UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE – FURG

INSTITUTO DE CIÊNCIAS ECONÔMICAS, ADMINISTRATIVAS E

CONTÁBEIS – ICEAC

CURSO DE CIÊNCIAS ECONÔMICAS

WALEF BRITO PINHEIRO DE SOUZA

Uma análise das perdas da Vale na bolsa de valores brasileira após o rompimento da barragem da Samarco: utilizando modelos estruturais de séries de tempo com filtro de Kalman.

RIO GRANDE
2018

WALEF BRITO PINHEIRO DE SOUZA

Uma análise das perdas da Vale na bolsa de valores brasileira após o rompimento da barragem da Samarco: utilizando modelos estruturais de séries de tempo com filtro de Kalman.

Monografia apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel, pelo Curso de Ciências Econômicas da Universidade Federal do Rio Grande – FURG.

Orientador: Prof. Dr. Cassius Rocha de Oliveira

RIO GRANDE
2018

WALEF BRITO PINHEIRO DE SOUZA

Monografia apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel, pelo Curso de Ciências Econômicas da Universidade Federal do Rio Grande – FURG.

_____

Walef Brito Pinheiro de Souza

Data de aprovação: Rio Grande/ RS, _____/_____/_____.

BANCA EXAMINADORA

_____

Prof. Dr. Cassius Rocha de Oliveira

(**Orientador** – Universidade Federal do Rio Grande – FURG)

_____

Prof. Dr. ...

(Membro 1 – Universidade Federal do Rio Grande – FURG)

_____

Prof. Dr. ...

(Membro 2 – Universidade Federal do Rio Grande – FURG)

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, gostaria de agradecer a Deus e a Jesus Cristo por absolutamente tudo, depois gostaria de agradecer eu, eu mesmo e eu por todo o esforço, dedicação, noites mal dormidas em prol de um bem maior e também por ter suportado esse frio congelante de Rio Grande. Sou extremamente grato a minha família por todo o suporte/ajuda que me deram ao longo da minha vida, pois eles investiram pesadíssimo na minha educação e sem isso, talvez o caminho de ser economista teria sido muito mais difícil e complicado, então família, obrigado por tudo!

Não poderia deixar de esquecer dos meus amigos do Rio de Janeiro e dos meus amigos que fiz em Rio Grande, boa parte graças a FURG e ao skate, vocês são duka e estarão para todo sempre em meu coração, independentemente do tempo e da distância!!!

Gostaria também de deixar algumas palavras de gratidão para a FURG e para os professores que me deram aula nessa minha jornada de 4 anos como acadêmico de ciências econômicas. Bom, esses 4 anos de FURG foram sensacionais, aprendi muita coisa e conheci pessoas de diferentes costume, lugares... A universidade está de parabéns com relação ao quesito estrutura e também por todas as benesses para tentar mandar o aluno estudando e assim contribuir para um país melhor. Com relação aos professores, bom, vocês me ensinaram muitas coisas e sou extremamente agradecido por isso, alguns foram além da sala de aula e se tornaram também amigos. Gostaria de deixar um agradecimento especial para o meu orientado e amigo Dr. Professor Cassius Oliveira, você me ensinou muita coisa e sempre me fez pensar/refletir bastante.

Sou extremamente grato ao Aléssio, Mariana, Danúbia e toda a família DIT/PROPESP por terem me dado a oportunidade de fazer parte desse time que é simplesmente f..., aprendi e aprendo demais com vocês. Gostaria de agradecer a OPUS Consultoria Jr., ao Grupo de Estudos de Conjuntura Econômica – FURG, a Liga de Investimentos – FURG e ao Diretório Acadêmico Milton Friedman por terem me desenvolvido e terem contribuído para que eu me torna-se uma pessoa e um economista melhor. Agradeço também ao Tainan por ser duka!

Por fim, gostaria de dedicar esse parágrafo ao meu amor pelo esporte que eu pratico, que é o skate. Esporte melhor que esse não há. Skate por toda vida!

“Ideias e somente ideias podem iluminar a escuridão”

Ludwig von Mises

RESUMO

Essa monografia tem como objetivo avaliar se após a quebra da barragem de rejeitos da Samarco, subsidiária da Vale e da BHP Billiton, que ocorreu no dia 05/11/2015 gerou um impacto negativo para as ações da Vale cotadas na BM&FBOVESPA. Para averiguar se houve essa penalização dos investidores através da venda de papéis da empresa utilizou-se a metodologia de modelo estrutural de séries de tempo com filtro de Kalman, em que a série será transformada em espaço-estado para que se possa fazer uso do processo recursivo do filtro e assim o modelo poderá ser decomposto para a identificação de quebras estruturais durante o período de 12 meses, ou seja, 6 meses antes e 6 meses depois do evento. Os resultados encontrados foram que não é possível afirmar através dessa metodologia que a ruptura da barragem gerou uma perda de valor de mercado para a Vale, o que realmente teria causado uma tendência de queda na empresa teria sido o preço do minério de ferro, sua principal commodities, que estava caindo. Esse trabalho vai de encontro com o trabalho de Fernandes e Maranhão (2016), onde analisaram o mesmo caso, porém para a BHP Billiton, e chegaram à conclusão que para essa empresa a catástrofe também não gerou impacto no preço da ação da companhia.

Palavras chaves: Vale, Desastre Tecnológico, Bolsa de Valores, Modelo Estrutural de Séries Temporais, Filtro de Kalman.

