), o subdistrito de Bento Rodrigues, com população de 600 pessoas, foi um dos mais atingidos com a devastação de casas, rios e com a eliminação de um pedaço do ecossistema aquático.

O caminho percorrido pela enxurrada gerou o soterramento de 120 nascentes, o falecimento de 19 pessoas e a possível extinção de 11 espécies de peixes.

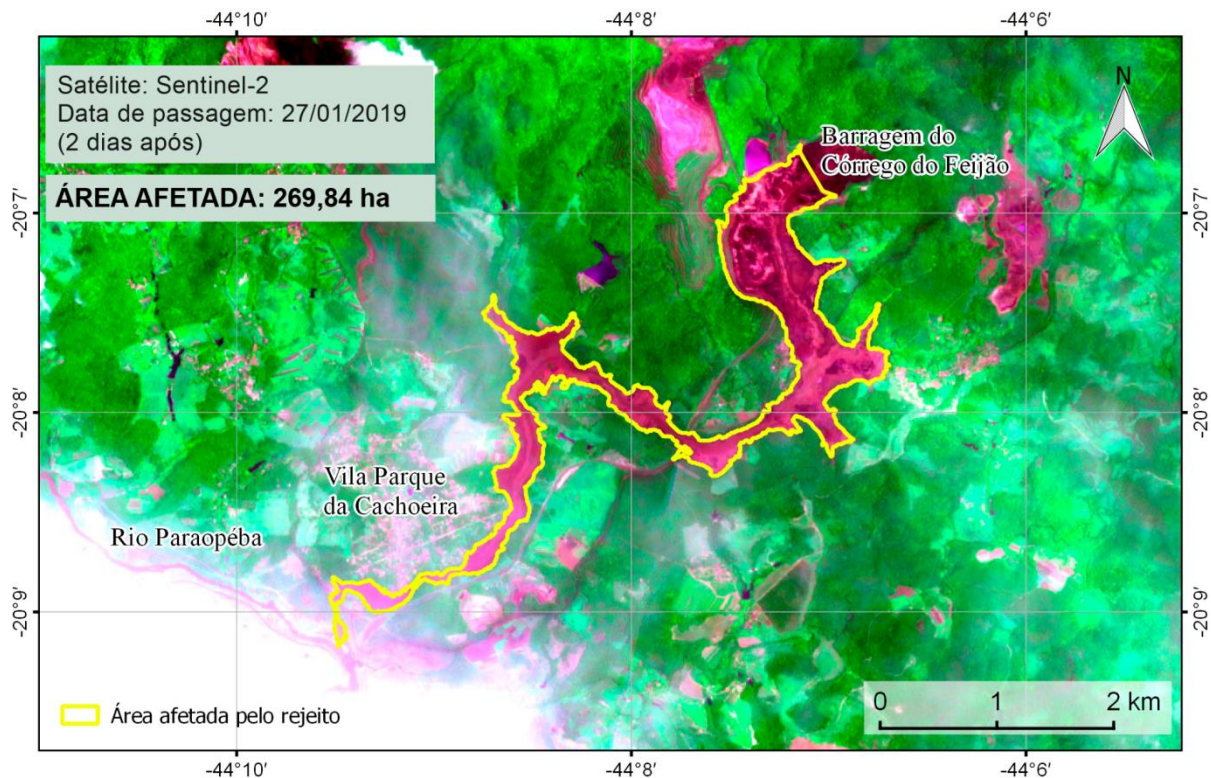
Conforme, Arquivos do Museu de História Natural e Jardim Botânico (UFMG, 2015, p. 108) predomina um relevo estrutural na parte superior com cristas montanhosas, escarpas e restos erodidos de Planaltos elevados, constituindo o Bloco Quadrilátero Ferrífero com altitudes que atingem 2.000 metros, com forte controle geotectônico das sequências Arqueanas e Paleoproterozoicas. Este compartimento forma os contrafortes dos afluentes da margem esquerda da Bacia do Rio Doce (Rio do Carmo, Piracicaba, Santo Antônio etc.). Estes rios entalharam vales profundos, bem encaixados, ou mesmo cânions, e, abaixo deste compartimento, tem-se uma zona de Cristas Alinhadas que conectam os Blocos elevados ao mar de morros, a jusante. Representa um geoambiente de transição, sendo o mais instável de todos, onde se situam os sistemas de barragens de rejeito afetados pelo desastre. Imediatamente a jusante, ocorre um Planalto Dissecado de 600-900 metros, embasado em rochas metamórficas, principalmente gnaisses e xistos. Em síntese, a simples locação da barragem denuncia riscos potenciais, mas difíceis de prever com alguma certeza.

Cabe destacar que a Vale utilizava barragem basicamente no modelo a montante, modelo utilizado em Mariana e Brumadinho, que é uma tecnologia de construção comum em projetos de mineração pelo mundo e por ser menos segura, não é mais utilizada em vários países, pois, permite que o dique inicial seja ampliado para cima quando a barragem fica cheia de rejeitos de minério, usando o próprio material descartado como uma lama composta de ferro, sílica e água, como fundação.

Já no método de jusante, considerado o mais caro, contudo muito mais seguro, as novas camadas não são construídas com os rejeitos da mineração e são feitas a partir do material usado no dique inicial ou outras matérias-primas alternativas. Assim, a estabilidade da estrutura aumenta, pois cada alteamento é estruturalmente independente da disposição dos rejeitos e a orientação dos novos blocos segue o mesmo sentido do fluxo de rejeitos.(CBHSF, 2019)

O mapa 2 mostra o caminho da lama devido ao rompimento da barragem de B1 em Brumadinho.

Mapa 2: Área (em rosa) de 270 hectares atingida pelos 12 milhões de m³ de lama vazados da barragem em Brumadinho



Fonte: Foto de IBAMA.

A barragem rompida no município de Brumadinho estava desativada e no momento do acidente as sirenes não foram tocadas, o que prejudicou os habitantes de seguirem orientações de segurança e dessa forma causando um maior número de mortes em comparação ao rompimento em Mariana (SANTOS).

