

FACULDADE FIPECAFI

**PROGRAMA DE MESTRADO PROFISSIONAL EM
CONTROLADORIA E FINANÇAS**

RAQUEL FERNANDEZ VARELA

**Desastres ambientais: um estudo de eventos sobre o retorno e a volatilidade das ações
das empresas responsabilizadas**

SÃO PAULO

2021

RAQUEL FERNANDEZ VARELA

Desastres ambientais: um estudo de eventos sobre o retorno e a volatilidade das ações das
empresas responsabilizadas

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado
Profissional em Controladoria e Finanças da
Faculdade FIPECAFI para a realização da banca
de defesa.

Orientadora: Prof. Dra. Luciana Maia Campos
Machado

SÃO PAULO

2021

FACULDADE FIPECAFI

Prof. Dr. Edgard Bruno Cornacchione Jr

Diretor Presidente

Prof. Dr. Fernando Dal-Ri Murcia

Diretor de Pesquisa

Prof. Dr. Andson Braga de Aguiar

Diretor Geral de Cursos

Prof. Dr. Paschoal Tadeu Russo

Coordenador do Curso de Mestrado Profissional em Controladoria e Finanças

Catálogo na publicação

Serviço de Biblioteca da Faculdade FIPECAFI

Fundação Instituto de Pesquisas Contábeis Atuárias e Financeiras (FIPECAFI)

Dados fornecidos pelo (a) autor (a)

V293d Varela, Raquel Fernandez
Desastres ambientais: um estudo de eventos sobre o retorno e a volatilidade das ações das empresas responsabilizadas. /Raquel Fernandez Varela. -- São Paulo, 2021.
52 p. il. col.

Dissertação (Mestrado Profissional) - Programa de Mestrado Profissional em Controladoria e Finanças – Faculdade FIPECAFI Fundação Instituto de Pesquisas Contábeis Atuárias e Financeiras
Orientador: Prof.^a Dr.^a Luciana Maia Campos Machado.

1. Desastres ambientais. 2. Estudo de eventos. 3. Retorno anormal II. 4. Eficiência de mercado. I. Prof.^a Dr.^a Luciana Maia Campos Machado. II. Título.
332.67

Bibliotecária: Greicyene Hamaguchi Ueki CRB-8/10667

RAQUEL FERNANDEZ VARELA

Desastres ambientais: um estudo de eventos sobre o retorno e a volatilidade das ações das empresas responsabilizadas

Dissertação de Mestrado apresentada ao Curso de Mestrado Profissional em Controladoria e Finanças da Faculdade FIPECAFI, para a obtenção do título de Mestre Profissional em Controladoria e Finanças.

Aprovado em ____/____/____ de 2021.

Prof. Dra. Luciana Maia Campos Machado
Faculdade FIPECAFI
Professora Orientadora – Presidente da Banca Examinador

Prof. Prof. Dr. Samuel de Oliveira Durso
Faculdade FIPECAFI
Membro Interno

Prof. Dr. Héber Pessoa da Silveira
Faculdade FECAP
Membro Externo

SÃO PAULO

2021

“No começo pensei que estivesse lutando para salvar seringueiras, depois pensei que estava lutando para salvar a Floresta Amazônica. Agora, percebo que estou lutando pela humanidade.”

Chico Mendes

RESUMO

VARELA, Raquel Fernandez. (2021). *Desastres ambientais: um estudo de eventos sobre o retorno e a volatilidade das ações das empresas responsabilizadas* (Dissertação de Mestrado). Faculdade FIPECAFI, São Paulo, Brasil.

O objetivo deste trabalho foi identificar a influência de grandes acidentes ambientais no retorno das ações das empresas responsabilizadas. Para atender ao objetivo proposto, utilizou-se a metodologia de estudo de evento, fundamentando-se nas premissas da Hipótese do Mercado Eficiente. A amostra selecionada perfaz cinco eventos, contemplando o período de 2000 a 2019, sendo dois vazamentos de óleo, duas rupturas de barragem de mineração e um incêndio de grandes proporções que findou por contaminar uma baía marítima. Os eventos são analisados em 5 janelas cada, sendo elas de 5, 21, 63, 126 e 252 pregões, equivalentes a uma semana, um mês, um trimestre, um semestre e um ano, respectivamente. Utilizou-se a estatística t de Student de variâncias diferentes, bem como o teste de Wilcoxon para variáveis pareadas, no intuito de analisar se os retornos anormais acumulados antes dos eventos se mostram estatisticamente diferentes dos retornos anormais acumulados após a ocorrência do evento. Os resultados demonstraram que para 23 das 25 janelas a diferença dos retornos anormais acumulados mostraram-se estatisticamente significantes. Para o evento mais antigo, ocorrido no ano de 2000, os retornos anormais acumulados após o evento mostraram-se positivos para quatro janelas e estatisticamente iguais para uma janela. O segundo desastre ambiental analisado apresentou retornos anormais acumulados positivos e negativos significantes em diferentes janelas, alguns não podendo ser explicados pelo evento em si. Já nos três eventos mais recentes, ocorridos desde 2015, os retornos anormais acumulados negativos se apresentaram na janela de 5 dias e persistiram até a janela de 126 dias, um semestre após os eventos e para o evento mais recente, ocorrido em 2019, o retorno anormal acumulado persistia após um ano do evento. A análise de volatilidade nas janelas não seguiu um padrão conclusivo, exceto para o evento mais recente, onde a volatilidade aumentou significativamente em todas as janelas estudadas. Os achados indicam que os acidentes ambientais mais recentes ocorridos desde 2015 impactaram negativamente nos retornos das ações, sendo que o mesmo não ocorreu com os dois desastres ambientais mais antigos que ocorreram no ano de 2000. Tal fato pode ser explicado pela evolução da legislação ambiental e sua aplicabilidade, pelo aumento da compreensão por parte do mercado de todos os custos que a responsabilizada pode vir a incorrer a luz de um acidente, bem como o aumento da velocidade e da disponibilização da informação ao longo dos anos.

Palavras-chave: Desastres ambientais; Estudo de eventos; Retorno anormal; Eficiência de mercado.

ABSTRACT

VARELA, Raquel Fernandez. (2021). *Environmental disasters: an event study of the return and volatility on the stocks of the responsible companies* (Master's Thesis). FIPECAFI College, São Paulo, Brazil.

The objective of this work was to identify the influence of major environmental accidents on the return of the shares of the responsible companies. To meet the proposed objective, the event study methodology was used, based on the Efficient Market Hypothesis. The selected sample comprises five events, covering the period from 2000 to 2019, including two oil spills, two mining dam ruptures and a large fire that ended up contaminating a maritime bay, analyzed in 5 windows each, of 5, 21.63, 126 and 252 trading sessions, equivalent to one week, one month, one quarter, one semester and one year. The *t* Student test of different variances was used, as well as the Wilcoxon test for paired variables to detect whether cumulated abnormal returns before the events are statistically different from cumulates abnormal returns after the occurrence of the event. The results showed that for 23 of the 25 windows the difference of the cumulated abnormal returns was statistically significant. For the oldest event, which occurred in 2000, the cumulated abnormal returns after the event were positive for four windows and statistically the same for one of them. The second environmental disaster analyzed presented positive and negative significant accumulated abnormal returns in different windows, some of which cannot be explained by the event itself. In the three most recent events, occurred since 2015, negative cumulated abnormal returns occurred in the 5 days window and persisted until the 126 days window, one semester after the events and for the most recent event, which occurred in 2019, the accumulated abnormal return persisted after one year of the event. The analysis of volatility in the windows did not follow a conclusive pattern, except for the most recent event, where volatility increased significantly in all studied windows. The findings indicate that the most recent environmental accidents that occurred since 2015 had a negative impact on stock returns, and the same did not occur with the two oldest environmental disasters that occurred in 2000. This fact can be explained by the evolution of environmental legislation and its applicability, due to the increased understanding by the market of all the costs that the responsible may incur in the light of an accident, as well as the increased speed and availability of information over the years.

Keywords: Environmental accidents; Event study; Abnormal returns; Market efficiency.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Distribuição assimétrica dos retornos discretos.....	32
Figura 2 - Distribuição simétrica dos retornos contínuos.....	32
Figura 3 - Linha do tempo de um estudo de eventos.....	33
Figura 4 - Retornos anormais acumulados na janela de 5 dias.....	37
Figura 5 - Retornos anormais acumulados na janela de 21 dias	38
Figura 6 - Retornos anormais acumulados na janela de 63 dias	39
Figura 7 - Retornos anormais acumulados na janela de 126 dias	39
Figura 8 - Retornos anormais acumulados na janela de 252 dias.....	40

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Etapas de um estudo de evento.....	23
Tabela 2 - Formas de eficiência de mercado	26
Tabela 3 - Maiores acidentes ambientais do Brasil.....	27
Tabela 4 - Tamanhos das janelas sobre Governança Corporativa	35
Tabela 5 - Volatilidade dos retornos nas janelas estudadas.....	41
Tabela 6 - Diferença das médias dos retornos anormais acumulados.....	41

LISTA DE ABREVIATURAS

CAPM	<i>Capital Asset Pricing Model</i>
HME	Hipótese de Mercado Eficiente
CAR	<i>Cumulative Abnormal Returns</i>
B3	Bolsa de Valores de São Paulo
IBOV	Índice Bovespa

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	17
1.1	Contexto	17
1.2	Motivação	18
1.3	Objetivos.....	18
2	REFERENCIAL TEÓRICO	21
2.1	Desastre Ambiental.....	21
2.2	Desastres Ambientais e custos para as responsabilizadas	21
2.3	Eficiência de Mercado	22
2.3.1	<i>Hipótese de Eficiência de Mercado</i>	22
2.4	Estudo de Eventos em Finanças.....	23
2.4.1	<i>Concepção</i> 23	
2.4.2	<i>Estudos de eventos de Desastres Ambientais</i>	24
3	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	27
3.1	Estratégia de pesquisa	27
3.2	Método do Estudo de Eventos.....	27
3.2.1	<i>Definição dos Eventos</i>	28
3.2.2	<i>Crítérios de seleção da amostra</i>	28
3.2.2.1	Vazamento de óleo – Baía da Guanabara – Rio de Janeiro – janeiro de 2000.....	29
3.2.2.2	Vazamento de óleo – Rios Barigui e Iguaçu – Araucária – Paraná – julho de 2000.....	29
3.2.2.3	Incêndio Porto de Santos – São Paulo – abril de 2015.....	29
3.2.2.4	Rompimento de barragem de mineração – Mariana – Minas Gerais – de 2015	30
3.2.2.5	Rompimento de barragem de mineração – Brumadinho – Minas Gerais – janeiro de 2019	30
3.2.3	<i>Retornos normais e anormais</i>	31
3.2.3.1	Modelos de retorno de equilíbrio.....	31
3.2.3.2	Retorno Discreto e Retorno Contínuo.....	32
3.2.3.3	Retorno Anormal Cumulativo	34
3.2.4	<i>Procedimentos de estimação:</i>	34
3.2.5	<i>Procedimentos de teste:</i>	37
4	ANÁLISE E RESULTADOS	39
4.1	Análise dos retornos anormais acumulados nas janelas	39
4.1.1	<i>Retornos anormais acumulados da janela de 5 dias:</i>	39
4.1.2	<i>Retornos anormais acumulados da janela de 21 dias:</i>	40
4.1.3	<i>Retornos anormais acumulados da janela de 63 dias:</i>	41
4.1.4	<i>Retornos anormais acumulados da janela de 126 dias:</i>	41
4.1.5	<i>Retornos anormais acumulados da janela de evento de 252 dias:</i>	42
4.2	Análise descritiva da volatilidade dos retornos nas janelas	42
4.3	Análise estatística dos retornos anormais acumulados.....	43
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	45
	REFERÊNCIAS	49

1 INTRODUÇÃO

1.1 Contexto

Desastres ambientais provocados por organizações podem ser considerados um dos principais riscos que a sociedade moderna enfrenta. Podem trazer danos irreparáveis para o meio ambiente, para a saúde e para a vida humana bem como ocasionar grande impacto financeiro para a empresa causadora. As consequências advindas de desastres ambientais, direta ou indiretamente relacionadas às empresas que o causam, não são apenas de caráter ambiental, mas também sociais e financeiros e, neste último caso, referem-se a obrigações ambientais que envolvem todo “gasto, investimento, desembolso com que a empresa tem que arcar para preservar a natureza ou reverter os prejuízos causados” (Assis, Braz, & Santos, 2011, p. 15). Mas até que ponto o mercado de ações pode motivar as empresas a adotar melhor segurança corporativa ou melhor comportamento ambiental permanece uma questão fundamental (Karpoff, Lott, & Wehrly, 2005).

A queda do valor de mercado de uma ação após um desastre ambiental pode ser atribuída a um ou mais dos seguintes fatores: custos diretos, efeitos reputacionais e reação irracional do investidor (Carpentier & Suret, 2015). Os custos mais evidentes de um acidente consistem em danos a ativos fixos (incluindo propriedades), perda de estoque, matérias-primas e produtos acabados, podendo ocasionar, em casos de efeitos mais extremos, a interrupção de negócios. Como as empresas têm seguro contra a maioria dessas perdas, o declínio no valor da empresa tende a estar relacionado principalmente a custos que dificilmente são seguráveis, como responsabilidades por danos pessoais ou penalidades ambientais (Laguna & Capelle-Blancard, 2010). Estes custos deveriam causar uma queda no valor de mercado da empresa devido às mudanças nas projeções de fluxo de caixa futuro associadas aos acidentes ambientais.

A Teoria ou Hipótese da Eficiência de Mercado é um dos pilares da Moderna Teoria de Finanças e está baseada na premissa de que os preços dos títulos refletem instantaneamente todas as informações relevantes disponíveis no mercado (Camargos & Barbosa, 2003). Retornos anormais sistemáticos diferentes de zero que persistem após um determinado tipo de evento são inconsistentes com a hipótese de que os preços dos ativos se ajustam rapidamente para refletir totalmente as novas informações (Brown & Warner, 1980).

Estudos de eventos permitem testar diretamente a eficiência de mercado. (Brown & Warner, 1980). Subjacente a esta metodologia está uma forma semiforte de eficiência de mercado, que faz duas suposições. Primeiro, os preços das ações refletem todas as informações publicamente disponíveis (Sorescu, Warren, & Ertekin, 2017). Em segundo lugar, os preços das ações mudam instantaneamente para refletir as novas informações quando estas se tornam disponíveis (Fama, 1970).