ABSTRACT

This monograph has the objective to evaluate if after the destruction of the Samarco tailings dam, subsidiary of Vale and BHP Billiton, wich occurred on 11/05/2015 generated a negative impacto on Vales's shares listed on the BM&FBOVESPA. In order to investigate wheter there was such a penalization of the investors through the sale of company papers, the methodology of a structural time series model with Kalman filter was used, where the time siries will be transformed into space-state to make useful to the resurcive process of the filter and thus the model can be decomposed for the identification of structural breaks during the period of 12 months, that is, 6 months before and 6 months later of the event. The results were that it is not possible to affirm through this methodology that the dam's rupture generated a loss os market value for Vale, what would really have caused a downward trend in the company would have been the price of iron ore, its main commodities, wich was falling. This work is in line with the work of Fernandes and Maranhão (2016), where they analyzed the same case, but for BHP Billiton, and concluded that for this company the catatrophe also did not have na impacto n the share price of the company.

Keywords: Vale, Technological Disaster, Stock Market, Structural Time Siries Model, Kalman Filter.

LISTA DE MAPAS

Mapa 1 – Complexo de Alegria / Samarco 15
Mapa 2 – Trajeto percorrido pela Rota 4 da Caravana Territorial da Bacia do rio Doce, no período de 12 a 16/04/2016. 22
Mapa 3 – O Rastro da Destruição. O Caminho da Lama... na Bacia do Rio Doce.... 26
Mapa 4 – Elementos contidos na área de influência definida pelo EIA-RIMA da barragem do Fundão (2005)..... 29

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Evolução da Mão de Obra da Samarco (2009-2014).....16
Gráfico 2 – Vendas da Samarco por região (2014).....19
Gráfico 3 – Série das ações da VALE5.....40
Gráfico 4 – Autocorrelação e distribuição normal da série temporal.....42
Gráfico 5 – Componentes da série – VALE5.....42
Gráfico 6 – Séries históricas das evoluções dos preços da VALE5 e do minério de ferro (TIOc1).....43

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Empregos formais por setor econômico (Minas Gerais, 2014) 17
Tabela 2 – População por Raça/Cor nas comunidades atingidas pelo rompimento da barragem do Fundão em Minas Gerais 22
Tabela 3 – Cronologia dos Processos de Licenciamento da Barragem do Fundão .. 27
Tabela 4 – Resultados das estimações com intervenções automáticas para VALE5 40

LISTA DE FOTOGRAFIAS

Fotografia 1 – Propriedade rural com o curral e o barracão impactados pela lama de jeitos no município de Barra Longa, nas margens do rio Gualaxo do Norte 20
Fotografia 2 – Moradores e autoridades se unem pró-Samarco 24

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO **12**
2. ASPECTOS ECONÔMICOS, SOCIAIS E AMBIENTAIS DE MARIANA (MG) **15**
2.1 Aspectos econômicos 16
2.2 Aspectos sociais 21
2.3 Licenciamentos ambientais 25
3. REVISÃO DE LITERATURA **30**
4. DADOS E METODOLOGIA **33**
4.1 Dados 33
4.2 Metodologia 33
5. RESULTADOS **39**
CONCLUSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS **44**
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS **46**

1. INTRODUÇÃO

O trabalho tem o intuito de avaliar se desastres tecnológicos podem impactar nos preços das ações ligadas a tal acidente. Com este intuito foi avaliado o caso da Samarco que é uma subsidiária da Vale e da BHP Billiton - onde cada uma detém 50% de participação da empresa - que ocorreu no dia 5 de novembro de 2015. Porém nesse trabalho será analisado apenas os papéis da Vale cotadas na BM&FBOVESPA.

No dia 5 de novembro de 2015 a barragem de rejeitos da Samarco rompeu e com isso houve a destruição do distrito de Bento Rodrigues, em Mariana (MG) e também passando por outros lugares. A lama contendo rejeito passou por outras cidades de Minas Gerais, prosseguindo pelo Rio doce, passando por Espírito Santo e desembocando no mar.

Segundo o laudo Técnico Preliminar do IBAMA (2015), o desastre liberou entorno de 50 milhões de metros cúbicos de rejeitos pela cidade de Marina e pelo Rio Doce, causando destruição de lares, mortes, destruição da fauna e da flora, entre outras mazelas. A Samarco foi a responsável pela morte de 19 pessoas, além da mesma ser a responsável pelos crimes de desmoronamento e enchente, destruição do meio ambiente e crimes contra patrimônios. Todas essas infrações levaram ao indiciamento de 4 empresas e de 21 executivos. Além de tudo isso, houve também externalidade negativa causada pela quebra da barragem para a Companhia Energética de Minas Gerais (Cemig), pois teve 3 de suas usinas hidroelétricas inoperantes por conta da lama na Bacia do Rio Doce, tornando assim elas inutilizáveis.

Segundo Milanez et al. (2015), todo esse estrago causado pelo rompimento da barragem de rejeitos da Samarco causou um prejuízo gigantesco para pessoas, fauna, flora, empresas e entre muitos outros. Isso tudo fez com que a imagem das empresas Vale e BHP Billiton ficassem sujas perante o mercado, além de que foram aplicadas multas que recai diretamente sobre ambas as empresas controladoras da Samarco, sendo uma delas de R$ 1,2 bilhão aplicada pela Justiça de Minas Gerais, outra de R$ 122 milhões aplicado pelo Conselho de Política Ambiental de Minas Gerais (Copam), outras cinco emitidas pelo Instituto Brasileiro

do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama) que somadas dão R$ 250 milhões, além de outras três que foram emitidas pelo Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (Iema) que tem como localização o Estado do Espírito Santo, onde duas dessas multas somadas totalizaram R$ 450 mil e a terceira é de R$ 50 mil por dia e o último órgão que emitiu uma multa para a mineradora foi a Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (Semad) totalizando 18 multas que somadas dão por volta de R$ 68,6 milhões.