Existem três tipos de barragens de rejeitos: jusante, linha de centro e montante. A montante foi o método utilizado nas barragens da Samarco, por ser de fácil execução e apresentar maior viabilidade econômica. Contudo, independentemente do tipo de barragem, nenhum desses métodos tem risco zero (BBC, 2019).

2.1 ASPECTOS ECONÔMICOS

Mariana e Brumadinho são municípios que fazem parte do Quadrilátero Ferrífero, área com aproximadamente 7000 quilômetros quadrados.

Nos anos 1950, a mineração ajudou muito a economia no município de Mariana e a retomada do crescimento da cidade (SOBREIRA, 2001.) que, na década de 1970, passou por um intenso processo de urbanização motivado pela instalação de três grandes mineradoras no

município: Samarco, Samitri e a Companhia Vale do Rio Doce (GRACINO JÚNIOR, 2007).

A população aumentou sensivelmente após a instalação dessas mineradoras, chegando, em 2015, a mais de 58 mil habitantes, segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Com o crescimento populacional e econômico, o município assumiu relevante posição econômica na região, com um PIB *per capita* de R\$72.298,71 (62^a, 2015), passando a ser o décimo maior PIB do estado, que contém 853 municípios. Após o acidente ocorrido em Mariana, a cidade teve uma redução de aproximadamente 50% de seu PIB, passando para a 62^a economia do Estado (dados de 2016 do IBGE).

Além disso, Brumadinho também cresceu com a mineração, e passou a ter 60% de sua receita advindo da extração de minérios. Com um PIB *per capita* de R\$40.099,77 (IBGE, 2016), antes do evento de ruptura da barragem, ocupava a posição de 51^o no estado de Minas Gerais.

Em 2015, ocorreu o rompimento da barragem de Fundão, de propriedade da empresa Samarco Mineração S.A., localizada no Município de Mariana/MG. Cerca de 34 milhões de metros cúbicos de rejeitos de mineração foram derramados no vale do rio Doce, o que originou um desastre ambiental de grande magnitude e repercussão mundial, hoje considerado o maior desastre ambiental do país (BELCHIOR, 2016).

Os impactos econômico-financeiros deste acidente são imensuráveis. Bilhões de reais foram gastos para mitigar os problemas socioambientais relacionados a este evento catastrófico, causando impacto direto no orçamento da empresa Samarco e na economia da região, notadamente pela redução do PIB *per capita* de Mariana em mais de 50%.

Além do desastre de Mariana ter atingido a economia das cidades vizinhas, dentre elas Ouro Preto e Catas Altas, que tiveram a arrecadação de *royalties* afetada devido à paralisação das atividades da Samarco, as cidades deixaram de recolher cerca de R\$ 8 milhões por mês em Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Minerais (CFEM). (ESTADO DE MINAS, 2016).

Na região da Bacia do Rio Doce, a pesca foi proibida, afetando inúmeras pessoas que viviam do setor pesqueiro. Os trabalhadores do setor agropecuário também foram afetados, devido à destruição de áreas agrícolas e de pastagens. Os trabalhadores do setor de turismo também sofreram com a tragédia. As quatro hidrelétricas presentes ao longo do rio Doce tiveram suas atividades paralisadas temporariamente nos dias após o acidente (VALOR ECONÔMICO, 2016).

Em 2019 ocorreu o rompimento da barragem de Brumadinho, que resultou em um dos maiores desastres com rejeitos de mineração no Brasil. A barragem é controlada pela Vale S.A. e está localizada na região do Córrego do Feijão, no município de Brumadinho - MG. Foram despejados 13 milhões de metros cúbicos de rejeitos que afetaram uma região de aproximadamente 270 hectares, atingindo a Mata Atlântica, o rio Paraopeba e o rio São Francisco, onde, segundo o Instituto SOS Mata Atlântica, foram identificados pontos com concentração de minério acima do limite permitido (EL PAIS, 2019).

A Vale registrou prejuízo de US\$ 1,64 bilhão no primeiro trimestre. O impacto financeiro da ruptura da barragem de Brumadinho no EBITDA (lucro antes de juros, impostos, depreciação e amortização) do primeiro trimestre/2019 foi de US \$4,95 bilhões.

A agricultura e a pecuária local também sofreram enormes danos. Lojas e estabelecimentos foram fechados. O turismo na região também sentiu os reflexos logo de imediato. Pousadas e hotéis, mesmo a quilômetros de distância do local do desastre, tiveram 100% das reservas canceladas.

É importante salientar que, ao somarmos os resultados de Mariana e Brumadinho, o Brasil se destaca na lista das maiores tragédias do gênero, provocando inúmeras mortes, prejuízos para economia e graves danos ambientais.

2.2 ASPECTOS SOCIAIS

O rompimento das barragens de Mariana e Brumadinho causaram enormes impactos negativos também no aspecto social.

Inúmeras mortes foram contabilizadas. Quanto aos sobreviventes, além da perda de amigos e familiares com a tragédia, de uma hora para outra viram o seu meio de subsistência comprometido, muitas vezes relacionado à agricultura familiar, “bens materiais, como carros, roupas, casas e outras construções, e outros com valor muito mais imaterial, como o patrimônio histórico, a representatividade cultural que certo local destruído detinha para a população atingida.” (SILVA, 2018, p. 81).

Dessa forma, essas pessoas viram afetados sua privacidade, seu domicílio, seu trabalho, elementos fundamentais para o exercício da cidadania e uma existência digna.

Os danos experimentados pela comunidade de Mariana e de Brumadinho foram de tamanha gravidade que representaram um risco à própria dignidade dessas pessoas, pois, como Silva (2016, p. 97) destaca, são heranças desses eventos:

[...] problemas psicológicos e sociais gerados aos supérstites do acidente ocorrido, uma vez que perderam partes essenciais ao prosseguimento da vida em sociedade, como referências mnemônicas, a ocupação principal muitas vezes atrelada à subsistência e, principalmente, vidas humanas, parentes, amigos, mantenedores da família, entre outros.