Este trabalho se propõe a analisar, por meio da metodologia de estudo de eventos, o impacto de desastres ambientais de grandes proporções - ocorridos entre os anos de 2000 e 2019 - sobre as ações das responsabilizadas, empresas listadas na Bolsa de Valores de São Paulo, BOVESPA. Analisando cinco desastres ambientais: dois vazamentos de óleo de grandes proporções, duas rupturas de barragens de mineração e um incêndio de grandes proporções com consequências ambientais severas para o entorno, os resultados sugerem que os impactos dos desastres ambientais sobre os retornos das ações das responsabilizadas parecem se manifestar de forma mais acentuada em eventos recentes, ocorridos a partir de 2015. As ações das empresas responsabilizadas pelos acidentes mais recentes ocorridos a partir de 2015 apresentam retornos anormais acumulados negativos até um ano após o evento, sendo que o mesmo não se verifica nos acidentes mais antigos

1.2 Motivação

Além de analisar os impactos de desastres ambientais sobre o retorno das ações das empresas responsabilizadas à luz da Teoria da Eficiência de Mercado, o trabalho busca contribuir para a literatura fazendo uso de dados de mercado de empresas brasileiras com múltiplos eventos, nos quais estudos futuros possam se basear. Trabalhos anteriores como os de Araújo, Soares, e Abreu (2018), Souza et al. (2020), Barcellos (2018), Dias et al. (2018), Nogueira e Angotti (2011) estudaram acidentes ambientais isoladamente ou se concentram na análise de empresas causadoras de acidentes ambientais isoladamente, assim como os estudos de Santos e Pagnussat (2020) e Viezorkosky (2011).

Até que ponto o mercado de ações pode motivar as empresas a adotar melhor segurança corporativa ou comportamento ambiental permanece uma questão fundamental, de acordo com Karpoff et al. (2005).

Espera-se que os resultados deste estudo também sejam relevantes para investidores, administradores e legisladores. Investidores, poderão refletir, baseando-se nos resultados apresentados, sobre o impacto de acidentes ambientais no retorno das ações das empresas responsabilizadas.

Administradores de empresas individuais podem se beneficiar dos resultados desta pesquisa. A empresa pode se tornar um alvo repentino de aquisição pela queda significativa no preço das ações e pode ainda se tornar pária ambiental. A remuneração dos administradores pode estar atrelada ao retorno das ações e estes ainda respondem pessoalmente civil e criminalmente pelos acidentes.

Dasgupta, Laplante, e Mamingi (2001) observam que se as ações de uma empresa sofrem penalidade severa em seu valor após evidências de fraquezas corporativas no controle de riscos, então o mercado pode ser visto como um complemento ou um substituto para as ações regulatórias. Sendo as penalidades complementares ou substitutivas às ações regulatórias, legisladores devem se beneficiar dos resultados deste trabalho.

Desta forma pretende-se responder a seguinte questão de pesquisa: **Qual o impacto de desastres ambientais sobre os retornos das ações das empresas responsabilizadas no curto e médio prazo?**

1.3 Objetivos

O objetivo geral deste trabalho é estudar o impacto de desastres ambientais no retorno das ações das empresas responsabilizadas no curto e médio prazo.

Espera-se que a assimetria informacional gere desvios nos preços de ativos financeiros. Assim, o estudo de evento permite que se teste a existência e significância de retornos anormais (CAR) inferiores após a ocorrência de desastres ambientais em empresas de capital aberto. Este impacto nos preços das ações pode ocorrer de duas formas. Primeiro, os preços das ações podem ser ajustados. Mudanças nas projeções de fluxo de caixa associadas aos acidentes ambientais são descontadas no valor das ações da empresa e podem refletir em retornos anormais. Outra maneira pela qual as ações podem ser impactadas é por meio de uma mudança no risco. O risco total de uma ação é refletido por meio de seu desvio padrão dos retornos. Uma parte desse risco está correlacionada com a volatilidade dos retornos para o mercado de ações em geral. Essa parte é o risco sistemático da ação, ou beta.

Uma metodologia para analisar o impacto que desastres ambientais geram nos retornos das ações das empresas responsabilizadas é conhecida como Estudo de Eventos. A partir desta metodologia, serão estudados os impactos ocorridos no mercado e suas respectivas mudanças, que culminam a partir dos eventos foco de análise.

Em nosso estudo, a hipótese nula é de que os retornos anormais cumulativos médios (CARs) ao longo de uma janela de eventos após anúncio de um acidente ambiental são iguais a zero.

Portanto temos as seguintes hipóteses formuladas:

H0₁: O mercado brasileiro não incorpora a ocorrência de desastres ambientais nos preços das ações.

H1₁: O mercado incorpora a ocorrência de desastres ambientais nos preços das ações de empresas brasileiras, gerando retornos anormais (negativos) após os eventos estudados.

H0₂: O mercado brasileiro não incorpora a ocorrência de desastres ambientais nos preços das ações.

H1₂: O mercado incorpora a ocorrência de desastres ambientais nos preços das ações de empresas brasileiras, aumentando a volatilidade dos retornos das ações após os eventos estudados.

A pesquisa foi estruturada inicialmente com a introdução. No segundo capítulo realizou-se a revisão da literatura. No terceiro capítulo contemplou-se a metodologia utilizada para responder o problema de pesquisa, as janelas estabelecidas e a abordagem dos dados dos indicadores de volatilidade. O capítulo quarto apresentou os resultados obtidos, e finalmente as considerações finais a partir dos achados encontrados.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Desastre Ambiental

O conceito de desastre vem disciplinado no Decreto n. 7.257/2010, da Presidência da República. O referido Decreto dispõe sobre o Sistema Nacional de Defesa Civil - SINDEC, ou seja, expõe acerca do reconhecimento de emergência e estado de calamidade pública, sobre as transferências de recursos para ações de socorro, assistência às vítimas, restabelecimento de serviços essenciais e reconstrução nas áreas atingidas por desastre (Decreto n. 7.257, 2010).

Deste modo, através do conceito de desastre previsto no artigo 2º, II, do mencionado Decreto, entende-se como o resultado de eventos adversos, naturais ou provocados pelo homem sobre um ecossistema vulnerável, que causa danos humanos, materiais ou ambientais e consequentes prejuízos econômicos e sociais (Decreto 7.257, 2010).

Diante disso, tem-se que os desastres são classificados em duas espécies, levando em consideração as causas que os originam, de modo que há os desastres naturais e os desastres antrópicos. Assim, os primeiros são os decorrentes de fenômenos naturais, atribuíveis ao exterior do sistema social, de maneira que englobam os fenômenos meteorológicos, geofísicos, climatológicos e biológicos causadores de impactos de grande magnitude no meio ambiente. Já os segundos, são os provenientes de ações do homem na natureza, como os tecnológicos e os sociopolíticos (Damascena & Carvalho, 2013).

Este trabalho visa estudar acidentes ambientais antrópicos, ou seja, desastres ambientais provenientes da ação humana, causados por empresas.

2.2 Desastres Ambientais e custos para as responsabilizadas

O direito ao meio ambiente equilibrado vem disciplinado no artigo 225 da Constituição Federal, o qual traz em seu teor que este direito é de uso comum do povo e essencial para a sadia qualidade de vida. Dessa forma, também relata que é dever do Poder Público, bem como da coletividade, defender o meio ambiente e preservá-lo para as gerações futuras.

No que tange aos princípios voltados à tutela do meio ambiente, destacam-se o princípio da prevenção e o princípio do poluidor-pagador (Pretel, Vasconcelos, & Oliveira, 2020).

O princípio 16 da Declaração do Rio de Janeiro sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento de 1992 é mais comumente denominado de “poluidor-pagador” (Limmer, 2018). O princípio consiste em um conjunto de regras de direito ambiental que representa a imposição ao poluidor a arcar com os custos da reparação do dano por ele causado ao meio ambiente (Silva, Paula, & Almeida, 1988).

A Lei da Política Nacional do Meio Ambiente – Lei n. 6.938/1981 enuncia entre seus objetivos previstos no artigo 4º, VII, “à imposição, ao poluidor e ao predador, da obrigação de recuperar e/ou indenizar os danos causados, e ao usuário, de contribuição pela utilização de recursos ambientais com fins econômicos”, bem como introduziu a responsabilidade civil objetiva ambiental em seu artigo 14, §1º ao dizer que “[...] é o poluidor obrigado, independentemente da existência de culpa, a indenizar ou reparar os danos causados ao meio ambiente e a terceiros, afetados por sua atividade” (Russo, n.d.).

De acordo com Limmer (2018) além de sancionatório, outras duas acepções do princípio poluidor-pagador tomaram forma: a preventiva e, recentemente, a econômica. Além de sua cristalina faceta punitiva o princípio possui um caráter pedagógico: a sanção pecuniária deve ter valor expressivo, para que o degradador se cerque de todos os cuidados, a fim de evitar que seja cometido novamente o ato danoso ao meio ambiente (Limmer, 2018). Ou seja, além dos custos imediatos para a empresa como os já citados, perdas em seus ativos e custos com reparação de danos pessoais e ambientais, as imputadas em acidentes ambientais podem vir a ter custos discricionários, determinados pela justiça, de acordo com o ordenamento jurídico vigente.

2.3 Eficiência de Mercado

2.3.1 Hipótese de Eficiência de Mercado

A Hipótese de Mercado Eficiente (HME) constitui um dos pilares da Moderna Teoria de Finanças. Sua origem e desenvolvimento se deram no decorrer do século passado, principalmente a partir de modelos econômicos desenvolvidos ao longo da década de 60, segundo Camargos e Barbosa, (2003), porém a Hipótese de Mercado Eficiente (HME) foi desenvolvida e apresentada principalmente por Fama (1970) prosseguindo o desenvolvimento da pesquisa realizada por Fama et al. (1969).

Fama (1970) formalizou a Hipótese de Eficiência de Mercado, caracterizando-a como um conjunto de conceitos, em que o mercado eficiente é aquele em que os preços dos títulos refletem instantaneamente todas as informações relevantes disponíveis.

Nas duas décadas seguintes, diversos autores apresentaram controvérsias à validade das hipóteses apresentadas por Fama (1970), apresentando algumas evidências da literatura que indicam efeitos não explicados pela Hipótese de Eficiência de Mercado, tais como anomalias de mercado e oportunidades de antecipação e arbitragem (Santos, 2017).

Black (1986) afirma que a presença de investidores irracionais no mercado, que tomam decisões de investimentos baseadas em ruídos e não em informações concretas sobre os ativos, cria oportunidades para investidores racionais. Posteriormente, de acordo com De Long, Shleifer, Summers, e Waldmann (1990), as expectativas irracionais dos investidores afetam a dinâmica de preços dos ativos, causando impacto no ambiente de atuação dos arbitradores e na relação entre os diferentes investidores, induzindo a erros de precificação dos ativos. Nesse período de interseção, Fama (1972) afirma que o gestor atua por meio da seletividade de ativos e *market timing* para acessar retornos. De acordo com Dias et al. (2018) *market timing* pode ser entendido como a capacidade do gestor em antecipar movimentos de mercado aproveitando oportunidades em ativos mal precificados. Nesse cenário, há estudos na literatura que observam retornos superiores aos de equilíbrio de mercado pela gestão ativa de carteiras, como o de Milan (2017), que mostra evidências de que, apesar dos maiores custos incorridos pela gestão ativa, os fundos tendem a apresentar maiores retornos.

Com base em conceitos e novos aspectos obtidos durante as duas décadas de interstício entre as hipóteses, Fama (1991) posteriormente apresentou uma nova conceituação para classificar os mercados, agora com um embasamento mais econômico, onde foram revistos os conceitos de custo das informações e de transações serem iguais a zero. Na nova hipótese de eficiência de mercado é considerado que o preço de uma ação reflete integralmente a informação, somente enquanto o benefício marginal, ou lucro a ser obtido com aquela ação superar o custo marginal daquela transação (Santos, 2017).

Na operacionalização do conceito da eficiência do mercado, segundo Fama (1970), definiram-se três formas de eficiência, considerando o subconjunto de informações disponíveis, diferenciando-as quanto à relevância no processo de precificação de ativos. São elas: fraca (preços refletem completamente as informações sobre o histórico do comportamento dos preços dos títulos); semiforte (preços refletem além do histórico do comportamento dos preços, todas as informações publicamente disponíveis); e forte (preços refletem todas as informações disponíveis: históricas, públicas e privadas) (Camargos & Barbosa, 2015).

A HEM, na sua forma fraca, indica que o mercado incorpora completamente as informações sobre os preços passados dos títulos. Ou seja, retornos anormais não podem ser obtidos baseados nas expectativas de que os preços passados são bons sinalizadores. Segundo Fama (1970), o pressuposto fundamental dessa forma de eficiência é o de que os retornos esperados em condições de equilíbrio são formados a partir do conjunto de informações disponíveis, que está completamente refletido nos preços.

A HEM, na sua forma semiforte, indica que os preços refletem não apenas o histórico do comportamento de preços, como também todas as informações disponíveis publicamente

demonstrativos financeiros e outras publicações periódicas e não-periódicas). Nenhum investidor consegue obter retornos extraordinários baseado em informações públicas, pois os preços se ajustam rapidamente às novas informações divulgadas.

A HEM, na sua forma forte, indica que os preços refletem todas as informações existentes no mercado (históricas, públicas e privadas). Assim, um *insider*, de posse de informações privadas, não conseguiria auferir retornos extraordinários, pois o ajuste dos preços no mercado é instantâneo.

A tabela 1 compara as três formas de eficiência:

Tabela 1

Formas de eficiência de mercado

Forma de eficiência	Informação utilizada	Descrição
Fraca	Preços do passado. Movimentos históricos no preço das ações e no volume de negócios.	Nenhum investidor consegue obter retornos anormais por meio da análise dos preços passados. As informações contidas nos preços passados não são úteis ou relevantes na obtenção de retornos extraordinários.
Semiforte	Informações públicas. Recomendações de analistas e outras informações públicas.	Nenhum investidor consegue obter retornos anormais baseados em qualquer informação publicamente disponível. Qualquer nova informação seria rapidamente incorporada aos preços dos ativos, impossibilitando que os investidores se utilizassem da informação para obter retornos anormais.
Forte	Qualquer informação pública e informações privilegiadas	Nenhum investidor consegue obter retornos anormais usando qualquer tipo de informação, até mesmo as confidenciais, que não são de conhecimento público

Nota. Adaptado de Fama (1970).

2.4 Estudo de Eventos em Finanças

2.4.1 Concepção

Um estudo de eventos consiste na mensuração, análise e compreensão teórica e prática do efeito que um determinado evento pode ter sobre informações específicas de algumas empresas (normalmente de capital aberto) em consonância com o preço de suas ações (Camargos & Barbosa, 2015). É um método padrão utilizado em finanças para explorar os efeitos de eventos específicos que surgem após anúncios ao mercado. O estudo assume que os retornos das ações individuais podem ser previstos ao longo do tempo em relação ao retorno de mercado. Com base nessa suposição, podemos avaliar a diferença entre os retornos previstos e os realizados – diferença esta apresentada na forma de retornos anormais. A hipótese de nenhum impacto do evento é rejeitada se os retornos anormais forem estatisticamente diferentes de zero. Ao se rejeitar a hipótese nula, encontra-se indícios de uma influência significativa do evento sobre os retornos das ações. Apesar de a metodologia de estudo de eventos haver sido desenvolvida por

pesquisadores da área financeira, a mesma tem sido amplamente utilizado em outras áreas das ciências sociais (Sorescu et al., 2017).