Até hoje a teoria de Dow, proposta por Charles Dow (1884) é muito utilizada em análises técnicas, sendo ela um total de 6 fundamentos, do qual este projeto irá manter o foco no primeiro: “Os índices já descontam tudo”. Nessa teoria ele demonstra que os índices como o Ibovespa e o Dow Jones mostram o passado, o presente e o futuro do mercado. Por ser rápido e eficaz, o mercado já terá precificado as notícias que saírem, exceto em casos de catástrofes naturais e outras ocorrências imprevisíveis, porém ao acontecer serão rapidamente descontados e consecutivamente incorporados aos preços.

Há um certo consenso na literatura de que após a ocorrência de um desastre tecnológico com uma empresa listada na bolsa, seus investidores descontam no preço de suas ações provocando uma tendência de baixa nesses ativos no mercado de capitais. Segundo Capelle-Blancard e Laguna (2007), empresas que investiram grandes quantias em publicidade, marketing e propaganda conseguiram amenizar as desvalorizações em relação aos que não investiram. Contudo, houve uma exceção que foi o caso da BHP Billiton na bolsa de valores australiana, onde segundo Fernandes e Maranhão (2016), o rompimento da barragem de rejeitos da Samarco não gerou impacto significativo nas ações da BHP Billiton e consecutivamente não afetou a Australian Securities Exchange (ASX). Esse foi o único estudo que fugiu da tendência de penalização do mercado.

A metodologia que se utilizou para essa monografia foi o modelo estrutural de séries temporais com filtro de Kalman, onde através desse método pretende-se conseguir responder se a Vale foi penalizada ou não após a sua subsidiária causar um caos pela cidade de Mariana (MG) e redondezas, se alastrando também até o estado do Espírito Santo. A série de tempo com modelo estrutural foi escolhia por se tratar de um modelo onde os componentes (tendência, ciclo, sazonalidade e erro) absorvem as mudanças que vão ocorrendo na série ao

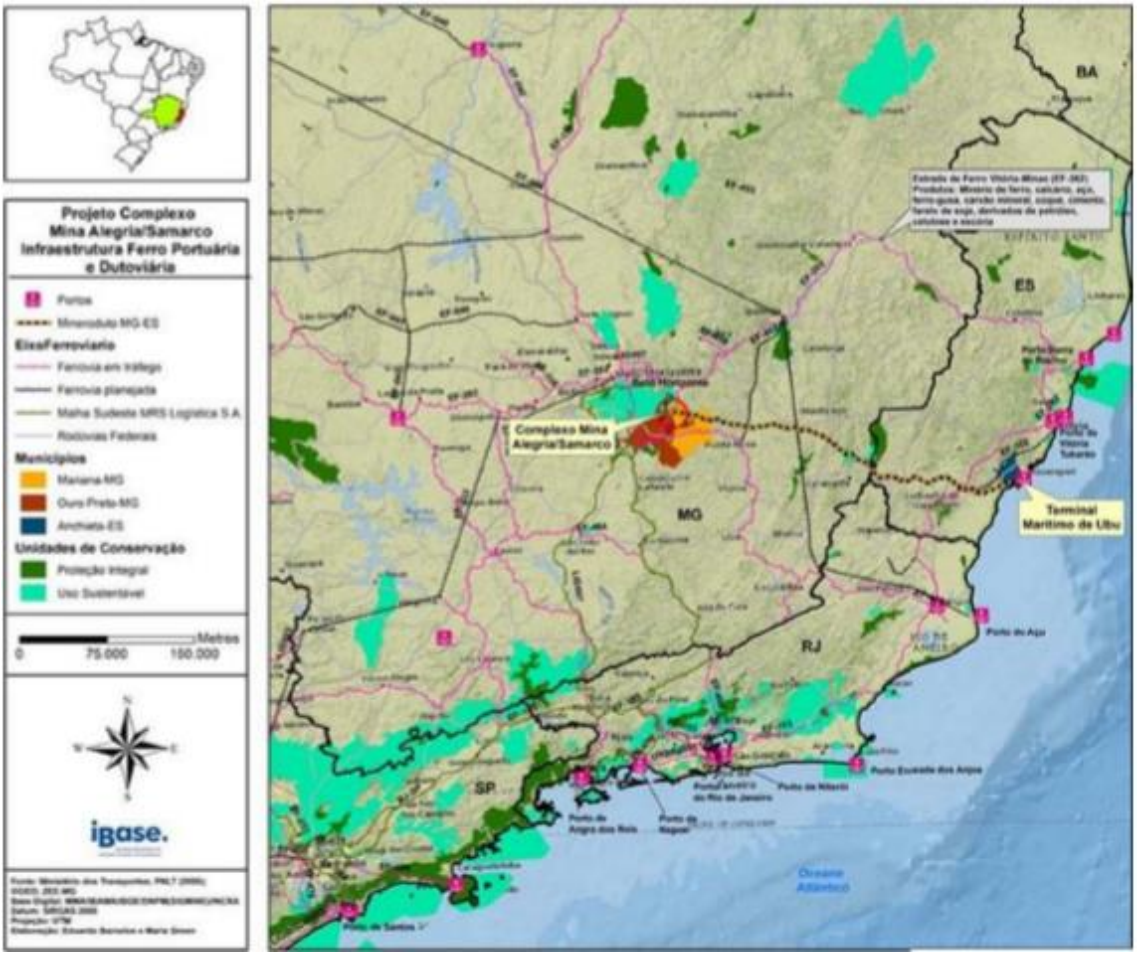
longo do tempo e o filtro de Kalman por se tratar de algoritmos matemáticos que têm como objetivo suavizar o quadrado do erro através de um processo recursivo (HARVEY, 1989). É importante salientar que é preciso transformar o modelo estrutural de séries temporais em formato de espaço-estado, pois assim será possível fazer uso dos algoritmos recursivos do filtro de Kalman (NELSON; KIM,1999).