Entre os inúmeros efeitos sociais negativos em decorrência do desastre, diretos e indiretos, citam-se os principais impactos apontados em relatórios de órgãos competentes como (IBAMA, 2015) e (ANA, 2015), destacando-se:

- a) Destruição de imóveis públicos e privados;
- b) Impacto no agronegócio;
- c) Desalojamento de populações;
- d) Corte da geração de energia elétrica;
- e) Afetação do turismo; e
- f) Interrupção do abastecimento de água;

Assim, diante dos acontecimentos, os desastres de Mariana e Brumadinho, frente ao número de óbitos, feridos, doentes ou mesmo de desalojados e desabrigados 504, no primeiro, e 138, no segundo, é certo afirmar que seus impactos são imensuráveis, e incluem a contaminação de solos e rios, alterações ambientais de toda a ordem, como também a triste e repentina mudança no aspecto social da comunidade, os modos de viver e trabalhar das pessoas que ali residem, com efeitos nefastos sobre a saúde das pessoas. Inúmeras pessoas tiveram suas condições de vida e trabalho atingidas naquelas cidades, bem como em cidades vizinhas.

O primeiro estudo é de Mackinlay (1997), que diz que a metodologia de estudo de eventos é uma ótima ferramenta, principalmente em finanças e economia. O autor aborda os métodos para cálculos dos retornos anormais, estes sendo modelos estatísticos e econômicos. Também lista testes paramétricos e não paramétricos para testar a hipótese nula de que o evento não teve impacto sobre a média ou variância.

Fama, Fisher, Jensen e Roll (1969) partiram da hipótese de que possíveis separações de ações (*splits*) pudessem afetar o preço delas. Concluíram que o mercado reage apenas em relação à variação dos dividendos. Da mesma forma, provaram que o mercado incorpora rapidamente as informações no preço de mercado da ação estudada, comprovando a hipótese de eficiência de mercado.

McWilliams *and* Siegel (1997) examinaram os estudos de eventos e descobriram problemas teóricos e de *design*. Ao final do estudo, os autores dão recomendações e passos para implementar um estudo de evento.

Brown e Warner (1984) é uma extensão de um estudo que fizeram usando preços no mês e, nesse artigo, utilizam uma amostra contendo preços diários das empresas estudadas. Conclui e reforça o prévio estudo de que metodologias baseadas no cálculo dos retornos anormais utilizando modelo de mercado e o uso de testes paramétricos para medir a significância são apropriadas.

Corrado (2011) revisa os principais tópicos em um estudo de evento de curto período. Ele aponta que testes paramétricos são adequados, mas caso haja não normalidade severa nos dados, a inferência pode ser incorreta.

4 REFERENCIAL TEÓRICO

4.1 METODOLOGIA DE ESTUDO DE EVENTO

A metodologia de estudo de evento foi inicialmente introduzida por Fama, Fisher, Jensen e Roll em 1969. A abordagem padrão é a escolha de um modelo para estimação dos preços normais da empresa para o cálculo dos retornos anormais que a firma apresentou (McWilliams, 2010).

O estudo de evento é amplamente utilizado em pesquisas acadêmicas de âmbito contábil e financeiro, para análise de eventos econômicos e de empresa específica (MacKinlay, 1997).

Campbell, Lo e Mackinley (1997) apresentam os passos gerais para realização de um estudo de evento, mesmo que não tenha uma forma padrão. Na Figura 1 é possível visualizar as etapas e ordem de execução.

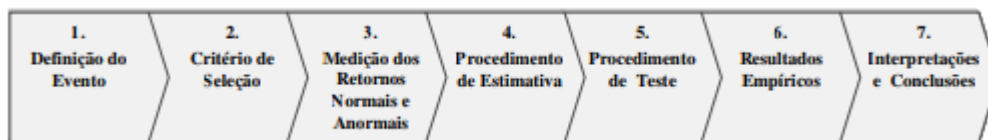


Figura 1: Fases do Estudo de Evento

Fonte: Campbell, Lo e Mackinley (1997).

4.1.1 Definição do evento

Segundo Campbell, Lo e MacKinlay (1997), o teste de evento tem as seguintes etapas:

- A escolha do evento a ser estudado, sua data de ocorrência e o período a ser examinado (janela de evento).
- O procedimento para estimar o retorno normal, para o caso de se não tivesse ocorrido o evento, e a janela de estimação.
- O cálculo dos retornos anormais.
- Os resultados empíricos.
- As interpretações e conclusões.

A primeira etapa é definir a janela do evento, o período em que o evento aconteceu. Essa parte é muito importante, pois o evento ou anúncio pode ocorrer após o fechamento do mercado, sendo necessário a mudança da janela. A linha do tempo de um estudo de evento pode ser vista na Figura 2. Esta contém o período pré-evento, definido como janela de estimação, que será usada para prever os retornos normais da ação, e o período pós-evento.

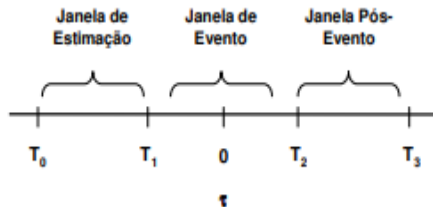


Figura 2: Linha do tempo

Fonte: Campbell, Lo e Mackinley (1997).

A janela de evento envolve 10 dias antes da ocorrência do evento, o dia do evento e 10 dias após o evento. A janela de evento compreende os dias entre 21 de outubro de 2015 a 19 de novembro de 2015, no caso do acidente de Mariana.

4.1.2 Critério de seleção

A amostra da pesquisa deve ser definida, com atenção para a listagem das ações na bolsa.