De acordo com Santos (2017), trata-se basicamente de uma metodologia utilizada para comprovação de eficiência de mercados, onde são realizados testes dos preços das ações de determinadas empresas ao serem divulgadas informações ao mercado, e seu ajuste no tempo, sugerindo uma forma semiforte de ajustamento dos preços das ações ao anúncio realizado.

Segundo Mackinlay (1997) a metodologia do estudo de eventos é bastante antiga e vem, ao longo do tempo, sendo sofisticada.

Estudos que examinam o efeito de eventos no valor da empresa datam da década de 1930, quando James Dolley examinou o efeito dos desdobramentos de ações sobre os preços das ações (Dolley 1933; MacKinlay, 1997).

Em 1968, foi divulgado no meio acadêmico a pesquisa considerada divisora de águas de consistência metodológica e estatística para o método de estudo de eventos. Ball e Brown (1968) analisaram o comportamento do mercado frente à divulgação de demonstrativos financeiros das organizações e compararam os resultados apresentados com a oscilação do preço das ações dessas organizações. Os resultados da pesquisa demonstraram que as informações contidas nos relatórios anuais são relevantes e relacionadas aos preços das ações, bem como que não há oportunidade para retornos anormais uma vez que a informação se torna disponível de maneira generalizada.

Ainda de acordo com Mackinlay (1997), os trabalhos de Ball e Brown (1968) e Fama (1970) introduziram a metodologia que é essencialmente utilizada atualmente. Eugene Fama ao revisar as evidências em favor de mercados eficientes afirma que muito do que sabemos sobre finanças corporativas vem de estudos de eventos (Fama, 1991).

Segundo Corrado (2011), ninguém sabe ao certo quantos artigos foram realmente publicados. Somente em finanças, uma revisão conduzida por Kothari e Warner (2007) identificou mais de 500 estudos de eventos publicados entre 1974 e 2000.

2.4.2 Estudos de eventos de Desastres Ambientais

Visando analisar a reação dos investidores a eventos ambientais positivos e negativos, Brito (2005) verificou se o mercado acionário brasileiro de capital aberto reagiu nos últimos anos eventos relacionados ao meio ambiente. A metodologia utilizada foi o estudo de eventos. O autor concluiu que no período de 1997 a 2004, o mercado não reagiu ao *disclosure* ambiental positivo, mas reagiu à divulgação de informações ambientais negativas.

Karpoff et al. (2005) investigaram as penalidades impostas às empresas que violaram os regulamentos ambientais, para isso examinaram 478 casos de infrações ambientais divulgados no The Wall Street Journal no período de 1980 a 2000 e encontraram indícios de que as empresas investigadas ou acusadas de violar as normas ambientais obtiveram reduções estatisticamente significativas no valor de suas ações. Para os anúncios referentes aos acidentes ambientais, o retorno médio anormal das ações foi de -1,69%, apresentando estatística t de -3,25. Para anúncios de acusações movidas contra a empresa, o retorno médio das ações anormal foi -1,58, com uma estatística t de -3,80. Esses resultados confirmam a conclusão de Laguna e Capelle-Blancard (2010) de que o *disclosure* ambiental negativo influencia negativamente no valor das ações.

Outro estudo realizado no Brasil, trata-se de Nossa (2002), buscando analisar a relação entre o retorno anormal e a performance social e ambiental das empresas, com ações negociadas na Bovespa, o qual percebeu que a divulgação de informações ambientais não influencia o preço das ações das companhias brasileiras, isto é, não influenciam o retorno anormal

No mercado americano, Laguna e Capelle-Blancard (2010) verificaram a reação do mercado acionário com a divulgação de 64 desastres químicos, no período de 1990-2005, e perceberam que no dia da divulgação do acidente ambiental houve uma queda de 1% no valor de mercado da companhia e 1,40% na primeira semana do ocorrido.

Nogueira e Angotti (2011) analisaram a influência da divulgação de vazamentos de petróleo no preço das ações das empresas do setor petrolífero: Shell, British Petroleum, Petrobrás e Chevron, entre 2000 e 2010. Os autores constataram que o *disclosure* ambiental negativo influencia a decisão de compra e venda dos acionistas.

Mendes (2012) analisou o *disclosure* involuntário negativo, na volatilidade das ações, no período de 1995 a 2010. Os achados do estudo evidenciaram que o *disclosure* involuntário negativo não impacta o preço das ações, contrastando com o resultado encontrado por Brito (2005). Essas divergências de resultados podem ser justificadas pelas métricas utilizadas, pois enquanto Mendes (2012) utilizou a volatilidade, Brito (2005) utilizou o retorno anormal das ações.

Milone (2013) em estudo referente ao acidente ambiental da Petrolífera Deepwater Horizon em 2010, operada pela britânica British Petroleum (BP), analisa a resposta do mercado após o evento e, sobre a ligação entre risco ambiental e risco financeiro, afirma estarem relacionados, uma vez que os acidentes resultam em custos na forma de multas e ações corretivas, custos estes que podem ser significativos. Desta forma, o investimento em políticas ambientais tem sido uma alternativa para prevenir possíveis perdas. Concluiu-se que houve um impacto significativo sobre o preço das ações da BP, apresentando uma queda de até 55% de seu valor.

Pereira e Vendruscolo (2017) analisaram os impactos econômicos e financeiros das empresas responsáveis pelo acidente ambiental em Mariana. Utilizando o critério de intencionalidade, selecionaram as três empresas envolvidas no acidente, sendo elas: Samarco S.A., BPH Billiton LTDA. e Vale S.A. Sobre o impacto econômico sofrido por cada uma delas, os autores concluíram que a Vale S.A. foi a menos afetada economicamente.

Em estudo semelhante Araújo et al. (2018), analisando a reação do mercado de capitais após o acidente da Barragem em Mariana/MG em 2015, afirmam que os impactos não foram suficientes para influenciar imediatamente o valor das ações da Vale. É possível que esta demora na resposta dos investidores se deu pelo fato da sociedade, em um modo geral, não assimilar de imediato a gravidade da situação.

Em nosso estudo de eventos a hipótese nula é de que os retornos anormais cumulativos médios (CARs) ao longo de uma janela de eventos após anúncio de um acidente ambiental são iguais a zero.

Portanto temos as seguintes hipóteses formuladas:

H0₁: O mercado brasileiro não incorpora a ocorrência de desastres ambientais nos preços das ações.

H1₁: O mercado incorpora a ocorrência de desastres ambientais nos preços das ações de empresas brasileiras, gerando retornos anormais (negativos) após os eventos estudados.

H0₂: O mercado brasileiro não incorpora a ocorrência de desastres ambientais nos preços das ações.

H1₂: O mercado incorpora a ocorrência de desastres ambientais nos preços das ações de empresas brasileiras, aumentando a volatilidade dos retornos das ações após os eventos estudados.

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

3.1 Estratégia de pesquisa

Esta pesquisa pode ser considerada do tipo descritiva ao ter como objetivo principal a descrição das características de determinado fenômeno (desastres ambientais) e o estabelecimento de relações entre variáveis. Trata-se também de uma pesquisa de caráter quantitativo, baseada em dados secundários, cujo objetivo foi identificar o comportamento do mercado de capitais quando da ciência de desastres ambientais no intuito de aferir a sua eficiência na forma semiforte.

Trata-se de pesquisa aplicada, pois tem por objetivo investigar, comprovar ou rejeitar hipóteses sugeridas pelos modelos teóricos (Rodrigues, 2007).

3.2 Método do Estudo de Eventos

Campbell, Lo e MacKinlay (1997) descrevem as etapas de um estudo de evento conforme a tabela 2:

Tabela 2

Etapas de um estudo de evento

Descrições das etapas
(1) Definição do evento Consiste em definir o evento e sua data de ocorrência, denominada de data zero.
(2) Critérios de seleção Deve ser selecionada a janela do evento (L1), que é o período em que serão observados os preços dos títulos. A janela do evento abrange um período subsequente ao anúncio, para captar as reações após o evento, detectando evidências da velocidade e precisão do ajuste dos preços à nova informação liberada ao mercado; e um período anterior ao anúncio quando se admite a possibilidade de vazamento de informações, também denominadas de informações privilegiadas.
(3) Retornos normais e anormais Tal etapa envolve a escolha do critério de mensuração dos retornos normais e anormais. Para isso, são utilizados modelos para a estimação dos retornos normais, classificados como estatísticos (modelo de mercado, por exemplo) ou econômicos (CAPM, por exemplo). $ARit = Rit - E(Rit Xt)$ <i>ARit</i> : retorno anormal do ativo i na data t; <i>Rit</i> : retorno real do ativo i na data t; <i>E(Rit Xt)</i> : retorno estimado do ativo i na data t, dado o retorno de <i>Xt</i> , representando o comportamento do mercado.
(4) Procedimento de estimação Nesta etapa deve-se definir a janela de estimação (L0) que será utilizada para calcular os parâmetros do modelo de determinação dos retornos normais.
(5) Procedimentos de teste A quinta etapa corresponde ao procedimento de teste, em que é realizado o cálculo dos retornos anormais. Nesse momento também se define a hipótese nula e as técnicas para a agregação dos retornos anormais.
(6) Resultados empíricos Esta etapa compreende a apresentação dos resultados empíricos obtidos com o emprego da metodologia
(7) Interpretações e conclusões Nesta etapa final é o momento da interpretação dos resultados encontrados, respeitando-se o desenho econométrico, com a observação de possíveis influências de outliers, principalmente em estudos baseados em pequenas amostras.

Nota: Campbell et al. (1997).

3.2.1 Definição dos Eventos

A tarefa inicial ao conduzir um estudo de evento é definir o evento de interesse e identificar o período durante o qual os preços dos títulos das empresas envolvidas neste evento serão examinados - a janela do evento (MacKinlay, 1997).

Os eventos, conforme anteriormente mencionado, são acidentes ambientais de grande visibilidade, tendo em vista o impacto imediato que causam nos preços das ações das empresas envolvidas quando do seu anúncio. Serão objetos deste estudo somente as companhias de capital aberto que foram responsabilizadas por grandes acidentes ambientais entre janeiro/2000 e dezembro/2020, e cujas ações estavam listadas na Bovespa.

Deste modo a data dos eventos será a data de quando a informação do desastre ambiental ficou disponível para o mercado, podendo coincidir ou não com a data do desastre em si.

3.2.2 Critérios de seleção da amostra

Nesta etapa explicitam-se os critérios de seleção da amostra e janela dos eventos. Os critérios podem estar relacionados à presença ou não de empresas em uma base de dados ou lista (Soares et al., 2002).

Para selecionar os acidentes ambientais optou-se pela pesquisa livre, realizada na internet, através da ferramenta de busca ‘Google’ com o seguinte termo “maiores acidentes ambientais do Brasil”. Em análise das dez primeiras páginas, de acordo com a tabela 3, elaborada pela autora, obtivemos os seguintes resultados:

Tabela 3

Maiores acidentes ambientais do Brasil

Ano	Acidente	Responsabilizado	Listado B3
1984	Incêndio na Vila Socó Cubatão - SP	Petrobrás	Sim
1987	Vazamento de Césio 137 - GO	Instituto Goiano de Radioterapia	Não
2000	Vazamento de óleo na Baía de Guanabara - RJ	Petrobrás	Sim
2000	Vazamento de óleo em Araucária - PR	Petrobrás	Sim
2001	Explosão plataforma P36 na Bacia de Campos - RJ	Chevron	Não
2003	Vazamento de barragem em Cataguases - MG	Indústria Cataguases de Papel	Não
2007	Rompimento de barragem em Mirai - MG	Rio Pomba Cataguases	Não
2011	Chuvas na região serrana - RJ	Poder Público	Não
2011	Vazamento de óleo Bacia de Campos - RJ	Chevron	Não
2015	Incêndio em tanques da Ultracargo em Santos - SP	Ultrapar	Sim
2015	Rompimento de barragem de mineração em Mariana - MG	Vale e BHP Billiton	Sim
2019	Rompimento de barragem de mineração em Brumadinho - MG	Vale	Sim

Como vemos na tabela 3, são considerados os maiores acidentes ambientais do Brasil, 12 acidentes. Dois acidentes, o incêndio na Vila Socó em Cubatão causado pela Refinaria Presidente Bernardes da Petrobrás e o vazamento de Césio 137 em Goiás, são anteriores à janela do trabalho e o segundo causado por uma empresa não listada na Bovespa. Dos outros 10 acidentes, 5 acidentes tiveram como responsabilizadas 3 empresas listadas na Bovespa: Petrobrás, Ultrapar e Vale.

Dois acidentes, causados pela Petrobrás, são derramamentos de óleo. Entre as várias substâncias que degradam o ambiente marinho, os derrames acidentais de petróleo e de seus derivados figuram entre os mais preocupantes, uma vez que envolvem diversas fases com atividades complexas, por exemplo: exploração, refinamento, transporte e operações de armazenamento de petróleo e seus derivados (Gabriel et al., 2013).

Dois acidentes, causados pela Vale, são rompimentos de barreiras de resíduos tóxicos de mineração. O quinto acidente, menos usual, é um incêndio de grandes proporções em tanques de combustíveis que ocasionou o despejo de milhares de litros de água contaminada com material tóxico, na Baía de Santos em São Paulo.

Os 5 acidentes a serem analisados neste estudo de eventos são os descritos a seguir.

3.2.2.1 Vazamento de óleo – Baía da Guanabara – Rio de Janeiro – janeiro de 2000

Na madrugada de 18 de janeiro de 2000¹, o duto PE-II da Petrobras, pelo qual o óleo combustível da Refinaria de Duque de Caxias (Reduc) era transportado à Ilha d'Água, sofreu uma ruptura que ocasionou o vazamento de aproximadamente 1,3 milhão de litros de óleo diretamente na Baía de Guanabara (Inea, 2018).

Uma área total de aproximadamente 135 km² foi atingida, segundo Kampel e Amaral (2001).

...entre os impactos ambientais causados, destacam-se os danos às florestas de mangue, onde ocorrem diversas espécies. Os caranguejos, por exemplo, que habitam o substrato lamoso do mangue, foram severamente afetados. Por causa da magnitude do acidente, o tempo de recuperação dos ecossistemas atingidos estava estimado em uma década. Inúmeros animais morreram, vegetações foram completamente perdidas e pescadores ficaram meses sem poder pescar, o que estendeu os impactos da tragédia ao campo social. Até hoje, grupos de pescadores lutam na Justiça por indenização (Inea, 2018).