2. ASPECTOS ECONÔMICOS, SOCIAIS E AMBIENTAIS DE MARIANA (MG)

Esse capítulo tem o objetivo de falar sobre a cidade de Mariana localizada no estado de Minas Gerais, onde ocorreu a ruptura da barragem de rejeitos da Samarco no dia 5 de novembro de 2015, levando a destruição da mesma e de outras cidades de MG e do ES, além de ter devastado o Rio Doce. O capítulo começará falando sobre as questões econômicas, depois disso será abordado sobre as questões sociais e terminando nos licenciamentos ambientais.

O Mapa 1 demonstra a localização da cidade de Mariana (MG), onde ocorreu a ruptura da barragem e a destruição das cidades locais. Nele pode-se ver a localização da empresa e as cidades a sua volta, além do escoamento do minério de ferro.

Mapa 1: Complexo de Alegria / Samarco.



Fonte: Ibase (2013).

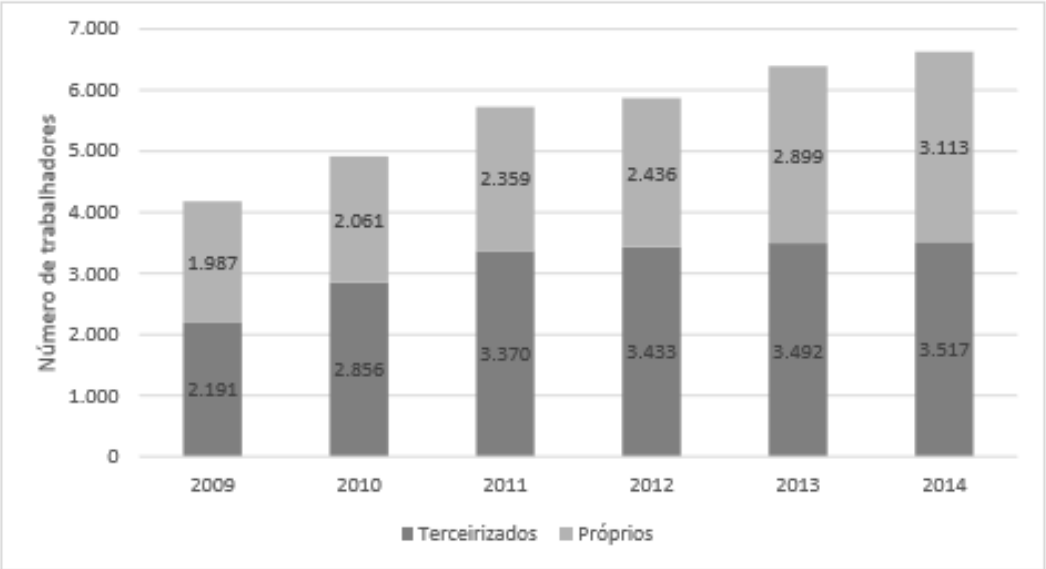
2.1 Aspectos econômicos

A cidade de Mariana, localizada em Minas Gerais, não apresenta uma economia muito diversificada (MILANEZ et al., 2015). A Samarco é a principal força motriz de geração de riqueza da cidade, depois dessa as outras formas de geração de riqueza são fazendas de gado e de agricultura, pequenos comércios locais, serviços, setor público, pesca e caça. Sendo esses não tão expressivos como o setor de extração mineral.

A Samarco é a principal criadora de empregos na região de Mariana, sendo de uma forma direta ou indireta. Apesar disso, constatou-se que esse setor gera uma dependência local com a mesma, fazendo com que entre em um loop infinito dessa relação, pois com a presença de uma mineradora fica difícil a entrada de outras novas empresas na região e isso dificulta a diversificação econômica (MILANEZ et al., 2015). Por conta desse motivo, a empresa possui uma grande relevância no município.

Nos últimos anos a Samarco veio aumentando o seu quadro de funcionários, principalmente através da terceirização (cf. Gráfico 1). Percebeu-se que houve uma intensificação dessa modalidade de contratação a partir da queda nos preços do minério de ferro, pois foi uma das formas encontradas para reduzir os custos, sustentar os lucros e a distribuição de dividendos aos acionistas (MILANEZ; LOSEKANN, 2016).

Gráfico 1: Evolução da Mão de Obra da Samarco (2009-2014).



Fonte: Samarco (Samarco Mineração, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015a).

Apesar da indústria extrativa de minério ser a principal fonte geradora de empregos no município de Mariana, ela não é a principal do estado de Minas Gerais (Tabela 1). Porém, uma cidade onde a população é pequena, com poucas opções de diversificação econômica e contendo um número expressivo de pessoas pobres, a atividade extrativa mineral faz muita diferença na vida dessas pessoas, pois é esse setor que cria a oportunidade para os indivíduos que lá trabalham e para os seus familiares de terem o que comer, vestir, onde dormir e entre outras coisas. Além de que elas tentem a receber mais que as pessoas da região que não fazem parte do quadro de funcionários da mineradora.

Tabela 1: Empregos formais por setor econômico (Minas Gerais, 2014).

Setor	**Empregos formais**
Extrativa Mineral	64.503
Indústria de Transformação	838.813
Serviços Industriais de Utilidade Pública	44.161
Construção Civil	328.736
Comércio	1.018.100
Serviços	1.630.497
Administração Pública	889.911
Agropecuária, Extração Vegetal, Caça e Pesca	257.185
Total	**5.071.906**

Fonte: MTE (2015).