4.1.3 Retornos normais e anormais

Para analisar o impacto nos preços das ações da empresa ou conjunto de empresas, é preciso realizar o cálculo dos retornos normais ou esperados e, em seguida, dos anormais. A equação para computação do retorno anormal é:

$$AR_{i,t} = R_{i,t} - E(R_{i,t}) \quad (1)$$

Onde $AR_{i,t}$ representa o retorno anormal, $R_{i,t}$ o devido retorno da ação i no tempo t e $E(R_{i,t})$ o retorno normal/esperado onde se utiliza um modelo estatístico ou econômico para estimação deste.

Brown e Warner (1984) falam sobre os métodos centrais amplamente empregados em pesquisa de estudo de eventos para apurar os retornos anormais:

- 1) **Retornos ajustados à média:** a estimativa dos retornos anormais é realizada calculando a diferença dos retornos no período da média dos retornos no mesmo período.

$$AR_{i,t} = R_{i,t} - R_i \quad (2)$$

Onde R_i é a média dos retornos da ação i para o período da Janela de Estimação.

- 2) **Retornos ajustados ao mercado:** os retornos anormais são obtidos pela diferença entre o retorno da ação e o retorno do mercado.

$$AR_{i,t} = R_{i,t} - R_{m,t} \quad (3)$$

Onde $R_{m,t}$ é o retorno do portfólio de mercado no período t .

- 3) **Retornos ajustados ao risco e ao mercado:** o cálculo dos retornos anormais é feito assumindo que estes são a diferença dos retornos individuais com o retorno esperado.

$$AR_{i,t} = R_{i,t} - \alpha_i + \beta_i R_{m,t} \quad (4)$$

Onde α_i e β_i são os parâmetros estimados utilizando os preços da Janela de Estimação. Campbell, Lo e Mackinley (1997) dizem que o ganho do modelo depende do R^2 da regressão. Quanto maior for este, menor serão as variâncias dos retornos anormais.

4.1.4 Procedimento de estimativa

A estimativa dos parâmetros do modelo é feita utilizando os dados dos preços das ações. Conforme MacKinlay (1997), “a escolha comum é utilizar os dados do período anterior ao evento, no caso a Janela de Estimação”. A fórmula para estimar o beta é (Gujarati, 2006).

$$\text{Beta do título } i = \frac{\text{Cov}(R_i, R_m)}{\text{Var}(R_m)} \quad (5)$$

O alpha da equação é calculado a partir da fórmula: $\alpha = \underline{Y} - \beta \underline{X}$.

4.1.5 Procedimento de teste

Depois do cálculo dos parâmetros, é importante definir as hipóteses para que se possa testar o seu nível de significância. A hipótese nula é a de que o evento não teve impacto sobre a média e a variância dos retornos.

5 ANÁLISE DO RESULTADO

A análise e cálculos dos retornos anormais e normais, estimação do beta e alpha da regressão e testes de hipótese foram feitas utilizando a linguagem de programação *open-source Python*. Os resultados buscam informar o leitor dos efeitos no valor de mercado da Vale S.A. antes, no dia e depois dos eventos.

5.1 Cálculo dos retornos esperado e anormal

Utilizou-se de dados do índice Bovespa e da Vale contidos no *Investing.com* para estimar o alpha e beta dos períodos dos acidentes. Os períodos utilizados foram de 990 e 987 dias de negociações de mercado anteriores à janela de evento para Mariana e Brumadinho, respectivamente. O gráfico abaixo mostra os retornos em porcentagem e a estimação do beta entre Vale e o índice Bovespa no período entre de 20 de outubro de 2011 e 20 de outubro de 2015; e o entre 12 de janeiro de 2015 e 10 de janeiro de 2019.

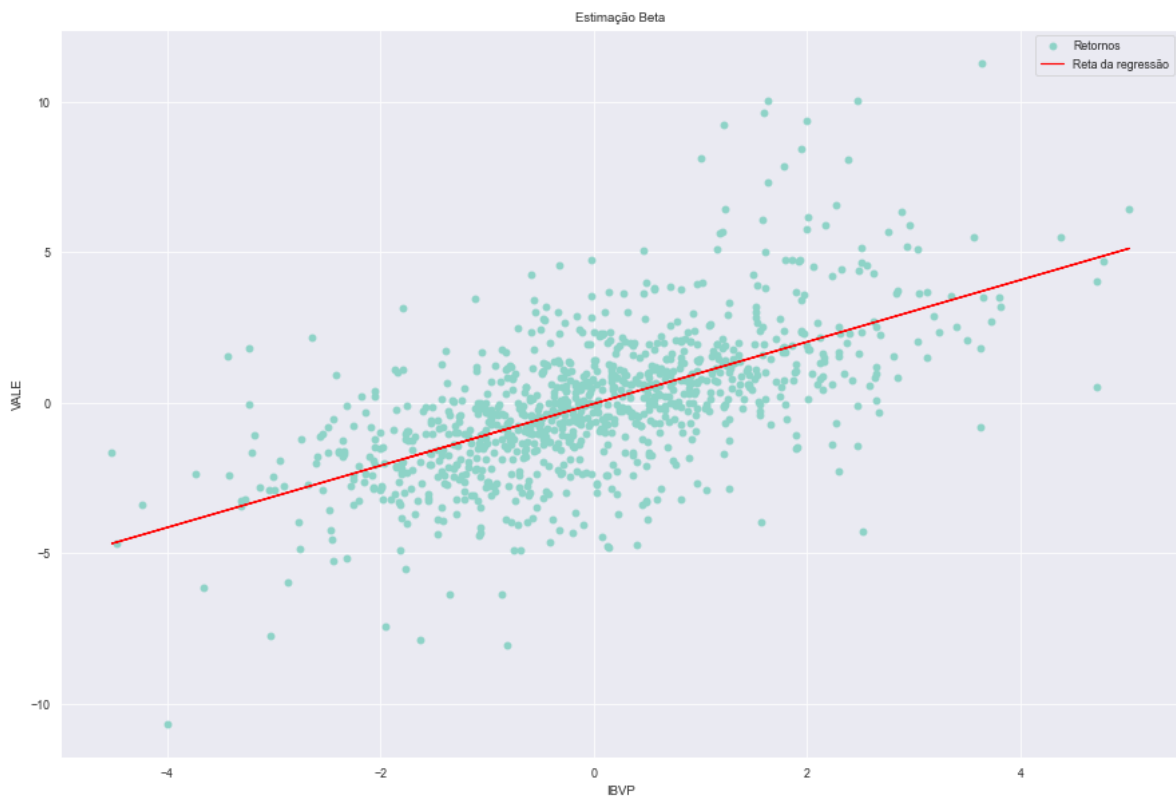


Gráfico 2–Estimação do Beta - 2011 - 2015 (Mariana)

Fonte: Elaboração do autor.