A mancha de óleo se estendeu por uma faixa superior a 50 quilômetros quadrados, atingindo o manguezal da área de proteção ambiental de Guapimirim, praias banhadas pela Baía de Guanabara, inúmeras espécies da fauna e flora, além de provocar graves prejuízos de ordem social e econômica a população local (Ciotti et al., 2009).

Nesse ambiente, o óleo pode persistir por 10 a 20 anos e, nesse processo, algumas espécies podem ser dizimadas de tal forma que estariam, praticamente, extintas. Além disso, os habitantes dessas áreas foram duramente atingidos com o desastre ecológico, cerca de 30 mil pessoas das comunidades de pescadores que habitam o entorno da Baía de Guanabara, privados de suas fontes de sobrevivência, cujas atividades já eram difíceis, face aos ecossistemas estarem em avançado estágio de degradação (Monteiro, 2003).

3.2.2.2 Vazamento de óleo – Rios Barigui e Iguaçu – Araucária – Paraná – julho de 2000

Em 16 de julho de 2000, aconteceu um acidente na Refinaria Presidente Getúlio Vargas (REPAR), localizada no Município de Araucária, sul do Brasil, e envolveu um derramamento de cerca de quatro milhões de litros de óleo cru (25.160 barris). Esse foi considerado o maior derramamento de óleo em área continental na história do Brasil (Puerari, 2011). Apesar do uso de barreiras de contenção, o óleo escorregadio alcançou até 45 km rio abaixo de um pequeno riacho (Arroio Saldanha) e dois rios importantes da região (Rio Barigüi e Rio Iguaçu) (Pilchowski, 2012).

3.2.2.3 Incêndio Porto de Santos – São Paulo – abril de 2015

O incêndio da Ultracargo, subsidiária da Ultrapar, foi o maior incêndio registrado na história do Porto de Santos e registrado pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Os

¹ Em janeiro de 2000, houve o rompimento de um duto da Petrobrás que deveria levar óleo combustível para a Refinaria Duque de Caxias (REDUC). Por quatro horas, 1,3 milhão de litros de óleo se misturaram às águas da Baía de Guanabara no Rio de Janeiro, causando danos aos manguezais da região e a morte dos peixes, crustáceos e aves marinhas. O relatório oficial da empresa deduz que o duto se rompeu por fadiga de material. O problema teria decorrido de um erro de projeto e de uma falha no programa de computador que controla o transporte de óleo. Se o programa tivesse funcionado, o vazamento seria detectado num prazo máximo de meia hora. Não funcionou, e o desastre demorou quatro horas para aparecer nos monitores (Petrobrás, 2000).

estragos causados pelo incêndio acarretaram danos ambientais e econômicos à comunidade de pescadores do entorno do terminal. De acordo com a denúncia apresentada pelo Ministério Público Federal (MPF) de Santos, a empresa Terminal Químico de Aratu S/A, subsidiária da Ultracargo foi denunciada pela poluição do ar, do mar e do solo causada pelo incêndio no centro de transferência de combustíveis da empresa que afetou seis tanques de combustíveis, durante oito dias (Santos, 2018). Ademais, com base na reportagem de Lyra (2015), o gerente da CETESB na Baixada Santista, alegou que o combate ao incêndio acarretou significativas alterações na qualidade de água. Isto ocorreu em decorrência do material despejado no Estuário do Porto de Santos que alterou a temperatura e saturação do oxigênio na água. Por conseguinte, de acordo com o relatório pericial criminal federal solicitado pelo Ministério Público Federal, ocasionou a morte de, aproximadamente, nove toneladas de peixes de 142 espécies, dos quais 15 encontram-se ameaças de extinção.

3.2.2.4 Rompimento de barragem de mineração – Mariana – Minas Gerais – de 2015

Em 5 de novembro de 2015, ocorreu na cidade de Mariana, em Minas Gerais, o rompimento da barragem de Fundão, que era de responsabilidade da Samarco, sendo ela controlada pela Vale e pela britânica BHP Billiton. O desastre foi classificado como a maior tragédia ambiental da história brasileira até aquele momento (Costa, 2015). Este episódio destruiu a vegetação nativa, poluiu a bacia do Rio Doce, afetou mais de 40 municípios de Minas Gerais e Espírito Santo, além de deixar 19 mortos. Segundo o Inquérito da Polícia Federal foram devastados 1.176,44 hectares de mata (Cherem, 2016). Para efeito deste trabalho a responsabilizada será a Vale, que possui suas ações negociadas na B3.

3.2.2.5 Rompimento de barragem de mineração – Brumadinho – Minas Gerais – janeiro de 2019

O rompimento de barragem em Brumadinho em 25 de janeiro de 2019 foi o maior acidente de trabalho no Brasil em perda de vidas humanas².

No primeiro dia já se sabia que 13 milhões de m³ de rejeitos da mineração haviam sido lançados no meio ambiente. Após um mês de buscas, o número de óbitos ultrapassa 300, com 179 corpos localizados e 131 pessoas desaparecidas. Nesse caso específico, o termo “desaparecidos” pode representar também a tentativa de diminuir a magnitude do evento, já que não há esperança de encontrar esses indivíduos vivos decorrido mais de um mês do evento (Freitas et. al, 2019).

Foi um dos maiores desastres ambientais da mineração do país, depois do rompimento de barragem em Mariana. Controlada pela Vale, a barragem de rejeitos denominada barragem da Mina Córrego do Feijão, era classificada como de "baixo risco" e "alto potencial de danos" pela empresa. Acumulando os rejeitos de um mina de ferro, ficava no ribeirão Ferro-Carvão, na região de Córrego do Feijão, no município de Brumadinho, estado de Minas Gerais. O desastre industrial, humanitário e ambiental causou a morte de 259 pessoas e o desaparecimento de outras 11.

² Brumadinho, Minas Gerais. Sexta feira, 25 de janeiro de 2019, 12h 28min 25s, rompe a barragem de rejeitos (B1) da mina Córrego do Feijão, da mineradora Vale S.A. Imediatamente após, o presidente da empresa, Fabio Schvartsman, declarava “o dano ambiental será muito menor que o de Mariana, mas a tragédia humana deverá ser maior.” BARRAGEM se rompe e casas são atingidas em Brumadinho, Grande BH. (2019, Janeiro 25). *Folha de S.Paulo*, Cotidiano.

3.2.3 Retornos normais e anormais

A forma de cálculo dos retornos é um dos pontos mais importantes em um estudo de evento, uma vez que é com base na constatação da existência de retornos anormais que o pesquisador pode vir a inferir algo sobre a influência do evento nos preços dos títulos da empresa (Soares et al., 2002). Para Brown e Warner (1980, 1985), só se pode considerar “anormal” um retorno observado que será comparado com um retorno de benchmark, ou seja, com um retorno estimado. O retorno anormal é o retorno *ex post* real do título na janela do evento menos o retorno normal da empresa na janela do evento (MacKinlay, 1997).

Segundo MacKinlay (1997), os modelos utilizados para medir os retornos anormais podem ser divididos em duas categorias: estatísticos e econômicos. Os modelos estatísticos partem de premissas puramente estatísticas e não dependem de argumentos econômicos. Em contraste, os modelos da segunda categoria baseiam-se em suposições relativas ao comportamento dos investidores e não se baseiam apenas em suposições estatísticas.

3.2.3.1 Modelos de retorno de equilíbrio

Brown e Warner (1980, 1985) apresentam três métodos de mensuração de retornos anormais que, conforme Mackinlay (1997), representam a compilação de modelos estatísticos de retornos de equilíbrio.

Os modelos de retorno de equilíbrio são:

- a) Retorno de Médias Constantes (Brown & Warner, 1980).

O modelo de retorno de médias constantes é o cálculo da média dos retornos observados durante o período de estimação e sua extrapolação para determinar o retorno estimado.

$$E(R_{it}) = \overline{R_{it}} = \frac{1}{n} \sum_{T_0}^{T_1} R_{it}$$

Onde, R_{it} é o retorno observado do ativo i no momento t , e $\overline{R_{it}}$ durante o período de estimação ($T_1 - T_0$).

- b) Retorno de Índice de Mercado (Brown & Warner, 1980).

O modelo de retorno ajustado pelo mercado é quando se adota um índice de mercado como sendo o retorno normal. No caso brasileiro o índice a ser utilizado seria o índice Bovespa – o IBOV. O retorno anormal é entendido como a diferença do retorno do ativo i no período τ para o retorno do índice de mercado.

$$AR_{it} = R_{it} - R_{mt}$$

Onde, R_{it} o retorno observado do ativo i no período t .

- c) Modelo de Retorno ajustado ao Risco e ao Mercado (Brown & Warner, 1980).

O modelo de mercado é um modelo estatístico desenvolvido por Sharpe (1963) que explica o retorno de um dado título em função de uma carteira de mercado. É obtido estimando-se os

Coefficientes α_i e β_i da regressão linear entre os retornos observados da ação i no período t (R_{it}) e os retornos do mercado (R_{mt}).

O modelo geral de mercado é representado por uma regressão linear simples:

$$R_{it} = \alpha_i + \beta_i R_{mt} + \varepsilon_{it}$$

Sendo:

R_{it} : retorno do ativo i , na data t .

α_i e β_i : coeficiente de intercepto (alfa) e de declividade (beta) para o ativo i .

R_{mt} : retorno da carteira de mercado, na data t .

ε_{it} : erro para o ativo i , na data t .

Não existe consenso sobre o melhor método para medir e testar retornos anormais no médio e longo prazo (Carpentier & Surit, 2015).

Neste estudo será utilizado o modelo ajustado ao mercado. Este apesar da simplicidade do cálculo tem apresentado desempenho similar aos modelos mais sofisticados, diante das mais variadas condições, na detecção de retornos anormais (Brown e Warner, 1980). Ainda de acordo com MacKinlay (1997), modelos econômicos levam em consideração uma maior quantidade de informações, tais como o *Capital Asset Pricing Model* (CAPM), porém o modelo estatístico de mercado é preferível ao CAPM: “Devido ao fato de o potencial de sensibilidade poder ser evitado a um baixo custo utilizando o modelo de mercado, o uso do CAPM foi quase cessado” (tradução livre).

De acordo com Jenter, Lewellen e Warner (2011), usamos dados diários para poder captar o efeito de curto prazo dos eventos.

Mesmo se focarmos nos efeitos de médio prazo, não podemos negligenciar o fato de que a reação do mercado está concentrada nos dias seguintes ao anúncio. O uso de dados mensais, como feito na maioria das análises de longo prazo de novas emissões, pode mascarar esse efeito e a volatilidade associada nos retornos (Carpentier & Surit, 2015).

No caso do mercado acionário brasileiro, optou-se por utilizar o Índice Bovespa – Ibovespa, como a carteira de mercado. Assim, o retorno acionário de uma dada empresa será projetado em função do retorno verificado no Ibovespa.

3.2.3.2 Retorno Discreto e Retorno Contínuo

Soares et al. (2002) também definem dois métodos para o cálculo dos retornos das ações, capitalização discreta e capitalização contínua.

Ao se utilizar a capitalização discreta, parte-se da conjectura de que as informações chegam em instantes distintos, causando variações discretas nos preços das ações. A mensuração dos retornos na forma tradicional, pode ser definida como:

$$r = \frac{P_t}{P_{t-1}} - 1$$

Sendo P_t e P_{t-1} , preço da ação em t e em $t-1$, respectivamente.

Isto resulta, segundo Soares et al. (2002), em uma distribuição assimétrica à direita conforme a figura 1:

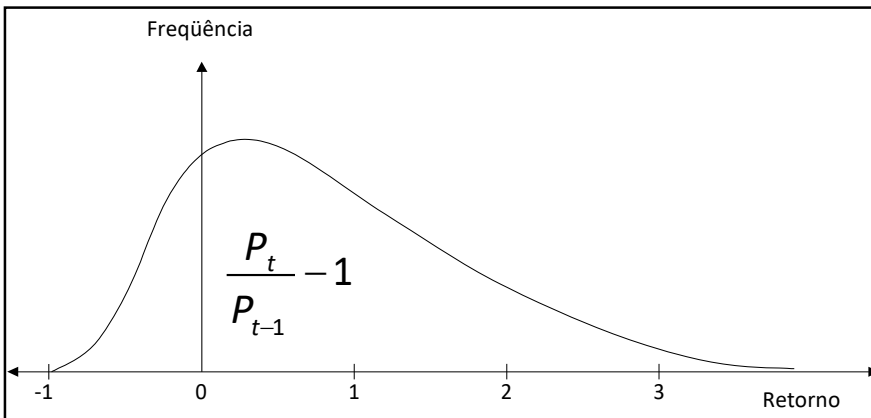


Figura 1. Distribuição assimétrica dos retornos discretos.

Nota. Soares et al. (2002).

Para Fama (1965) a utilização da capitalização contínua pressupõe que as informações de mercado aconteçam a todo momento, e que as ações reagem de forma contínua a estas informações. A forma logarítmica para os retornos (r) será definida por:

$$r = \ln\left(\frac{P_t}{P_{t-1}}\right) \text{ ou } r = \ln P_t - \ln P_{t-1}$$

Sendo P_t e P_{t-1} , preço da ação em t e em $t-1$, respectivamente.

Nessa forma, a curva relativa à distribuição de frequência dos retornos seria centrada em zero conforme Soares et al. (2002), demonstrada na figura 2:

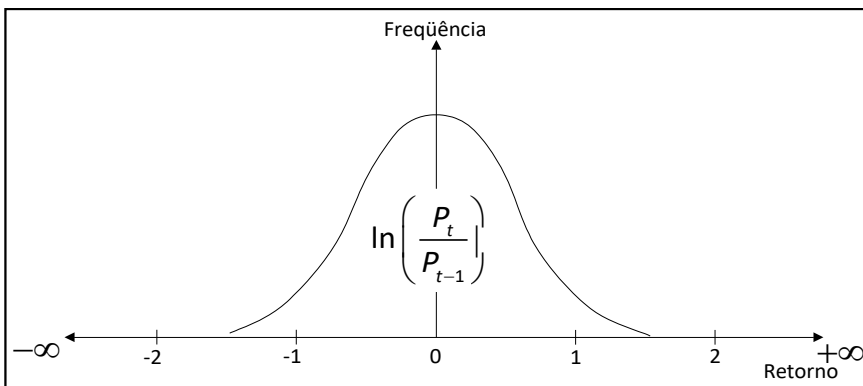


Figura 2. Distribuição simétrica dos retornos contínuos.

Nota. Soares et al. (2002).

O pressuposto do regime de capitalização contínua dos retornos implica numa distribuição simétrica, ao contrário da assimetria vista na distribuição dos retornos calculados através da fórmula discreta. Ainda Soares et al. (2002) apontam que apesar da distribuição dos retornos calculados pela fórmula logarítmica ser simétrica, isto não garante a normalidade de tal distribuição.