Essa dependência gerada entre a indústria extrativa mineral e as regiões[1] se retroalimentam e por conta disso, garantem que ambos os lados sobrevivam e que essa relação permaneça assim ao longo dos anos. Mesmo com todos os pontos negativos presentes no setor de extração mineral[2] as populações mais pobres tendem a aceitar a instalação dessas empresas em suas regiões, pois sabem que elas irão gerar empregos e oportunidades para as pessoas. Por outro lado, ao se estabelecerem no local, empresas do ramo da mineração tendem a dificultar a

[1] Principalmente as mais pobres.
[2] Como por exemplo: riscos de acidentes, contaminação, poeiras, destruição da paisagem local...

entrada de novas empresas e isso se torna um empecilho, pois dificulta diversificação da atividade econômica local.

A mineradora e os subsídios do governo para incentivar essa atividade são os responsáveis pela baixa diversificação da economia do município de Mariana, levando a região a períodos de crises econômicas e sociais toda vez que o preço do minério de ferro entra em tendência de queda. Isso ocorre porque a atividade minério-exportadora é bastante volátil, com períodos de alta e queda nos preços, isso acaba gerando ciclos de expansão e retração na indústria extrativa de minério, que por sua vez gera instabilidade econômica, política e social nos locais onde as mineradoras se instalam (MILANEZ et al., 2015).

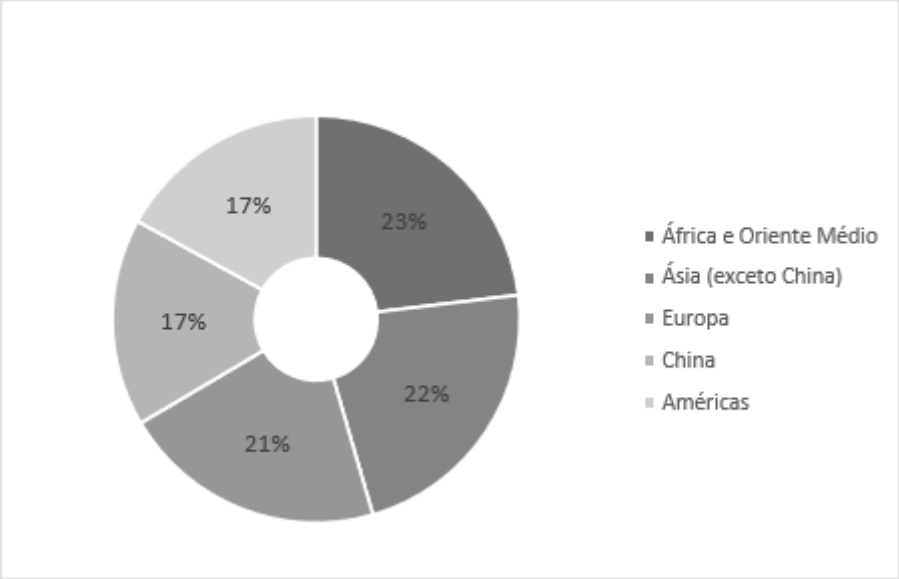
A Samarco está localizada em três locais dentro do Complexo de Alegria, em Mariana, MG. Sendo as suas operações divididas em 4 etapas:

- Beneficiamento primário (conta com três usinas de concentração mineral);
- Logística (dutoviária, necessária por questões fisiográficas e por conta do controle oligopólico do modal ferroviário na região);
- Pelotização[3] (realizada em quatro unidades localizadas no ES);
- Transporte transoceânico (através do Terminal de Uso Privativo de Ponta Ubu) das pelotas e de minério de ferro.

A Samarco fechou o ano de 2014 alcançando a marca de 25,2 milhões de toneladas de produtos exportados, com isso atingindo uma receita bruta de R$7,16 bilhões (BRASIL MINERAL, 2015). As vendas da empresa foram basicamente divididas em 5 regiões: África e o Oriente Médio responsáveis por 23,1% do consumo, seguidos pela Ásia, mas sem a presença da China com 22,4%, Europa com 21%, Américas com 17% e a China com 16,5%, conforme Gráfico 2.

[3] A pelotização é um método de unificação de concentrados de finos e ultrafinos (pellet feed) de minério de ferro, onde se utiliza a alta temperatura (por volta de 1300ºC – 1350ºC). Essa técnica apresenta vantagens de localização em comparação à aglomeração por sinterização e as usinas pelotizadoras têm uma tendência maior de se instalarem perto de portos, “fazendo uso de combinações ou blends de minério e concentrado de diferentes minas” (COSTA, 2018, p.4).

Gráfico 2: Vendas da Samarco por região (2014).



Fonte: Samarco (Samarco Mineração, 2015b).

A partir da arrecadação da empresa, podemos olhar para a arrecadação do município. As receitas dos municípios onde se encontram empresas mineradoras estão muito atreladas a essas atividades. Sendo assim, podemos concluir que a principal fonte de renda do município de Mariana é a empresa Samarco, isso ocorre por meio da Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Minerais (CFEM), que dependendo do mineral que for extraído, a cidade arrecada de 1% a 3% do lucro líquido da empresa, segundo o atual marco regulatório da mineração. O município recebe 65% da CFEM (MILANEZ; LOSEKANN, 2016).

Segundo o prefeito de Mariana em exercício no ano de 2015, Duarte Júnior, 80% das receitas do município eram provenientes da mineração (DUARTE, 2015). Em 2015, Mariana arrecadou de repasses da CFEM um total de R$106,059 milhões[4], sendo a primeira colocada em repasses da Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Minerais no estado de Minas Gerais (DNPM, 2015)[5]. Esse valor representou cerca de 3,7% do lucro líquido da Samarco em 2014, que foi de R$2,81 bilhões, já os seus acionistas (BHP Billiton e Vale) embolsaram R$1,81 bilhão. A prefeitura de Mariana também recebeu por volta de 26% do Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS) vindos da Samarco (KLEIN; SOUZA; FAÉ, 2014).

[4] Esse valor corresponde a todas as empresas mineradoras presentes no município.
[5] Até o dia 5 de dezembro.