Gráfico 3 – Estimação do Beta - 2015 -2019 (Brumadinho)

Fonte: Elaboração do autor.

Foi utilizado o Modelo de Mercado discutido em Mackinley (1997) para estimar o valor esperado e calcular o retorno anormal, e, em seguida, o retorno anormal acumulado. Na tabela abaixo, pode-se visualizar os retornos anormais ajustados ao mercado (ajustado) e retornos ajustados ao risco e ao mercado (mercado) na janela de evento de 21 dias dos dois períodos.

Tabela 1- Janela de eventos de 21 dias

	vale	ibvp	ajustado	mercado		vale	ibvp	ajustado	mercado
Date					Date				
Oct 21, 2015	2.73	-0.11	2.84	2.871107	Jan 11, 2019	-1.35	-0.16	-1.19	-1.201772
Oct 22, 2015	2.36	1.59	0.77	0.754176	Jan 14, 2019	0.41	0.87	-0.46	-0.747745
Oct 23, 2015	0.45	-0.37	0.82	0.858285	Jan 15, 2019	-0.48	-0.44	-0.04	0.023249
Oct 26, 2015	-3.92	-0.81	-3.11	-3.059569	Jan 16, 2019	0.58	0.36	0.22	0.068902
Oct 27, 2015	-4.70	-0.35	-4.35	-4.312268	Jan 17, 2019	3.01	1.01	2.00	1.674744
Oct 28, 2015	-2.67	-0.64	-2.03	-1.984262	Jan 18, 2019	0.97	0.78	0.19	-0.073631
Oct 29, 2015	-2.57	-2.38	-0.19	-0.096227	Jan 21, 2019	0.94	-0.09	1.03	0.999472
Oct 30, 2015	5.62	0.53	5.09	5.103439	Jan 22, 2019	-0.36	-0.94	0.58	0.777217
Nov 03, 2015	4.11	4.76	-0.65	-0.753336	Jan 23, 2019	1.05	1.53	-0.48	-0.944581
Nov 04, 2015	-2.01	-0.71	-1.30	-1.252329	Jan 24, 2019	0.88	1.16	-0.28	-0.645446
Nov 05, 2015	-2.53	0.71	-3.24	-3.231530	Jan 28, 2019	-24.51	-2.29	-22.22	-21.661072
Nov 06, 2015	-7.62	-2.35	-5.27	-5.177055	Jan 29, 2019	0.83	0.20	0.63	0.521771
Nov 09, 2015	-1.40	-1.54	0.14	0.210584	Jan 30, 2019	9.04	1.42	7.62	7.184891
Nov 10, 2015	-0.45	0.03	-0.48	-0.452758	Jan 31, 2019	-2.35	0.41	-2.76	-2.924495
Nov 11, 2015	-0.36	1.86	-2.22	-2.243278	Feb 01, 2019	1.63	0.48	1.15	0.966750
Nov 12, 2015	-1.80	-0.39	-1.41	-1.371163	Feb 04, 2019	-3.37	0.74	-4.11	-4.362913
Nov 13, 2015	2.19	-0.78	2.97	3.019603	Feb 05, 2019	-0.11	-0.28	0.17	0.190380
Nov 16, 2015	-2.15	0.71	-2.86	-2.851530	Feb 06, 2019	-4.88	-3.74	-1.14	-0.192567
Nov 17, 2015	-3.47	0.86	-4.33	-4.325671	Feb 07, 2019	-2.04	-0.24	-1.80	-1.790338
Nov 18, 2015	0.47	0.40	0.07	0.087028	Feb 08, 2019	3.78	0.99	2.79	2.470103
Nov 19, 2015	0.38	1.48	-1.10	-1.112787	Feb 11, 2019	-2.65	-0.98	-1.67	-1.462066

Fonte: Elaboração do autor.

Em Mariana, no dia 5 de novembro as ações da Vale tiveram queda de 2,53% e, no dia seguinte, mais 7,62 %.

Ao analisar o ocorrido em Brumadinho, percebe-se que o valor da ação no dia 25 de janeiro (sexta-feira) não se encontra na Tabela. Isso porque, nesse dia, era aniversário da cidade de São Paulo e as negociações na Bovespa estavam fechadas. Portanto, três dias se passaram até a abertura da Bolsa de Valores em 28 de janeiro, dia considerado como data do evento de acordo com as recomendações de McWilliams and Siegel (1997). Portanto, no dia do evento a Vale S.A. perdeu 24.51% em valor de mercado.

Foi calculado o valor cumulativo dos retornos da janela de 21 dias dos dois eventos.