Fama (1965), Teichmoeller (1971) e Officer (1972) publicaram estudos sobre o formato de tal curva, encontrando elementos que comprovam que a mesma não se apresenta como uma distribuição normal.

O estudo de Praetz (1972) afirma que esta curva se aproximaria de outro tipo de distribuição padrão como a t de Student. Hagerman (1978) encontra a curva como uma mistura entre distribuições normais e de t de Student.

A simetria da curva garante uma maior aproximação da normal em comparação com a curva gerada pela distribuição dos retornos pressupondo capitalização discreta e testes estatísticos paramétricos exigem que se trabalhe com uma distribuição normal.

Sendo testes estatísticos paramétricos mais fortes do que testes estatísticos não paramétricos este trabalho se utilizará da fórmula logarítmica de cálculo.

3.2.3.3 Retorno Anormal Cumulativo

O retorno anormal cumulativo (CAR) estimado ao longo de uma determinada janela de evento representa a taxa de retorno hipotética de um investidor que compra as ações de uma empresa pelo preço de fechamento no dia anterior ao evento e vende as ações no final da janela (Carpentier & Suret, 2015).

As observações dos retornos anormais podem ser agregadas conforme Mackinlay (1993) para se realizar inferências globais. A agregação ocorre ao longo de duas dimensões, através do tempo e das ações. O conceito de um retorno anormal acumulado é necessário para se adaptar uma janela de evento com múltiplos períodos. Define-se CAR (t_1, t_2) como a amostra de retornos anormais acumulados (CAR) de t_1 a t_2 , em que o CAR de t_1 a t_2 é a soma dos retornos anormais no intervalo.

$$CAR_i(t_1, t_2) = \sum_{t=t_1}^{t_2} AR_{it}$$

CAR_i : retorno anormal acumulado do ativo i ;
 t_1 : primeiro dia da janela analisada do evento;
 t_2 : último dia da janela analisada do evento.

3.2.4 Procedimentos de estimação

Após a definição do cálculo dos retornos, deverá ser realizada a seleção das janelas de estimação e janela do evento para se efetuar os testes.

A determinação das janelas dos eventos possui alto grau de subjetividade e arbitrariedade em sua delimitação (Antonelli, Clemente, & Colauto, 2018). Camargos e Barbosa (2003) citam que as janelas não devem ser muito extensas, pois haveria o risco de se englobarem outros eventos, enviesando os resultados; também não devem ser muito pequenas, pois poderiam deixar de captar a anormalidade ocorrida nos preços.

De acordo com Mackinlay (1997), o período do evento não deve ser incluído no período de estimação para prevenir influências do evento no modelo de performance normal. A escolha mais comum, segundo o autor, quando viável, ainda é usar o período anterior à janela do evento para a janela de estimação, conforme demonstra a figura 3.

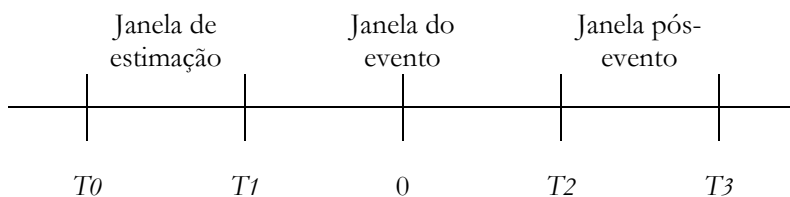


Figura 3. Linha do tempo de um estudo de eventos.

Nota. Adaptado de MacKinlay (1997).

Os tamanhos das janelas de estimação, janela de evento e janela pós-evento ou de comparação variam amplamente na literatura, bem como o conceito de curto, médio e longo prazo.

Na revisão da literatura em seu estudo, Sorescu et al. (2017) encontram estudos de evento com janelas de evento desde 1 dia, o dia do próprio evento até janelas de 10 dias, consideradas de curto prazo.

Carpentier e Suret (2015) em seu estudo comparam 161 acidentes de grandes proporções ambientais e não ambientais e determinam como médio prazo como o prazo de 1 ano da data do evento, com 240 observações. Já Sorescu et al. (2017) classificam janelas de estudo como de 6 meses a 3 anos como janelas de longo prazo.

Antonelli e Colauto (2018), em estudo que teve como objetivo analisar a influência das notícias relacionadas ao mercado de capitais na determinação da janela do evento para adesões e migrações aos Níveis Diferenciados de Governança Corporativa (NDGCs) da B3 (Brasil, Bolsa, Balcão), ao analisar o tamanho das janelas de estimação, janela de evento e janela pós-evento ou de comparação de estudos de eventos de Governança Corporativa encontraram os resultados da tabela 4.

Tabela 4
Tamanhos das janelas sobre Governança Corporativa

Autores	Janela de Estimação	Janela do Evento	Janela de Comparação
Comerlato, Terra e Braga (2002)	60 pregões	2 pregões 7 pregões 11 pregões 7 dias após 3 dias após 2 pregões antes e 2 depois	30 pregões
Carvalho (2002)	80 pregões 40 pregões	1 pregão antes e 1 depois 7 dias antes 3 dias antes	80 pregões 40 pregões
Nishi (2003)	60 pregões	5 antes e 20 depois (25 pregões)	Não utilizou
Batistella et al. (2014)	50 pregões	Vários tamanhos	Não utilizou
Camargos e Barbosa (2006)	1 e 5 (curtíssimo prazo) 21, 63 e 126 (curto prazo) 504 e 252 (longo prazo)	1 e 5 (curtíssimo prazo) 21, 63 e 126 (curto prazo) 504 e 252 (longo prazo)	Não utilizou
Costa e Camargos (2006)	1, 220 e 440 dias	1, 220 e 440 dias	Não utilizou
Nakayasu (2006)	50 pregões	14 pregões	Não utilizou
Pires (2006)	150 dias	150 dias	Não utilizou
Michalischen (2008)	90 dias	30 dias	Não utilizou
Neves e Lemes (2009)	50 pregões 1 a 504 pregões antes 1 a 252 pregões antes	14 pregões	Não utilizou 1 a 504 pregões depois 1 a 252 pregões depois
Camargos e Barbosa (2010)	1 a 126 pregões antes 1 a 63 pregões antes 1 a 21 pregões antes	0 (zero)	1 a 126 pregões depois 1 a 63 pregões depois 1 a 21 pregões depois
Colombo e Galli (2010)	252 dias	40 dias	Não utilizou

Nota. Antonelli e Colauto (2018).

Como data inicial do evento, chamada por Camargos e Barbosa (2003) de “data zero”, foi considerada a data do efetivo acidente ambiental. Assumiu-se que a data a qual o mercado recebeu a notícia é a data do evento se a Bolsa de Valores de São Paulo estava aberta e o acidente aconteceu até 15 minutos antes do encerramento do pregão. A data do evento é o dia seguinte em outros casos. Este estudo analisa as seguintes janelas 5 dias, 21 dias, 63 dias, 126 dias e 252 dias de pregões na Bolsa de Valores de São Paulo – B3, respectivamente a aproximação de uma semana, um mês, um trimestre, um semestre e uma ano.

3.2.5 Procedimentos de teste

Para se analisar os retornos anormais acumulados de todos os ativos podem ser realizados testes paramétricos ou testes não paramétricos. É uma premissa para aplicação de testes paramétricos que os retornos anormais calculados nas janelas estudadas do evento são normalmente distribuídos.

No caso deste trabalho, testou-se a normalidade de todas as séries das amostras de retornos anormais acumulados das empresas analisadas. Aplicou-se o teste de t de Student quando a amostra garantiu normalidade e o teste não paramétrico de sinais de Wilcoxon, para as séries que não apresentaram normalidade.

Os resultados obtidos são expostos e analisados no capítulo a seguir.

4. ANÁLISE E RESULTADOS

A amostra deste estudo compreendeu as ações das empresas Petrobrás, Vale e Ultrapar de maior liquidez à época do evento, a fim de verificar o impacto ocasionado pelos desastres ambientais causados pelas mesmas no período de 2009 a 2019. Utilizou-se a metodologia de estudo de evento fundamentada pela Hipótese do Mercado Eficiente. Foram calculados os CARs para cinco janelas de pregões de 5, 21, 63, 126 e 252 dias úteis para os cinco eventos estudados, equivalentes a uma semana, um mês, um trimestre, um semestre e um ano aproximadamente.

No presente estudo, o método utilizado para a coleta de dados amostrais não pode ser considerado um processo aleatório e tampouco as empresas escolhidas podem ser consideradas amostras aleatórias. Esforços foram feitos para identificar os eventos que satisfaçam a definição de acidente ambiental fornecida na seção 3.

Os resultados aqui apresentados não podem ser usados para estimar os efeitos de eventos não especificamente incluídos aqui. Acidentes ambientais, suas proporções e suas consequências, são únicos. No entanto, o objetivo deste estudo não é prever as respostas do mercado de ações a eventos futuros. O objetivo é examinar e identificar padrões e sensibilidades de comportamento das ações das responsabilizadas nos acidentes ocorridos, bem como fornecer uma base de conhecimento brasileira para que as pesquisas de Mercado examinem os fatores que contribuem para essa sensibilidade. Os *insights* decorrentes desta análise, no entanto, podem ser incorporados em estudos futuros que produzirão informações para uso em modelos preditivos.

4.1 Análise dos retornos anormais acumulados nas janelas

Visando conceituar a análise dos retornos nas janelas comparativas dos eventos foram plotadas as informações necessárias em gráficos, contendo as séries dos retornos anormais acumulados de modo a facilitar o entendimento da análise dos retornos nas janelas de comparação dos eventos.

4.1.1 Retornos anormais acumulados da janela de 5 dias:

Os resultados para a janela de evento de 5 dias são apresentados na figura 4:

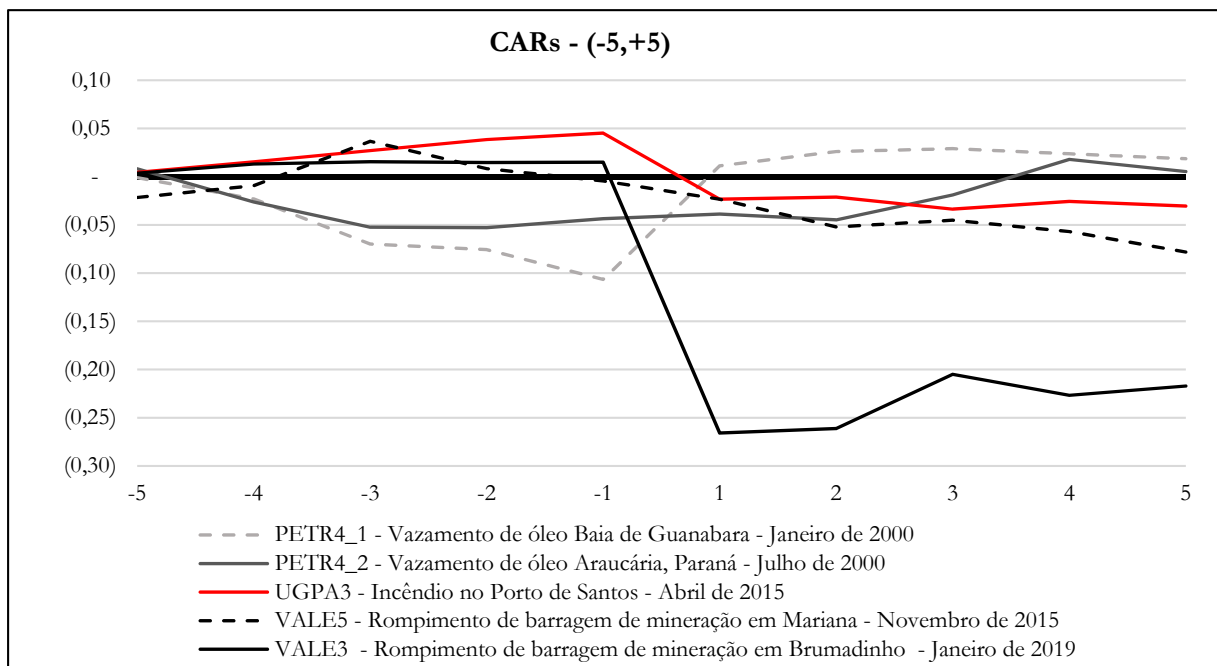


Figura 4. Retornos anormais acumulados na janela de 5 dias.

Pela figura 4 é possível observar que as ações da Vale (VALE3 e VALE5), responsável pelos desastres ambientais de Mariana e Brumadinho, diferentemente das ações da Petrobrás (PETR4), sofreram um forte impacto sobre o seu retorno, visto que, foram apresentadas variações negativas de retornos acumulados significativos em toda a janela de comparação, gerando uma tendência negativa, vista pelo gráfico. As ações da Ultrapar também apresentaram variações negativas de retornos acumulados na janela de 5 dias. Já nos dois acidentes mais antigos do ano 2000 da Petrobrás, após o evento do vazamento de óleo na Baía de Guanabara, as ações apresentaram retorno anormal acumulado positivo e após o vazamento de óleo em Araucária no Paraná, não houve alteração significativa nem positiva, nem negativa.

4.1.2 Retornos anormais acumulados da janela de 21 dias:

Os resultados para a janela de evento de 21 dias são apresentados no gráfico a seguir na figura 5:

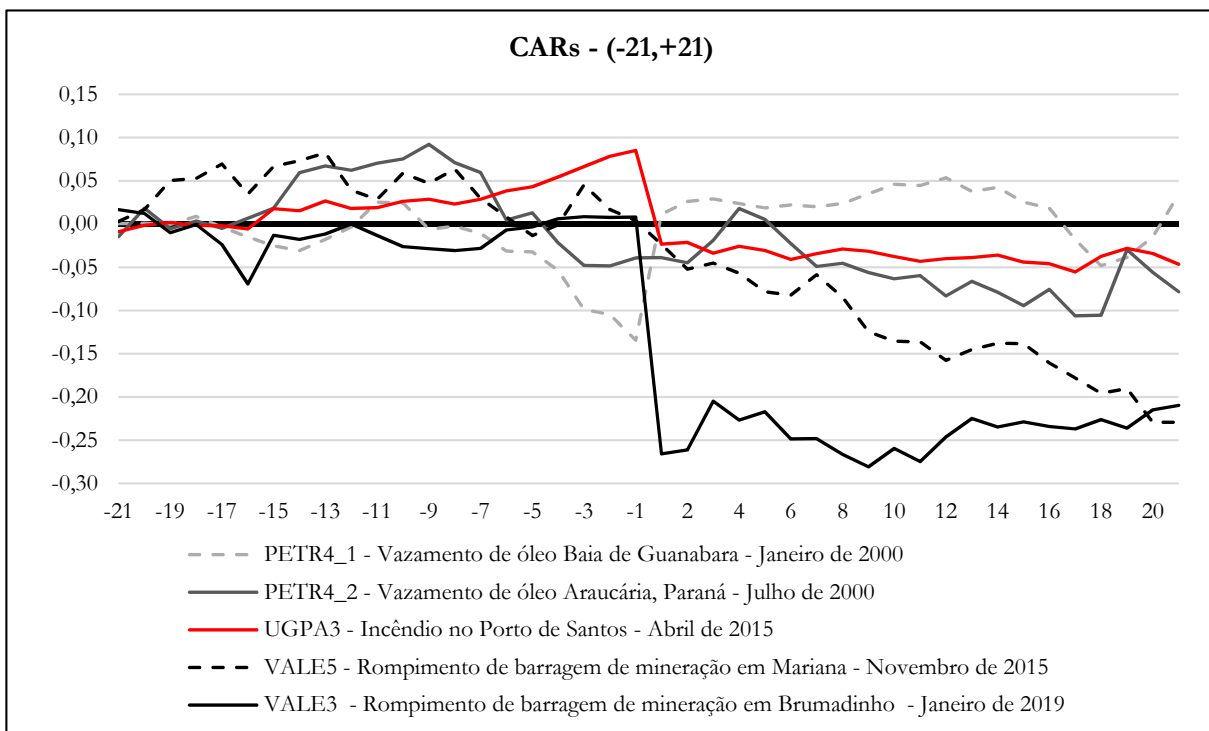


Figura 5. Retornos anormais acumulados na janela de 21 dias.