Mesmo o município de Mariana sendo o campeão em repasses da CFEM no ano de 2015, os seus indicadores sociais não são dos melhores, principalmente quando olhamos para a área rural onde apresenta uma maior desigualdade de renda e maiores níveis de pobreza. Perante um total de 853 municípios, Mariana se encontra na posição de 275ª menor renda per capita domiciliar rural[6] de Minas Gerais, já se analisarmos a desigualdade de renda através do índice de Gini[7], ela se encontra na posição de 226º dos municípios mais desiguais de Minas Gerais (DATASUS, 2015).

Após a ruptura da barragem de rejeitos do Fundão, localizada em Mariana, Minas Gerais, formou-se uma lama contendo resíduos que inviabilizou outros tipos de atividades econômicas da região por conta da destruição causada e também por causa da contaminação que o Rio Doce sofreu. Esse caos gerado causou prejuízos para fazendeiros, agricultores, camponeses, residências e etc. (cf. Fotografia 1), além de que muitos animais das fazendas e domésticos ficaram presos na lama ou morreram. Esses foram um dos rastros de destruição gerado pela lama contendo rejeitos da barragem de Fundão.

Fotografia 1: Propriedade rural com o curral e o barracão impactados pela lama de jeitos no município de Barra Longa, nas margens do rio Gualaxo do Norte.

Fonte: Bighetti (2015).

[6] Valor do rendimento nominal mediano mensal per capita dos domicílios particulares permanentes – rural.

[7] Índice que mede a desigualdade de renda, onde quanto mais próximo de zero menos desigual será e quanto mais próximo de um mais desigual será.

2.2 Aspectos sociais

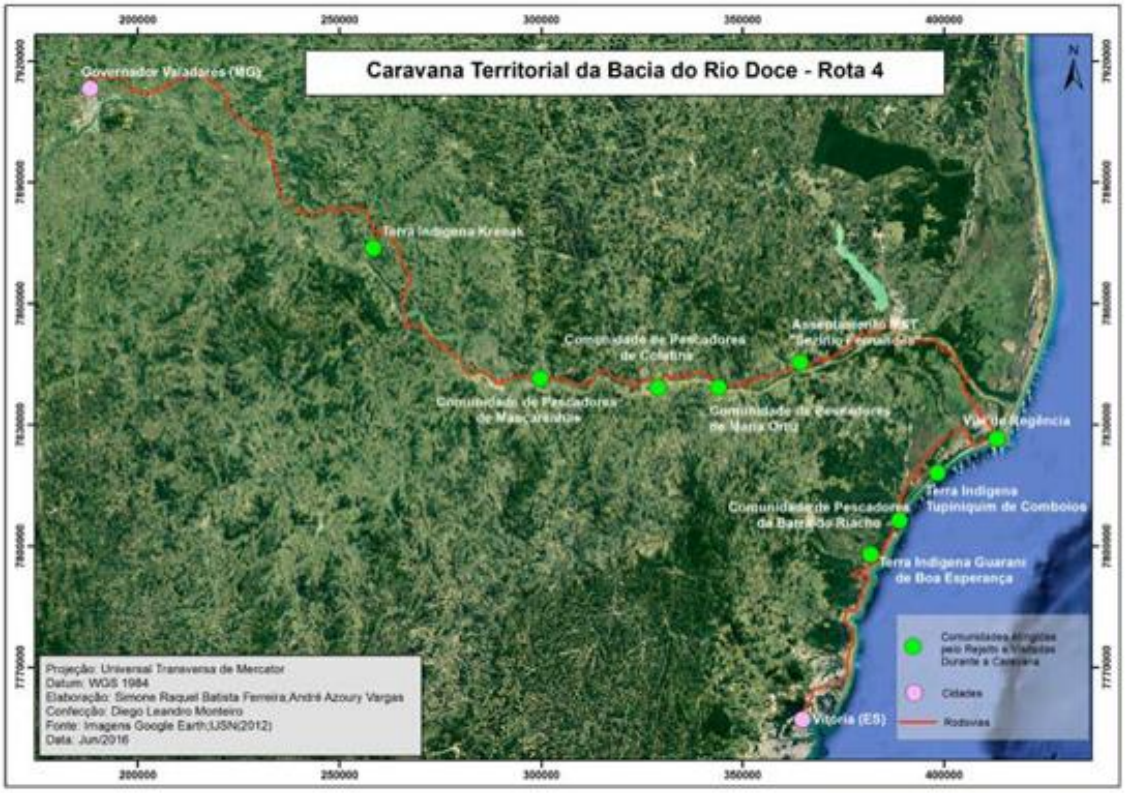
Mariana é considerada um município pobre com baixos indicadores sociais, apresentando uma alta desigualdade de renda principalmente no meio rural. Com isso, compreende-se a importância da Samarco para a economia local, porém ao mesmo tempo cria-se um paradoxo, pois ela dificulta a entrada de novas empresas na cidade e isso ajuda na manutenção da pobreza, visto que não existe uma diversificação da atividade econômica. Sendo assim, pode-se dizer que a organização econômica de Mariana corrobora e ajuda para que exista uma dependência do setor de extração mineral, que por sua vez mantém e agrava questões ambientais e sociais.

> A Samarco, através da realização de "diagnósticos políticos e socioeconômicos", da realização de "reuniões de diálogo" e do financiamento de projetos sociais nas comunidades próximas aos seus empreendimentos, pretendeu estabilizar o contexto social e gerir suas condições políticas de modo estratégico, acentuando esses procedimentos a partir do rompimento da barragem do Fundão (MILANEZ et al., 2015, p. 7).