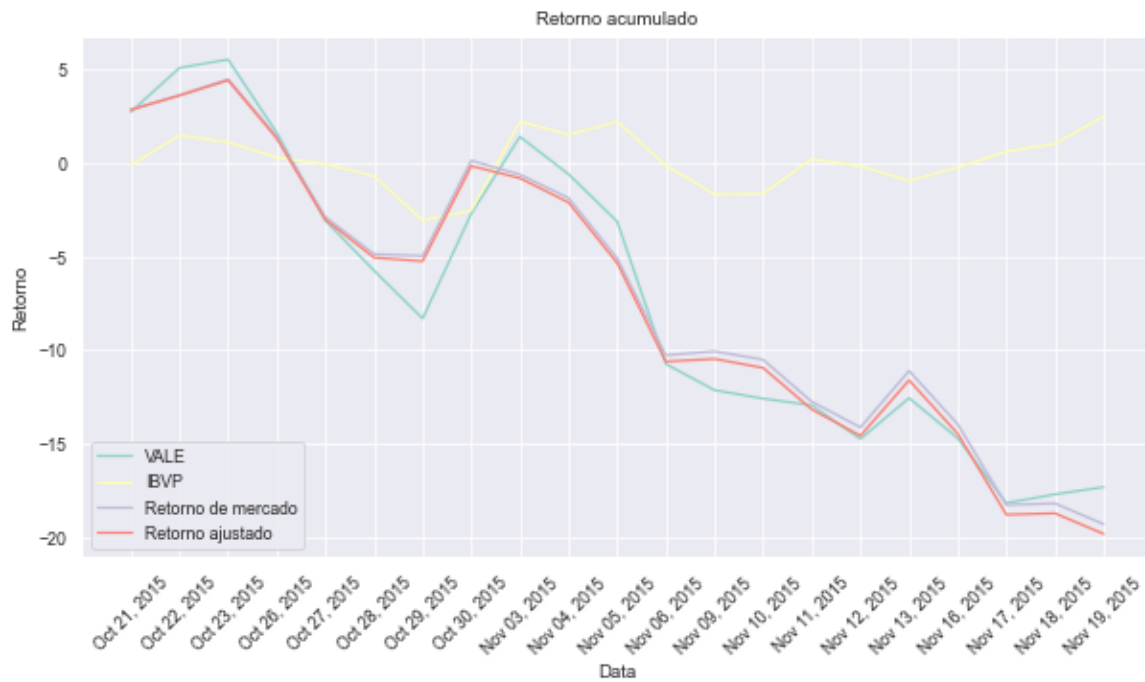


Gráfico 4 – Valor cumulativo dos retornos de Mariana

Fonte: Elaboração do autor.

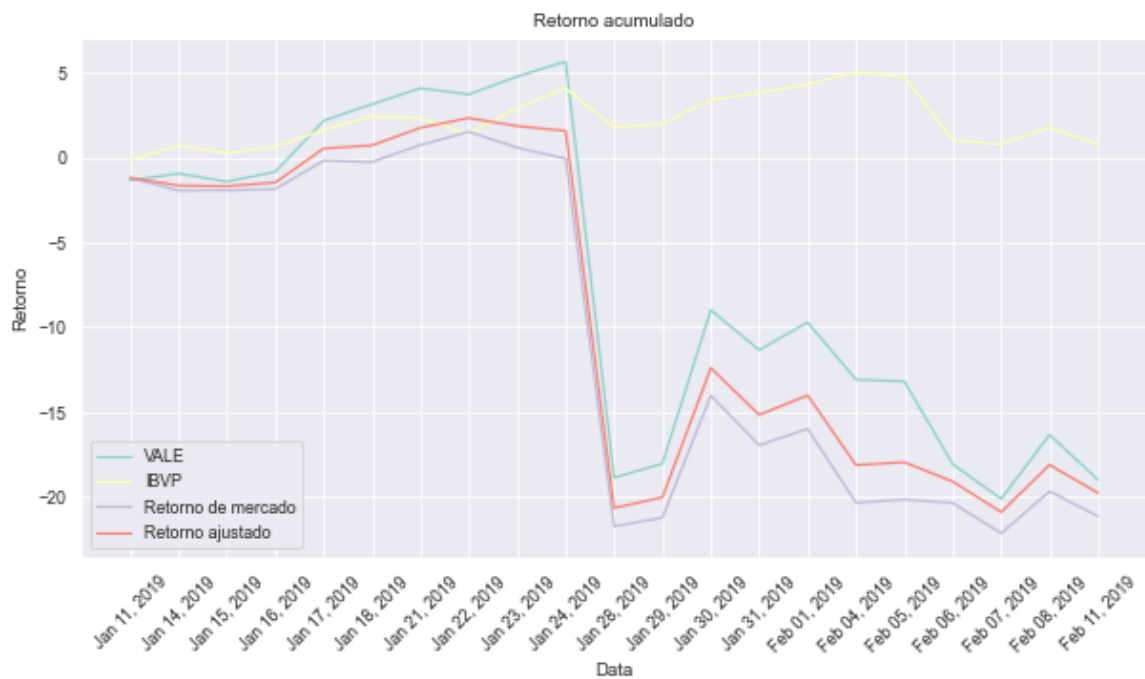


Gráfico 5 – Valor cumulativo do retorno de Brumadinho

Fonte: Elaboração do autor.

A partir do gráfico acima, podemos ver que o retorno acumulado ao final da janela de 21 dias dos eventos se manteve próximo. O retorno acumulado ajustado ao mercado e ajustado

ao risco e ao mercado (modelo de mercado), respectivamente, é de -19,84% e -19,32% no final da janela em Mariana e -19,77% e -21,13% no de Brumadinho. Entretanto, observa-se que, no evento de Mariana, o mercado demorou mais para incorporar a informação no valor da ação.

Para testar a significância dos eventos no valor de mercado da Vale, o teste de significância teste-t foi feito. Abaixo encontram-se estes com o seu respectivo p-valor para a data do evento e períodos antes e depois dos eventos.

Tabela 2 – Teste de significância de Mariana

	pvalor	tteste
mercado_dia	0.089660	-1.698861
ajustado_dia	0.088892	-1.702946
mercado_ant	0.755834	-0.311042
ajustado_ant	0.725887	-0.350702
mercado_dep	0.018295	-2.363516
ajustado_dep	0.016206	-2.408376

Fonte: Elaboração do autor

Tabela 3 – Teste de significância de Brumadinho

	pvalor	tteste
mercado_dia	1.110223e-15	-8.145511
ajustado_dia	4.440892e-16	-8.268922
mercado_ant	9.933989e-01	-0.008275
ajustado_ant	8.534564e-01	0.184759
mercado_dep	9.429908e-01	-0.071530
ajustado_dep	9.175404e-01	0.103559

Fonte: Elaboração do autor

É possível notar que houve significância em Mariana no teste estatístico aplicado sobre o retorno acumulado ajustado ao mercado (“ajustado_dep”) e retorno acumulado ajustado ao risco e ao mercado (“mercado_dep”), que apresentaram um valor de -2.40 e -2.36 e p-valores menores que 5%.