Pela figura 5 é possível observar que para a janela de 21 dias exceto para o desastre ambiental mais antigo da Petrobras, os outros quatro eventos apresentaram retornos anormais negativos. As ações da Vale (VALE3 e VALE5), responsável pelos desastres ambientais de Mariana e Brumadinho, sofreram como na janela de 5 dias um forte impacto sobre o seu retorno em toda a janela de evento. As ações da Ultrapar também apresentaram variações negativas de retornos acumulados na janela de 21 dias. Ao contrário da janela de 5 dias, o vazamento de óleo em Araucária no Paraná, apresentou retornos anormais acumulados preponderantemente negativos.

4.1.3 Retornos anormais acumulados da janela de 63 dias:

Os resultados para a janela de evento de 63 dias são apresentados na figura 6:

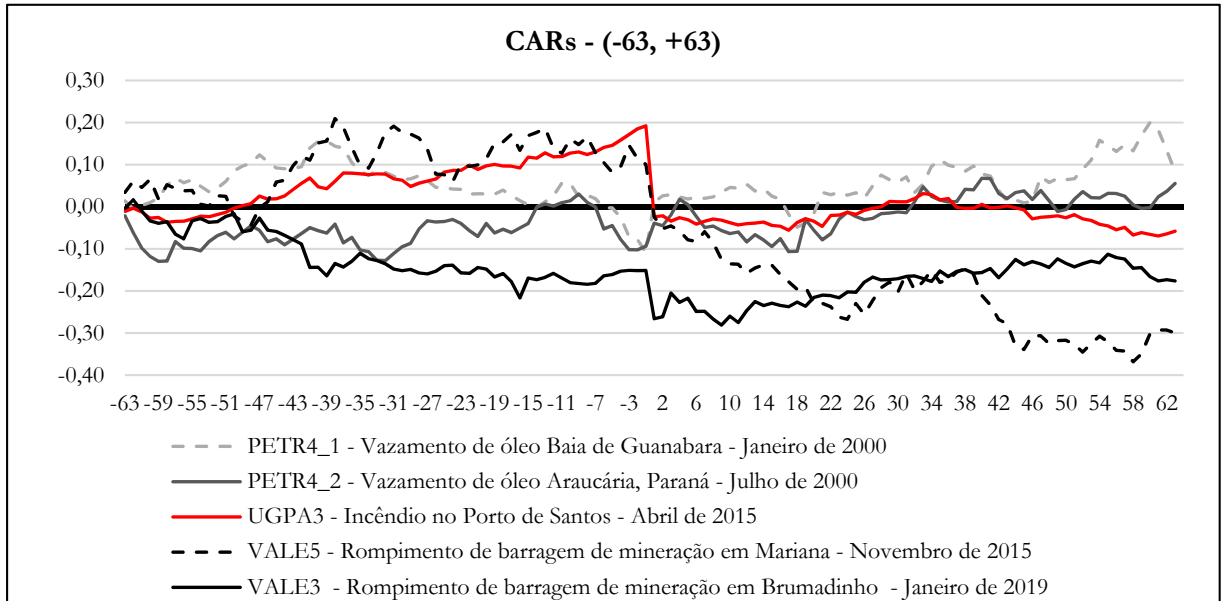


Figura 6. Retornos anormais acumulados na janela de 63 dias.

Na janela de 63 dias, as ações das empresas responsáveis pelos acidentes ambientais mais recentes apresentaram retornos anormais acumulados negativos, sendo o retorno da Vale, referente ao acidente de Mariana, o mais negativo. Novamente, como na janela de 5 dias, os retornos anormais acumulados dos dois acidentes ambientais mais antigos, os derramamentos de óleo da Petrobras apresentaram retornos anormais acumulados positivos, não podendo ser explicados pelo evento.

4.1.4 Retornos anormais acumulados da janela de 126 dias:

Os resultados para a janela de evento de 126 dias são apresentados a seguir na figura 7:

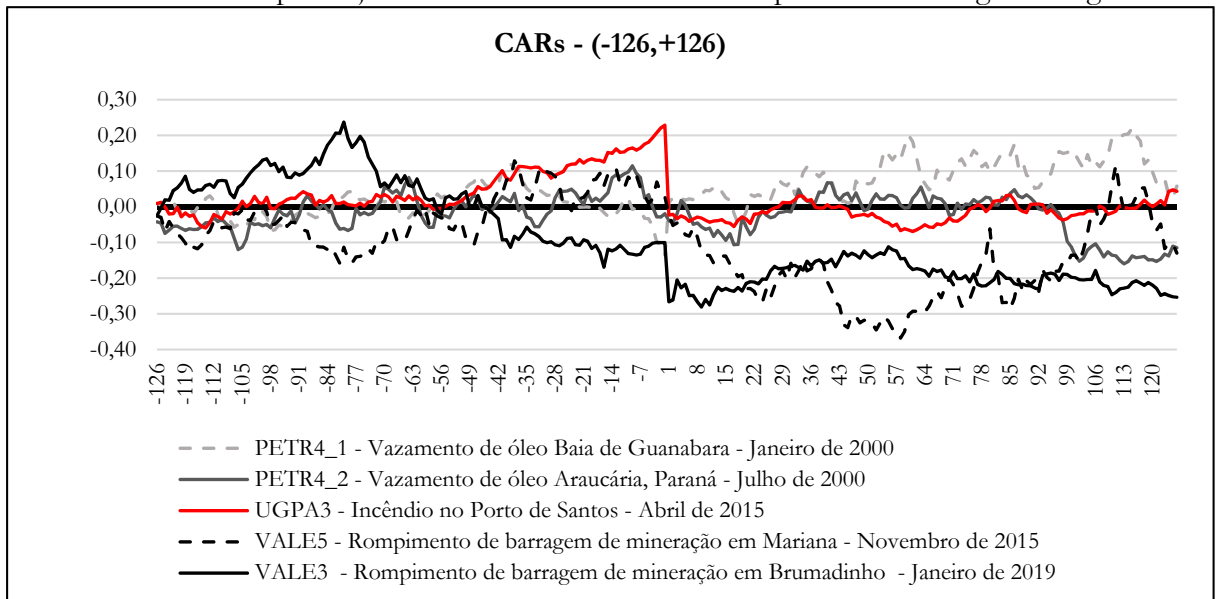


Figura 7. Retornos anormais acumulados na janela de 126 dias.

É possível observar, na janela de 126 dias, que as ações da Vale (VALE3 e VALE5), responsável pelos desastres ambientais de Mariana e Brumadinho, continuaram apresentando retornos anormais acumulados negativos, bem como as ações da Ultrapar. As ações da Petrobrás no período do primeiro evento apresentaram retornos anormais acumulados positivos, e referentes ao segundo evento, retornos anormais acumulados negativos.

4.1.5 Retornos anormais acumulados da janela de evento de 252 dias:

Os resultados para a janela de evento de 252 dias são apresentados na figura 8:

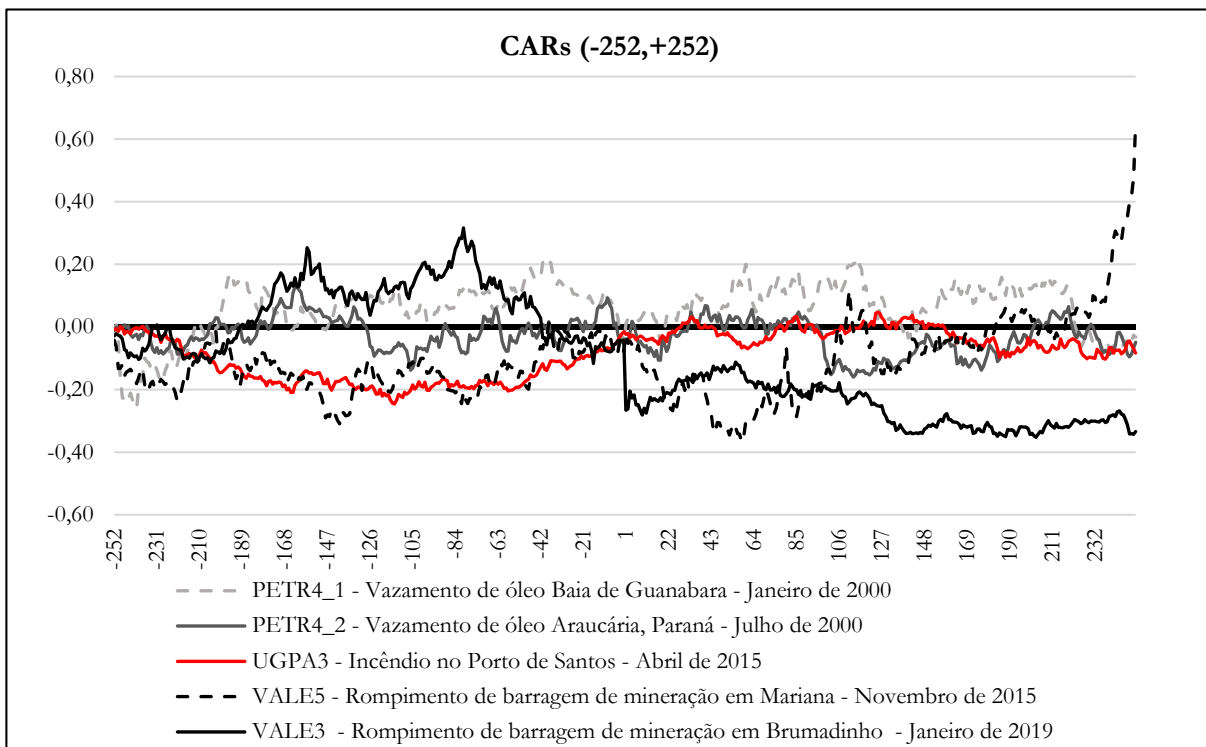


Figura 8. Retornos anormais acumulados na janela de 252 dias.

Pela figura 8 é possível observar que após um ano as ações da Vale referentes ao primeiro acidente, a ruptura da barragem de Mariana, apresentaram retornos anormais positivos no final da janela de evento. As outras ações, da Petrobrás e da Ultrapar também apresentaram retornos anormais positivos, porém em menor escala. Já as ações da Vale (VALE3), referentes ao acidente ambiental mais recente, continuaram apresentando retornos anormais acumulados negativos.

4.2 Análise descritiva da volatilidade dos retornos nas janelas

Na tabela 5 é apresentada a volatilidade dos retornos s janelas antes e pós-evento.

Tabela 5
Volatilidade dos retornos nas janelas estudadas

	PETR4_1		PETR4_2		UGPA 3		VALE 5		VALE 3	
(-5, +5)	1,47%	0,99%	3,43%	2,84%	1,76%	0,96%	3,54%	2,24%	0,59%	14,14%
(-21, +21)	2,35%	2,52%	2,53%	3,23%	1,48%	1,13%	3,31%	2,15%	2,14%	6,98%
(-63, +63)	2,15%	2,70%	2,59%	2,39%	1,39%	0,97%	3,49%	3,84%	2,32%	4,21%
(-126, +126)	2,18%	2,57%	2,53%	2,31%	1,99%	1,37%	3,09%	4,80%	2,14%	3,24%
(-252, +252)	3,48%	2,42%	2,36%	2,23%	1,70%	1,55%	3,15%	3,99%	2,10%	2,62%

Pode-se observar que exceto pelo desastre ambiental mais recente, onde claramente houve um aumento expressivo da volatilidade dos retornos em todas as janelas, para os eventos anteriores o mesmo fato não ocorreu, havendo inclusive redução da volatilidade nas janelas de 5 dias, que de acordo com estudos anteriores deveriam apresentar aumento na volatilidade. Devido ao tamanho das amostras os testes estatísticos não se mostraram significantes, porém a partir da análise descritiva parece haver indícios que não se pode rejeitar H_0 para os quatro primeiros acidentes ambientais e inferir que para o acidente mais recente, a ruptura da barragem em Brumadinho, houve aumento da volatilidade das ações.

4.3 Análise estatística dos retornos anormais acumulados

Na tabela 6 apresentam-se os resultados da análise estatística dos retornos anormais acumulados e com a decisão de se rejeitar ou não a hipótese nula do modelo com base no teste de hipóteses realizado, sendo apresentada a diferença entre as médias dos retornos anormais acumulados das janelas de estimação com as médias dos retornos anormais acumulados das janelas de comparação. Valores negativos, indicam que as médias dos retornos anormais acumulados após o acidente são menores do que as médias anteriores ao acidente e valores positivos, indicam o oposto, estando as diferenças das médias acompanhadas de suas respectivas significâncias estatísticas.

Tabela 6
Diferença das médias dos retornos anormais acumulados

	CAR (-5, +5)	CAR (-21, +21)	CAR (-63, +63)	CAR (-126, +126)	CAR (-252, +252)
PETR4_1	0,0770***	0,0430***	0,0095	0,0867***	0,0280***
PETR4_2	0,0176	-0,0756***	0,0538***	-0,0238*	-0,0299***
UGPA3	-0,0530***	-0,0623***	-0,0868***	-0,0658***	0,1083***
VALE3	-0,0531***	-0,1627***	-0,3161***	-0,1530***	0,0621***
VALE5	-0,2476***	-0,2203***	-0,0670***	-0,2137***	-0,3092***

Legenda: * $p < 0.1$, ** $p < 0.05$, *** $p < 0.01$.

Nota. Para a escolha do modelo de teste estatístico a ser utilizado foram testadas as normalidades das amostras. Para as séries que apresentaram normalidade foi aplicado o teste t de Student para comparação de médias com variâncias diferentes. Para as que não apresentaram normalidade foi utilizado o Teste não paramétrico de Wilcoxon.