Após a ruptura da barragem de rejeitos do Fundão, o município de Mariana e outras regiões de Minas Gerais, além de alguns lugares do Espírito Santo tiveram fortes prejuízos. No total trinta e cinco municípios de Minas Gerais estavam em situação de urgência ou calamidade pública e quatro do Espírito Santo foram fortemente impactadas pelo rompimento da barragem. Minas Gerais teve sete cidades e Espírito Santo duas cidades que tiveram que parar o fornecimento de água por conta da contaminação. A lama e a escassez de água geraram prejuízos para residências e para empresas, como por exemplo: o setor de energia[8] e industrias. A lama também atrapalhou a vida de pescadores, ribeirinhos, agricultores, assentados da reforma agrária e populações indígenas, como a tribo Krenak, conforme Mapa 2 (MILANEZ; LOSEKANN, 2016).

[8] Um exemplo do setor de energia que ficou prejudicado é a empresa Cemig, que teve 3 de suas usinas hidroelétricas inoperante por conta da lama na Bacia do Rio Doce, tornando assim elas inutilizáveis.

Mapa 2: Trajeto percorrido pela Rota 4 da Caravana Territorial da Bacia do rio Doce, no período de 12 a 16/04/2016.



Fonte: Milanez e Losekann, 2016. A partir de dados do Google Earth.

Conforme o Mapa 2 demonstrou a lama não apenas atingiu o Complexo de Alegria, o município de Mariana e regiões próximas, mas também outras localidades que tinham conexões com o Rio Doce e seus afluentes. Todo esse caos gerado afetou diversas pessoas de diferentes raças, cores e aspectos sociais (Tabela 2).

Tabela 2: População por Raça/Cor nas comunidades atingidas pelo rompimento da barragem do Fundão em Minas Gerais.

Localidade	Situação do Domicílio	População Total	Raça/Cor				
			Branca	Amarela	Preta	Parda	Indígena
Povoado de Bento Rodrigues	Rural	492	76	2	80	335	-
Distrito de Santa Rita Durão	Total	1.956	323	72	196	1365	-
	Urbano	1.456	246	70	115	1.025	-
	Rural	500	77	2	81	340	-

Povoado de Paracatu de Baixo	Rural	300	59	-	29	211	1
Distrito de Monsenhor Horta	Total	1.740	317	17	327	1.072	7
	Urbano	1.319	234	17	286	776	6
	Rural	421	83	-	41	296	1
Município de Mariana (MG)	Total	54.219	16.340	1.279	9.874	26.593	133
	Urbano	47.642	14.997	1.188	8.384	22.949	124
	Rural	6.577	1.343	91	1.490	3.644	9
Povoado de Gesteira	Rural	115	865	2	23	58	-
Cidade de Barra Longa	Urbano	2.253	2.253	30	371	988	-
Município de Barra Longa	Total	6.143	6.143	98	1.035	3.080	-
	Urbano	2.313	2.313	31	382	1.029	-
	Rural	3.830	3.830	67	653	2.051	-

Fonte: IBGE (2015).

Atualmente diversas empresas investem em ações sociais e ambientais como forma de tentar evitar e mitigar alguns problemas de externalidades negativas que possam vir a ocorrer. Creem que ao realizarem essas ações irão conseguir ter um maior contato com a população local, por meio da filantropia, relacionamentos institucionais, investimentos em projetos sociais e etc. fazendo com que amenizem ou então antecipem problemas socioambientais. Esse comportamento empresarial é conhecido pela literatura como licença social, pois a empresa tentar manter um relacionamento com a comunidade com o intuito de diminuir o atrito social (MILANEZ et al., 2015).

A Samarco através da conquista da licença social conseguiu ter apoiadores em Mariana mesmo após o desastre causado pela ruptura da barragem do Fundão. Duas semanas após o fato ocorrido houve manifestações públicas a favor da empresa, pois essas pessoas estavam com medo do fim das operações da mesma (CAMARGOS, 2015). Conforme a Fotografia 2, percebe-se que essa legitimação social e a dependência econômica que a cidade tem com a mineradora é a resposta para esse movimento pró-Samarco.

Fotografia 2: Moradores e autoridades se unem pró-Samarco.

Fonte: Jornal O Liberal. Mariana, 29/03/2016.

Essa legitimação social que a empresa busca conquistar se dá de várias formas. Uma delas é a contratação de agências que sejam experientes em comunicação e gestão socioambiental, sendo assim, a Samarco em conjunto com essas agências conseguem estruturar as formas de abordagem às comunidades de Mariana e adjacências. Outro jeito é através da merchandising social, onde estas companhia planejam, criam, implementam, monitoram e analisam projetos para a empresa, esses processos se dão através de rádios, jornais e canais de televisão. A empresa também pode utilizar outros métodos como feiras, eventos, filmes, visitas institucionais, folders e brindes (MILANEZ; LOSEKANN, 2016).

> A Samarco, através destas agências, mantém a avaliação e o monitoramento das comunidades. Esse monitoramento tem como objetivo identificar possíveis pontos de tensão que coloquem em risco a imagem pública da empresa e, no limite, suas atividades operacionais. No mapeamento de possíveis conflitos sociais, importa saber o poder de influência e os interesses dos diversos grupos frente aos projetos mineradores. Dessa forma, a empresa realiza encontros com lideranças comunitárias, programas de visita às operações e fóruns públicos, buscando se antecipar a mobilizações sociais e outras ‘ameaças’ potenciais (MILANEZ et al., 2015, p. 40).

2.3 Licenciamentos ambientais

A Samarco soma um total de 19 violações contra o meio ambiente, sendo esses crimes das mais variadas diretrizes, em sua grande maioria relacionada a desobediência da legislação ambiental e também ao descaso da administração dos empreendimentos, o que por sua vez gerava ameaças a população local e ao meio ambiente. Essas infrações podem ser verificadas no Sistema Integrado de Informação Ambiental – SIAM (SEMAD, 2015), no Sistema de Informações do Ibama (IBAMA, 2015), mídias e nos relatórios da Samarco.