Isso mostra que o resultado é bastante significativo e faz rejeitar a hipótese nula de que

os dados não apresentam diferença significativa. Isso também mostra que o mercado não conseguiu incorporar toda informação no mercado no dia do evento, dado que o t teste de -1.31 do “mercado_dia” não é significativo e apresenta um p valor de 0.18.

Já em Brumadinho, o valor do teste-t no dia do evento foi altamente significativo para rejeitar a hipótese nula. Os valores foram de -8.14 (“mercado_dia”) e -8.26(“ajustado_dia”), estes com p-valores menores que 5%, o que mostra que o mercado conseguiu incorporar todas as informações no valor da Vale.

6 CONCLUSÃO

Neste trabalho, buscou-se analisar e mensurar o impacto dos rompimentos das barragens de Brumadinho e Mariana nos retornos das ações da Vale S.A. Registre-se que as ações da companhia são negociadas na B3 (Brasil, Bolsa, Balcão). Os preços das ações foram extraídos do site *Investing.com*.

A base teórica do trabalho é o estudo de evento. O estudo de evento permite (a) testar a hipótese nula de que o mercado eficientemente incorpora prontamente novas informações e (b) examinar o efeito de um acontecimento no valor de uma empresa.

A janela de estimação possui, a janela de evento e a janela pós-evento possuem dimensão de 21 dias. Ao longo da régua de evento foram calculados os retornos normais e anormais das ações da Vale S. A. Os testes estatísticos levaram a concluir que o mercado reagiu de forma rápida ao evento de Brumadinho, porém, em Mariana, o mercado teve um ajuste significativo mesmo depois do evento. A partir disso, pode-se afirmar que a hipótese de eficiência de mercado pode ser comprovada em Brumadinho e rejeitada em Mariana.

Em suma, o acidente de Brumadinho foi prontamente absorvido pelo mercado com nenhum impacto significativo nos retornos das ações da Vale enquanto o acidente de Mariana se mostrou relevante na determinação dos retornos negativos das ações da companhia.

REFERÊNCIAS

AGENCIA BRASIL. Tragédia de Mariana: **Vale pagará US\$ 25 milhões a investidores nos EUA**. Publicado em 20/02/2020 - 19:10 Por Léo Rodrigues - Repórter da Agência Brasil - Rio de Janeiro. Disponível em: <<https://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2020-02/tragedia-de-mariana-vale-pagara-us25-milhoes-investidores-nos-eua>>. Acesso em: 24 abr. 2022.

AGENCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil: informe 2015**. Encarte especial sobre a Bacia do Rio Doce – Rompimento da barragem em Mariana/MG. Publicado pela Superintendência de Planejamento de Recursos Hídricos (SPR). Brasília, 2016. Disponível em: <https://arquivos.ana.gov.br/RioDoce/EncarteRioDoce_22_03_2016v2.pdf>. Acesso em: 28 abr. 2022.

BBC NEWS. Brasil. **Brumadinho**: quais são os tipos de barragem e por que a Vale construiu a menos segura na mina Córrego do Feijão. Fernanda Odilla, 20 de janeiro de 2019. Disponível em: <<https://www.bbc.com/portuguese/brasil-47048439>>. Acesso em 27 abr. 2022.

BELCHIOR, G.P. N. A responsabilidade civil por dano ambiental e o caso Samarco: desafios à luz do paradigma da sociedade de risco e da complexidade ambiental. **R. Fortaleza**, v. 13, n. 1, p. 10-30, 2016.

BRASIL. **Decreto-Lei nº 4.352, de 1º de junho de 1942**. Encampa as Companhias Brasileiras de Mineração e Siderurgia S.A. e Itabira de Mineração S.A. e dá outras providências. Disponível em: <<https://www2.camara.leg.br/legin/fed/declei/1940-1949/decreto-lei-4352-1-junho-1942-414669-republicacao-68227-pe.html#:~:text=Encampa%20as%20Companhias%20Brasileiras%20de,S.A.%20e%20d%C3%A1%20outras%20pevid%C3%A1ncias.>>. Acesso em: 20 abr. 2022.

BRASIL. **Lei nº 8.031, de 12 de abril de 1990**. Cria o Programa Nacional de Desestatização, e dá outras providências. (Revogada pela Lei nº 9.491, de 1997).

BROWN, S. J.; WARNER, J. B. *Using daily stock returns – the case of Event Studies*. *Journal of Financial Economics* 14 (1985) 3-31. North-Holland, 1984.

COELHO, Ricardo Motta Pinto. **Existe governança das águas no Brasil?** Estudo de caso: O rompimento da Barragem de Fundão, Mariana (MG). *In: Arquivos do Museu de História Natural e Jardim Botânico*. UFMG: Belo Horizonte. v. 24, n.1, pp. 16-43, 2015.

COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO FRANCISCO (CBHSF). Notícias. **Vale vai paralisar barragens do tipo de Brumadinho e Mariana**. Publicado em 30/01/2019. Disponível em: <<https://2017.cbhsaofrancisco.org.br/2017/vale-vai-paralisar-barragens-do-tipo-de-brumadinho-e-mariana/>>. Acesso em: 27 abr. 2022.

CORRADO, Charles J. *Event studies: a methodology review*. *Accounting and Finance* 51 (2011) 207-234.

El PAIS. Brasil. Tragédia em Brumadinho. **Resíduos de Brumadinho já matam os peixes do rio São Francisco**. Joana Oliveira, São Paulo, 22 mar. 2019, 11:25BRT. Disponível em: <https://brasil.elpais.com/brasil/2019/03/21/politica/1553194959_991458.html>. Acesso em: 20 abr. 2022.