É possível observar que os retornos anormais acumulados das ações da Petrobrás referentes ao primeiro evento foram todos positivos, não podendo-se rejeitar a hipótese nula, apenas para a janela de 63 dias úteis, em que não se pode afirmar que a média dos retornos anormais acumulados antes do evento é diferente da média após o evento.

Os retornos anormais acumulados das ações da Petrobras referentes ao segundo evento, o derramamento de óleo no Rio Araucária no Paraná, mostraram-se negativos nas janelas de 126 dias e 252 dias, porém o mesmo não ocorreu nas janelas de 5 dias e 63 dias.

Os retornos anormais acumulados referentes ao acidente da Ultracargo em Santos permaneceram negativos nas janelas de 5, 21, 63 e 126 dias. A janela de 252 dias apresentou retornos anormais acumulados positivos.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A avaliação dos efeitos de acidentes ambientais de grandes proporções é uma das questões centrais no Brasil e no mundo, não somente pelas grandes perdas financeiras que estes envolvem, mas também pelos danos causados ao meio ambiente e aos seres humanos.

Este trabalho se propôs a analisar a reação do mercado a grandes desastres ambientais ocorridos no Brasil entre os anos de 2000 e 2019, a partir da metodologia de Estudo de Eventos. De acordo com Mackinlay (1997), a metodologia de estudo de eventos é adequada à mensuração do impacto de determinado evento no valor das entidades, sendo comumente empregada para o teste da hipótese de eficiência dos mercados, ou seja, a existência de retornos anormais acumulados associados aos desastres ambientais é também um indicativo quanto à rejeição ou não da hipótese de eficiência informacional semiforte no mercado acionário brasileiro.

Foram analisados cinco grandes desastres ambientais causados pelas empresas de capital aberto Petrobras, Ultrapar e Vale.

Para se responder à questão de pesquisa formularam-se as seguintes hipóteses:

H0₁: O mercado brasileiro não incorpora a ocorrência de desastres ambientais nos preços das ações.

H1₁: O mercado incorpora a ocorrência de desastres ambientais nos preços das ações de empresas brasileiras, gerando retornos anormais (negativos) após os eventos estudados.

H0₂: O mercado brasileiro não incorpora a ocorrência de desastres ambientais nos preços das ações.

H1₂: O mercado incorpora a ocorrência de desastres ambientais nos preços das ações de empresas brasileiras, aumentando a volatilidade dos retornos das ações após os eventos estudados.

O estudo mostrou que os ativos das empresas selecionadas apresentaram retornos anormais significativos dentro da janela do evento, exceto para 2 das 25 janelas analisadas, deste modo rejeitando-se H0₁. Devido ao tamanho das amostras os testes estatísticos não se mostraram significantes para a volatilidade, não sendo possível rejeitar-se H0₂.

Os resultados apresentados na seção anterior indicam a presença de retornos anormais negativos, concentrados nos acidentes mais recentes, a partir de 2015. Com especial relevância, destaca-se a ruptura da barragem de mineração da Vale em Brumadinho.

Em contrapartida, há evidências estatisticamente significantes de retornos anormais acumulados positivos nos acidentes ambientais mais antigos, os vazamentos de óleo de grandes proporções da Petrobrás no ano 2000. Para estes dois acidentes, tais retornos não podem ser explicados pelo próprio evento selecionado para o estudo, entretanto, geram evidências de presença de anormalidade no modelo.

Os resultados ainda demonstram que os indicadores pioraram de maneira drástica logo após o acidente para os acidentes ambientais mais recentes ocorridos desde 2015, o incêndio em Santos e as rupturas de barragem de mineração em Mariana e Brumadinho, havendo recuperação das ações com retornos anormais positivos após 1 ano para as ações da Vale, no acidente de Mariana e para o incêndio em Santos, porém não havendo recuperação nem após um ano para a ruptura da barragem em Brumadinho.

O primeiro acidente estudado, o vazamento de óleo da Petrobrás em janeiro de 2000, na Baía de Guanabara, apresentou retornos acumulados positivos nas janelas de estudo de 5, 21, 126 e 252 dias e, particularmente, na janela de 63 dias, não se podendo afirmar que a média dos retornos anormais acumulados antes do evento é diferente da média após o evento, não se confirmando a hipótese deste estudo, de que de acordo com a Teoria de Mercado Eficiente, o mercado atua na forma semiforte.

No segundo acidente estudado, o vazamento de óleo da Petrobrás em julho de 2000, em Araucária no Paraná, as ações da empresa não apresentaram retornos anormais negativos acumulados na janela de 5 dias, porém apresentaram retornos anormais acumulados negativos, na janela de 21 dias, 126 e 252 dias. O fato de a janela de 5 dias não haver apresentado retornos anormais acumulados negativos e a janela de 21 dias haver apresentado, poderia ser explicado que à época, a velocidade e o custo da informação não eram os mesmos de hoje, possivelmente havendo toda a informação ficado disponível para os investidores, alguns dias após o acidente.

Já o fato de o segundo acidente com a Petrobras haver apresentado retornos anormais acumulados negativos e o primeiro acidente não, poderia ser explicado por este ser um segundo acidente. Magness (2008) observou uma diferença significativa no comportamento dos investidores em casos de um segundo acidente ambiental envolvendo empresas do mesmo setor industrial, neste caso inclusive, a mesma empresa. Em virtude do baixo conhecimento sobre o funcionamento da empresa e suas operações, os investidores enxergam o primeiro acidente como uma fatalidade. Entretanto, quando um segundo acidente ocorre, o comportamento muda, e os investidores passam a penalizar, de forma geral, a empresa e as empresas do setor.

O primeiro acidente da Vale, a ruptura da barragem de Mariana em 2015, gerou retornos anormais acumulados negativos nas quatro primeiras janelas analisadas no estudo, de 5, 21, 63 e 126 dias, resultado divergente da pesquisa realizada por Herculano (2022) que em sua pesquisa sobre este acidente encontrou diferenças estatísticas significativas para os retornos apenas na janela de 10 dias.

Ao final da janela de 252 dias após o acidente de Mariana, os retornos acumulados das ações da Vale foram positivos e estatisticamente significantes. Tal fato possivelmente se explica pela grande alta observada na *commodity* minério de ferro à época, pela alta demanda no mercado internacional devido à forte expansão econômica na China.

Ao analisarmos e compararmos os dois acidentes ambientais mais recentes, as rupturas de barragem em Mariana e em Brumadinho, cuja responsabilizada é a Vale, percebemos que ambos os acidentes apresentaram retornos anormais negativos, porém os retornos anormais negativos do segundo acidente são muito superiores ao do primeiro acidente, ainda que o dano ambiental do primeiro, em Mariana, foi muito maior do que o dano ambiental causado pelo segundo acidente em Brumadinho. Barbosa (2021) em seu estudo de eventos comparando estas duas rupturas de barragem causadas pela Vale, encontrou retornos negativos significativos apenas no segundo acidente. Borges (2021) analisou os aspectos contábeis, econômico-financeiros e socioambientais no período de 2014 a 2020 observando as Demonstrações Financeiras Padronizadas da Vale com o objetivo de identificar os impactos dos desastres ambientais de Mariana e Brumadinho no valor de mercado e nas demonstrações contábeis da empresa e concluiu que foi possível observar uma considerável influência nos passivos ambientais relacionados ao desastre de Brumadinho, porém nos anos posteriores ao acidente ocorrido em Mariana não foi possível relacionar diretamente as variações ao desastre com o informado nas notas explicativas evidenciadas pela empresa Vale.

O fato de os retornos anormais acumulados negativos serem consideravelmente maiores no segundo acidente da Vale comparado ao primeiro pode ser explicado por dois fatores. Primeiro, o segundo acidente apresenta um número muito superior de perda de vidas humanas. Enquanto no primeiro acidente ocorreram 11 fatalidades, o segundo acidente ocasionou a morte confirmada de 279 pessoas. O segundo fator seria o fato de Brumadinho ser um segundo acidente. Como no caso exposto acima, nos vazamentos de óleo da Petrobrás, o fato de ser um segundo acidente igual ao primeiro, no mesmo setor e na mesma empresa, de acordo com o estudo de Magness (2008) o segundo acidente é mais penalizado pelo mercado.

A análise dos retornos anormais acumulados do terceiro acidente, estudado em ordem cronológica, a contaminação do estuário de Santos por água com toxinas, água essa utilizada para apagar um incêndio de grandes proporções nos terminais de carga da Ultracargo, subsidiária da Ultrapar, fornece interpretações relevantes. Ao contrário dos acidentes de ruptura de barragens

da Vale, não houve fatalidades neste caso, porém, também ao contrário dos vazamentos de óleo ocorridos 15 anos antes, as ações da empresa apresentaram retornos anormais acumulados negativos nas quatro primeiras janelas analisadas no estudo, de 5, 21, 63 e 126 dias.

Tais resultados podem ser explicados por alguns fatores. Primeiro, pela evolução da legislação ambiental brasileira bem como sua aplicação. Ainda que a Constituição Federal desde 1988 já adotava o princípio da reparação integral do dano, onde o poluidor é obrigado a reparar todo o dano causado através de medidas de recuperação indicadas pela autoridade técnica competente, e, quando não é possível a recuperação ao *status quo* anterior, há a compensação financeira equivalente, mesmo que tal supere a capacidade financeira do poluidor, uma das mais importantes leis ambientais, a lei 9605 de 1998, conhecida como a Lei dos Crimes Ambientais, que confere aplicabilidade ao princípio, estava em vigor há apenas 2 anos quando dos primeiros acidentes ambientais analisados, os derramamentos de óleo da Petrobras, não havendo portanto à época cultura e jurisprudência consistente de criminalização de poluidores.

O segundo fator seria o aumento da compreensão por parte dos investidores do significado financeiro em termos de custos para a responsabilizada de reparação integral do dano. Sabe-se muito mais hoje das consequências de acidentes ambientais e seus ônus, do que se sabia no ano 2000. Sendo a legislação mais severa e as consequências muito mais acentuadas financeiramente e prolongadas, os retornos acumulados negativos são muito superiores nos últimos anos, do que há 20 anos atrás.

O terceiro fator seria o crescimento da velocidade da informação, seu volume e sua disponibilidade ao longo dos últimos anos. No ano 2000 o mercado se informava majoritariamente através de periódicos diários, havendo nova informação disponível em média a cada 24 horas. Já desde 2015, quando do terceiro acidente, do incêndio da Ultrapar até hoje a realidade é outra devido a rede mundial de computadores, a *internet*. Novas informações acerca dos fatos são disponibilizadas quase que imediatamente a cada instante, possibilitando sua incorporação mais rapidamente nos preços dos ativos.

Como limitações da pesquisa, podemos destacar os dois acidentes mais recentes serem os únicos acidentes da amostra com perda de vidas humanas. O acidente da Ultracargo indica um aumento da penalização dos retornos das ações, em comparação aos acidentes ocorridos 15 anos antes, porém, retornos anormais acumulados muito menos negativos do que nos rompimentos das barragens. Desta forma, não se consegue isolar nos retornos anormais acumulados o dano ambiental do dano social, a perda de vidas humanas.

Destaca-se ainda, também como limitação da pesquisa, o fato do segundo acidente de vazamento de óleo da Petrobrás haver ocorrido dentro da janela de comparação do primeiro acidente, podendo seus retornos anormais acumulados antes do acidente estarem contaminados pelo primeiro acidente.

Uma terceira limitação do trabalho é o tamanho da amostra.

Uma quarta limitação seria a utilização de janelas de longo prazo, como a janela de 252 dias de pregões, equivalente a um ano. Neste período outros fatos podem se somar aos desastres ambientais, como possivelmente ocorreu na janela de 252 dias do acidente de Mariana causado pela Vale.

Para pesquisas futuras, sugere-se que sejam inseridos cerca de 3 a 5 anos após o desastre ambiental para uma comparação de como os retornos se comportaram anos depois do acidente, e estudos que comparem desastres ambientais com desastres não ambientais, como acidentes aéreos por exemplo, de modo a se isolar o efeito do desastre ambiental *versus* outros efeitos. Um estudo de evento comparando as empresas responsáveis pelos desastres ambientais, com outras empresas do mesmo setor, também seria um estudo relevante para demonstrar se o impacto causado nas empresas foi devido ao desastre ou se o próprio setor da empresa estava em alta ou em queda.

Referências

- Antonelli, R. A., Clemente, A., & Colauto, R. D. (2018). Notícias do mercado de capitais e janelas de eventos para adesões e migrações aos NDGCs. *RACE - Revista de Administração, Contabilidade e Economia*, 17(1), 245–282. Disponível em <https://doi.org/10.18593/race.v17i1.12764>
- Araújo, F. S. M., Soares, R. A., & Abreu, M. C. S. de. (2018). Avaliação das reações do Mercado de Capitais no Brasil e na Austrália após o acidente ambiental da Mineradora Samarco. *Revista Catarinense Da Ciência Contábil*, 17(52), 7–22. Disponível em <https://doi.org/10.16930/2237-7662/rccc.v17n52.2659>
- Ball, R., & Brown, P. (1968). An Empirical Evaluation of Accounting Income Numbers. *Journal of Accounting Research*, 6(2), 159-178. Disponível em <https://www.jstor.org/stable/2490232>
- Barbosa, S. C., & de Sousa Barros, T. (2021). Qual a reação dos acionistas em face dos desastres ambientais envolvendo a mineradora vale SA? Um estudo de evento. *Revista de Contabilidade e Controladoria*, 13(2), 64-95
- Barcellos, S. S. (2018). *Efeitos da divulgação de notícias do desastre da Samarco em Mariana: Um estudo de eventos na Vale e BHP* (Dissertação de Mestrado). Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, ES, Brasil. Disponível em https://repositorio.ufes.br/bitstream/10/8877/1/tese_12284_Disserta%C3%A7%C3%A3o_SabrinaSobrinhoBarcellos.pdf
- Black, F. (1986). Noise: Fischer black. *The Journal of Finance*, 41(3), 529–543. Disponível em <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1540-6261.1986.tb04513.x>
- Borges, M. R. (2021). Impactos dos desastres ambientais de Mariana e Brumadinho no valor de mercado e nas demonstrações contábeis da empresa Vale
- Brito, B. M. B. (2005). *A reação do mercado acionário brasileiro a eventos ambientais*. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
- Brown, S. J., & Warner, J. B. (1980). Measuring security price performance. *Journal of Financial Economics*, 8(3), 205–258. Disponível em [https://doi.org/10.1016/0304-405X\(80\)90002-1](https://doi.org/10.1016/0304-405X(80)90002-1)
- Brown, S. J., & Warner, J. B. (1985). Using daily stock returns: the case of event studies. *Journal of Financial Economics*, 1985, 14, 3-32. Disponível em <https://leeds-faculty.colorado.edu/bhagat/brownwarner1985.pdf>
- Camargos, M. A. de., & Barbosa, F. V. (2003). Teoria e evidência da eficiência informacional do mercado de capitais brasileiro. *Caderno de Pesquisas Em Administração*, 10(1), 41–55. Disponível em <http://www.ead.fea.usp.br/cad-pesq/arquivos/v10n1art4.pdf>
- Camargos, M. A. de., & Barbosa, F. V. (2015). Eficiência informacional do mercado de capitais brasileiro em anúncios de fusões e aquisições. *Production*, 25(3), 571–584. Disponível em <https://doi.org/10.1590/0103-6513.0148t6>
- Campbell, J., Lo, A., & MacKinlay, A. (1997). Event-Study Analysis. In *The Econometrics of Financial Markets* (pp. 149-180). Princeton, New Jersey: Princeton University Press. doi:10.2307/j.ctt7skm5.9
- Carpentier, C., & Suret, J.-M. (2015). Stock market and deterrence effect: A mid-run analysis of major environmental and non-environmental accidents. *Journal of Environmental Economics and Management*, 71(1), 1–18. Disponível em <https://doi.org/10.1016/j.jeem.2015.01.001>
- Cherem, C. E. (2016, 9 de Junho). Polícia Federal indícia 8 pessoas e 3 empresas na tragédia de Mariana. *UOL Notícias*. Disponível em <https://noticias.uol.com.br/cotidiano/ultimas-noticias/2016/06/09/policia-federal-indicia-8-pessoas-e-3-empresas-na-tragedia-de-mariana.htm>
- Ciotti, C. S., Santos, V. R. dos., Neckel, A., Bianchini, G. M., & Brandli, E. N. (2009, Abril). Acidente Ecológico na Baía de Guanabara: o direito ambiental e a tragédia envolvendo sua sustentabilidade. *Encontro de Sustentabilidade em Projeto do Vale do Itajaí*, Itajaí, SC, 3. Disponível em

- NABAIA-DE-GUANABARA-UPF.pdf Acesso em: 08 out 2019.
- Costa, C. (2015, Novembro 19). Como estão as investigações em Mariana? *BBC Brasil*. Disponível em https://www.bbc.com/portuguese/noticias/2015/11/151117_mariana_investigacoes_cc
- Damacena, F., & Carvalho, D. (2013). O Estado Democrático de Direito Ambiental e as catástrofes ambientais: Evolução histórica e desafios. *Pensar - Revista de Ciências Jurídicas*, 18(2), 470–494. Disponível em <https://doi.org/10.5020/2317-2150.2013.v18n2p470>
- Dasgupta, S., Laplante, B., & Mamingi, N. (2001). Pollution and capital markets in developing countries. *Journal of Environmental Economics and Management*, 42(3), 310–335. Disponível em <https://doi.org/10.1006/jeeem.2000.1161>
- Decreto n. 7.257, de 4 de agosto de 2010. Regulamenta a Lei nº 12.340, de 1º de dezembro de 2010, para dispor sobre as transferências de recursos para ações de socorro, assistência às vítimas, restabelecimento de serviços essenciais e reconstrução nas áreas atingidas por desastre e sobre a prestação de contas e fiscalização dos recursos transferidos. Disponível em http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/decreto/d7257.htm
- De Long, J. B., Shleifer, A., Summers, L. H., & Waldmann, R. J. (1990). Noise Trader Risk in Financial Markets. *Journal of Political Economy*, 98(4), 703-738. Disponível em <http://www.jstor.com/stable/2937765>
- Dias, C. A., Costa, A. S. V. da., Guedes, G. R., Umbelino, G. J. de M., Sousa, L. G. de., Alves, J. H., & Silva, T. G. M. (2018). Impactos do rompimento da barragem de Mariana na qualidade da água do rio Doce. *Revista Espinhaço | UFVJM*, 7(1), 21–35. Disponível em <http://www.revistaespinhaco.com/index.php/journal/article/view/203>
- Dolley, J. C. (1933, April). Characteristics and Procedure of Common Stock Split-Ups. *Harvard Business Review*, 11, 316-26.
- Fama, E. F. (1965). The Behavior of Stock-Market Prices. *The Journal of Business*, 38(1), 34–105. Disponível em <http://www.jstor.org/stable/2350752>
- Fama, E. F. (1970). Efficient Capital Markets: A Review of the Theory and Empirical Work. *The Journal of Finance*, 25(2), 383–417. Disponível em <https://www.jstor.org/stable/2325486>
- Fama, E. F. (1972). Components of Investment Performance. *The Journal of Finance*, 27(3), 551-567. Disponível em <https://www.jstor.org/stable/2978261>
- Fama, E. F. (1991). Efficient Capital Markets: II The comments of Fischer Black. *The Journal of Finance*, 46(5), 1575–1617. Disponível em <https://www.jstor.org/stable/2328565>
- Fama, E., Jensen, M., & Roll, R. (1969). The Adjustment of Stock Prices to New Information. *International Economic Review*, 10(1), 1-21. Disponível em [doi:10.2307/2525569](https://doi.org/10.2307/2525569)
- Gabriel Rodrigues Sousa, L., Carlos de Miranda, A., & Bastos de Medeiros, H. (2013). impacto ambiental e socioeconômico do derramamento de óleo na Baía de Guanabara. *Periódico Eletrônico Fórum Ambiental Da Alta Paulista*, 9(2).
- Gitman, L. J., Madura, J. (2003). *Administracao Financeira: Uma abordagem gerencial* (Vol 1). Sao Paulo: Pearson Addison Wesley.
- Hagerman, R. L. (1978). More Evidence on the Distribution of Security Returns. *The Journal of Finance*, 33(4), 1213–1221. Disponível em <https://doi.org/10.1111/j.1540-6261.1978.tb02058.x>
- Herculano, Yggor Ramos Arruda. Análise da influência dos desastres ambientais de mariana e brumadinho no retorno financeiro das ações da Companhia Vale S.A / Yggor Ramos Arruda Herculano. - 2022.
- Instituto Estadual do Ambiente (INEA). (2018). Diagnóstico de acidentes ambientais no Estado do Rio de Janeiro 1983-2016: Enfoque no vazamento de óleo na Baía de Guanabara. *Revista Brasileira de Malariologia e Doenças Tropicais. Publicacoes Avulsas*, 19(4), 539–569.
- Jenter, D., Lewellen, K., & Warner, J. B. (2011). Security Issue Timing: What Do Managers Know, and When Do They Know It? *Journal of Finance*, 66(2), 413–443. Disponível em <https://doi.org/10.1111/j.1540-6261.2010.01638.x>

- Kampel, M., & Amaral, S. (2001). Imagens TM/Landsat na detecção de mancha de óleo na Baía da Guanabara-RJ-Brasil. In *Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, Foz de Iguaçu, PR, 26.
- Karpoff, J. M., Lott, J. R., & Wehrly, E. W. (2005). The reputational penalties for environmental violations: Empirical evidence. *Journal of Law and Economics*, 48(2), 653–675. Disponível em <https://doi.org/10.1086/430806>
- Kothari, S. P., & Warner, J. B. (2007). Econometrics of Event Studies**We thank Espen Eckbo, Jon Lewellen, Adam Kolasinski, and Jay Ritter for insightful comments, and Irfan Safdar and Alan Wancier for research assistance. *Handbook of Empirical Corporate Finance*, 1, 3–36. Disponível em <https://doi.org/10.1016/b978-0-444-53265-7.50015-9>
- Laguna, M.-A., & Capelle-Blancard, G. (2010). How Does the Stock Market Respond to Chemical Disasters? *Journal of Environmental Economics and Management*, 59(2), 192–205. Disponível em <https://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-00637961>
- Limmer, F. da C. (2018). Princípios constitucionais do direito ambiental e suas relações com o setor de petróleo e gás. *Revista Brasileira de Direito do Petróleo, Gás e Energia*, 5(1), 171–188. Disponível em <https://www.e-publicacoes.uerj.br/index.php/rbdp/article/view/7945>
- Lyra, C. (2015). Laudo preliminar de empresa liga incêndio à morte de peixes em Santos. *G1. Santos e Região*. Disponível em <http://g1.globo.com/sp/santos-regiao/noticia/2015/04/laudo-preliminar-da-cetesb-liga-incendio-morte-de-peixes-em-santos.html>
- Mackinlay, A. C. (1997). American Economic Association Event Studies in Economics and Finance. *Source Journal of Economic Literature*, 35(1), 13–39. Disponível em http://www.business.unr.edu/faculty/liuc/files/BADM742/MacKinlay_1997.pdf
- Magness, V. (2008). Who are the stakeholders now? An empirical examination of the Mitchell, Agle, and Wood theory of stakeholder salience. *Journal of business ethics*, 83, 177–192. Disponível em <https://sci-hub.tw/https://link.springer.com/article/10.1007/s10551-007-9610-2>. doi: 10.1007/s10551-007-9610-2
- Milan, P. L. A. N. (2017). *Gestão ativa de carteiras de renda fixa: o valor da expectativa do gestor no contexto de eficiência de mercado* (Dissertação de Mestrado). Fundação Getúlio Vargas, São Paulo, SP, Brasil. Disponível em <http://bibliotecadigital.fgv.br/dspace/handle/10438/17970>
- Milone, D. (2013). *A resposta do mercado aos acidentes ambientais na indústria petrolífera: estudo do caso do desastre no Golfo do México* (Dissertação de Mestrado). Centro Universitário da Fundação Educacional Inaciana – FEI, São Paulo, SP, Brasil. Disponível em <https://repositorio.fei.edu.br/bitstream/FEI/234/1/fulltext.pdf>
- Monteiro, A. G. (2003). *Metodologia de avaliação de custos ambientais provocados por vazamento de óleo: O estudo de caso do Complexo REDUC-DTSE* (Tese de Doutorado). Universidade Federal do Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
- Nogueira, K. G. de F., & Angotti, M. (2011). Os efeitos da divulgação de impactos ambientais: um estudo de eventos em companhias petrolíferas. *Revista Contemporânea de Contabilidade*, 8(16), 65–88. Disponível em <https://periodicos.ufsc.br/index.php/contabilidade/article/view/2175-8069.2011v8n16p65>
- Nossa, V. (2002). *Disclosure ambiental: uma análise do conteúdo dos relatórios ambientais de empresas do setor de papel e celulose em nível internacional* (Tese de Doutorado). Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, Brasil.
- Petrobrás: A lição da baía de todos os males. (2000, Janeiro 01). *Revista Época*, 89.
- Pereira, M. T., & Vendruscolo, M. I. (2017). *Acidente Ambiental em Mariana-MG: Um Estudo dos Impactos Econômicos e Financeiros nas Empresas Responsabilizadas* (Trabalho de Conclusão de Curso). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil. Disponível em <https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/204531/001097227.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Pilchowski, R. W. (2012). *Avaliação dos impactos de derramamento de óleo sobre a ictiofauna do Altíssimo, Alto e Médio Rio Iguaçu, Paraná, Brasil* (Dissertação de Mestrado). Universidade Federal do

- Paraná, Curitiba, PR, Brasil. Disponível em <https://acervodigital.ufpr.br/handle/1884/28199>
- Pretel, A. F., Vasconcelos, P. E. A., & Oliveira, R. C. R. (2020). Responsabilidade penal ambiental e aplicabilidade de princípios constitucionais. *Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade*, 7(15), 69–82. Disponível em [https://doi.org/10.21438/rbgas\(2020\)071506](https://doi.org/10.21438/rbgas(2020)071506)
- Puerari, L. (2011). *Avaliação Ambiental dos Rios Barigüi e Alto Iguaçu (Paraná): A Contaminação Atual e a Contaminação Residual Relacionada ao Acidente da REPAR (2000)* (Dissertação de Mestrado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil. Disponível em <https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/56290/000859737.pdf?sequence=1>
- Rodrigues, W. C. (2007). Metodologia científica. Paracambi (RJ): Faetec/IST.
- Russo, M. R. (n.d.). *A Materialização do PPP em viés não economicista a partir da possibilidade de cumulação das condenações de obrigação de fazer ou não fazer e de indenização pecuniária nas Ações Cíveis Públicas Ambientais: um estudo das decisões do STJ na última década* (Dissertação de Mestrado). Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS, Brasil.
- Santos, P. H. dos. (2017). *Reação do Mercado às Eleições Presidenciais e ao Processo de Impeachment no Brasil: Um Estudo de Eventos em Instituições Financeiras de Capital Aberto* (Dissertação de Mestrado). Universidade de Brasília, Brasília, DF, Brasil.
- Santos, P. G. (2018). MPF denuncia Ultracargo por poluição causada por incêndio que durou 8 dias. *Globo*. Disponível em <https://g1.globo.com/sp/santos-regiao/noticia/mpf-denuncia-ultracargo-por-poluicao-causada-por-incendio-que-durou-8-dias.ghtml>
- Santos, L. K., Pagnussat, A. (2020). Relação entre acidentes ambientais e o preço das ações: Estudo de caso na Petrobrás S/A. *Revista Científica de Ajes*, 9(18), 165–185. Disponível em <http://www.revista.ajes.edu.br/index.php/rca/article/view/362>
- Sharpe, W. (1963). A Simplified Model for Portfolio Analysis. *Management Science*, 9(2), 277–293. Disponível em <https://econpapers.repec.org/RePEc:inm:ormnsc:v:9:y:1963:i:2:p:277-293>
- Silva, P. R. S., Paula, J. E. O de., & Almeida, M. H. (2017). Princípio do poluidor pagador. *Jornada de Iniciação Científica e de Extensão Universitária*, 7(7), 3–5.
- Soares, R. O., Rostagno, L. M., & Soares, K. T. C. (2002). Estudo de Eventos: o método e as fórmulas de cálculo do retorno anormal. In *Anais do 26 Encontro da ANPAD*, Salvador, BA, 1–14.
- Sorescu, A., Warren, N. L., & Ertekin, L. (2017). Event study methodology in the marketing literature: an overview. *Journal of the Academy of Marketing Science*, 45(2), 186–207. Disponível em <https://doi.org/10.1007/s11747-017-0516-y>
- Souza, J. C. F., Cruz, L. O., Neto, A. M. M., Tritti, R. V., Duarte, V. C. A., & Souza, J. G. M. (2020). Impacto do rompimento da barragem de Brumadinho nas ações das mineradoras Vale, CSN e Gerdau. *Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação*, 27(3), 261–272.
- Viezorkosky, V. C. (2011). Análise da Reação dos Preços das Ações da Mineradora Vale Após o Acidente Ambiental em Brumadinho/MG e do seu Impacto no Mercado de Mineração Americano. *Journal of Physics A: Mathematical and Theoretical*, 44(8), 1689–1699. Disponível em <https://doi.org/10.1088/1751-8113/44/8/085201>