ESTADO DE MINAS. Economia. **Dependente da mineração, Minas vive paradoxo após tragédia ambiental em Mariana**. Postado em 20/11/2015, atualizado em 20/11/2015, 15:04. Disponível em: <https://www.em.com.br/app/noticia/economia/2015/11/20/internas_economia,710096/dependente-da-mineracao-mg-vive-paradoxo-apos-tragedia-ambiental-em-m.shtml>. Acesso em: 23 abr. 2022.

FAMA, E.F.; FISHER, L.; JENSEN, M.C.; ROLL, R. *The adjustment of stock prices to new information*. *International Economic Review*, Vol. 10, No. 1 (Feb., 1969), pp. 1-21.

FERNANDES, Palloma Rocha; MARANHÃO, Kaehler de Albuquerque. Investigações sobre o comportamento do mercado de ações frente a eventos: Um estudo de caso australiano. **SaberHumano**: Revista Científica da Faculdade Antonio Meneghetti, v. 6, n. 8 (2016).

GUJARATI, D.N. *Essentials of Econometrics. 3rd Edition. New York: McGraw-Hill, 2006.*

GRACINO JÚNIOR, Paulo. **Mariana: da cidade patrimônio à cidade partida**. UNESP – FCLAs – CEDAP, v.3, n.2, p. 147, 2007.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Finanças Públicas. Ranking. Cidades. Brasil/Minas Gerais/Brumadinho. 2016. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/brumadinho/pesquisa/21/28141?tipo=ranking>>. Acesso em: 28 abr. 2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS (IBAMA - MMA). Notícias 2015. **Ondas de rejeitos da Samarco atingiu 663 km de rios e devastou 1.469 hectares de terras**. Publicado: quarta, 2 de dezembro de 2015, 13h43. Assessoria de Comunicação do IBAMA. Disponível em: <<http://www.ibama.gov.br/noticias/66-2015/205-onda-de-rejeitos-da-samarco-atingiu-663-km-de-rios-e-devastou-1-469-hectares-de-terras>>. Acesso: 27 abr. 2022.

MCWILLIAMS, Abigail, and Donald Siegel. “Event Studies in Management Research: Theoretical and Empirical Issues.” *The Academy of Management Journal*, vol. 40, no. 3, 1997, pp. 626–57, <https://doi.org/10.2307/257056>.

MACKINLAY, A. Craig. “Event Studies in Economics and Finance.” *Journal of Economic Literature*, vol. 35, no. 1, 1997, pp. 13–39, <http://www.jstor.org/stable/2729691>.

MINING.COM. Editor. September 30, 2021, 12:00 pm. **The top 50 biggest mining companies in the world**. Disponível em: <<https://www.mining.com/top-50-biggest-mining-companies/>>. Acesso em: 27 abr. 2022.

ROSS, S.A.; WESTERFIELD, R.W. JORDAN, B.D.; LAMB, R. **Fundamentos da Administração Financeira**. Tradução: Leonardo Zilio, Rafaela Guimarães Barbosa. 9 ed. Porto Alegre: AMGH, 2013.

SANTOS, Vanessa Sardinha dos. **"Rompimento da barragem em Brumadinho"**; Brasil Escola. Disponível em: <<https://brasilecola.uol.com.br/biologia/rompimento-barragem-brumadinho.htm>>. Acesso em 27 abr. 2022.

SILVA, E. T. G. **Barragens Hidrelétricas e Desastres: Uma Avaliação de Metodologias de Gestão de Risco Ambiental**. Dissertação (Mestrado em Planejamento e Gestão Ambiental) - Universidade Católica de Brasília, Brasília, 2016.

SILVA, Victor Vartuli Cordeiro e. **Responsabilidade civil das mineradoras por inobservância de medidas cautelares de evacuação de zonas urbanas em caso de rompimento de barragens de rejeitos**. 2018. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior Dom Helder Câmara. Belo Horizonte, 2018.

SOBREIRA, F. G. **Susceptibilidade a processos geológicos e suas consequências na área urbana de Mariana, MG**. Departamento de Geologia da Escola de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto, v. 1, pp. 43–60, 2001.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS (UFMG). **Arquivos do Museu de História Natural e Jardim Botânico**. Belo Horizonte: UFMG, v.24, n. 1/2, 2015.

VALE S.A. **Relatório Anual 2014**, de acordo com a seção 13 ou 15(d) da Lei de Mercado de Capitais de 1934, para o exercício encerrado em: 31 de dezembro de 2014, Número de registro na Comissão: 001-15030. Disponível em: <http://www.vale.com/PT/investors/information-market/annual-reports/20f/20FDocs/Vale%2020-F%202014_p_novo.pdf>. Acesso em: 23 abr. 2022.

VALOR ECONOMICO. Empresas. **Vale deixa prejuízo e registra lucro de R\$13 bilhões em 2016**. Por Juliana Machado, Rafael Rosas e Alessandra Saraiva, Valor – São Paulo. Publicado em 23/02/2017, 07h03, atualizado há 5 anos. Disponível em: <<https://valor.globo.com/empresas/noticia/2017/02/23/vale-deixa-prejuizo-e-registra-lucro-de-r-13-bilhoes-em-2016.ghtml>>. Acesso em: 22 abr. 2022.

VEJA.COM. Economia. **Vale é a empresa latina que mais perdeu valor de mercado em 2021**. Luana Meneghetti, publicado em 1 dez. 2021, 11h22, atualizado em 2 dez 2021, 13h14. Disponível em: <<https://veja.abril.com.br/economia/vale-e-a-empresa-latina-que-mais-perdeu-valor-de-mercado-em-2021/>>. Acesso em: 20 abr. 2022.

ZALIS, P. O mapa da destruição. **Veja**, v. 48, n.2454, pp. 84-92, 2 dez. 2015.