A Samarco deu início ao andamento de licenciamento ambiental para à barragem de Fundão em 2005, sendo que, somente em 2008 ocorreu de fato a primeira licença de operação[9]. Das três barragens[10], Fundão era a única que apresentava possibilidade de afetar as barragens do Germano e Santarém, com isso aumentando as chances de um rompimento em cascata das mesmas. Outro fator que deve ser levado em consideração é que essa escolha aumenta ainda mais o risco de um desastre socioambiental, pois a cidade de Bento Rodrigues se encontra no caminho dessas três barragens. Portanto, pode-se presumir que a escolha do local da construção de Fundão foi puramente visando a redução de custos, visto que, ela iria aproveitar os sistemas de Germano e Santarém que estavam em funcionamento.

A previsão do Estudo de Impacto Ambiental (EIA) dizia que uma ruptura da barragem de Fundão afetaria apenas a do Germano, Santarém e a cidade de Bento Rodrigues, porém não foi o que ocorreu de fato (cf. Mapa 3). A lama foi muito além do que previa o EIA, houve uma catástrofe socioambiental por 663km nos rios Doce, Gualaxo do Norte e Carmo, posteriormente a isso, o rejeito percorreu por mais 80km^2 mar adentro, segundo o IBAMA (O GLOBO, 2015).

---

[9] No dia do rompimento a licença operacional se encontra em processo de renovação (MILANEZ et al., 2015).
[10] Fundão, Germano e Santarém.

Mapa 3: O Rastro da Destruição. O Caminho da Lama... na Bacia do Rio Doce.

Fonte: Barcelos, 2015.

Bento Rodrigues, Paracatu de Baixo, Gesteira, Barra longa e mais cinco cidades do distrito de Camargo, em Mariana (MG), foram devastadas pela lama contendo rejeito, inclusive em Bento Rodrigues houveram perdas de vidas humanas. Ao total morreram 19 pessoas, entre elas moradores de Bento Rodrigues e trabalhadores terceirizados da Samarco. Além disso mais de 1.200 indivíduos ficaram sem moradias, ao menos 1.469 hectares de terras foram devastadas, incluindo APPs e UCs (Parque Estadual do Rio Doce, Parque Estadual Sete Salões, Floresta Nacional Goytacazes e o Corredor da Biodiversidade Sete Salões-Aymoré), assentamentos rurais e a terra indígena Krenak (MILANEZ; LOSEKANN, 2016).

O Conselho Estadual de Política Ambiental de Minas Gerais (COPAM) é a instituição incumbida pela criação das políticas ambientais, ficando sob a responsabilidade desse órgão a criação de normas de regulamentação, adequação, técnicas, políticas sobre o meio ambiente, padrões e outras medidas com características operacionais e também tendo como responsabilidade o licenciamento ambiental. O COPAM faz parte da Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (SEMAD), que por sua vez pertence aos órgãos da Fundação Estadual de Meio Ambiente (FEAM), ao Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM) e ao Instituto Estadual de Florestas (IEF). Conforme Milanez et al. (2015, p. 49), “a partir de 2006, houve um processo de regionalização da SEMAD e

do COPAM em Unidades Regionais Colegiadas (URCs)[11]", elas recebem apoios técnicos e administrativos das Superintendências Regionais de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (SUPRAMs).

O licenciamento ambiental da barragem do Fundão foi concedido em 2005, a partir da divulgação do Estudo de Impacto Ambiental e do Relatório de Impacto Ambiental (EIA-RIMA), a Consultoria Brandt Meio Ambiente foi a responsável pela criação e a Fundação Estadual do Meio Ambiente de Minas Gerais (FEAM-MG) ficou com a responsabilidade de analisa-la. Em 2008, a autorização de operação foi dada para a Samarco através do Conselho Estadual de Política Ambiental de Minas Gerais (COMPAM). Em 2011, foi feito a solicitação de renovação do licenciamento de operação, tendo validade até o ano de 2013. Já no ano de 2012, a mineradora exibiu um novo EIA que tinha como objetivo maximizar e aperfeiçoar à barragem do Fundão, dessa vez a consultora encarregada pela elaboração foi a Sete Soluções e Tecnologia Ambiental (MILANEZ et al., 2015).

Em 2013, a Samarco apresentou um novo EIA, que tinha como finalidade ampliar e juntar as barragens do Germano e do Fundão, a partir disso seria formado uma super barragem e também iria reabrir Germano, pois essa se encontrava fechada, a consultoria que prestou esse serviço foi novamente a Sete Soluções e Tecnologia Ambiental. Nesse mesmo ano, a mineradora entrou com um pedido de renovação da licença de operação do Fundão, essa se encontrava em período de análise até o dia da quebra da barragem. Em 2014, foi expedida a licença prévia e a de instalação para o projeto de maximização da barragem, já em junho de 2015, foram emitidas as mesmas licenças para a fusão das barragens do Germano e do Fundão (cf. Tabela 3). Sendo assim, podemos concluir que essas mudanças que estavam ocorrendo na barragem do Fundão podem ser uma das responsáveis pela tragédia. Com isso, os EIAs falharam, pois não levavam em consideração um possível rompimento da barragem durante as obras (MILANEZ et al., 2015).

Tabela 3: Cronologia dos Processos de Licenciamento da Barragem do Fundão.

Ano	Fases Processuais
2005	Apresentação do EIA-RIMA para construção da Barragem do Fundão - Consultoria Brandt Meio Ambiente.
2008	Concedida a Licença de Operação da Barragem do Fundão.

[11] As URCs se assemelham muito com o COPAM, pois ambos são órgãos deliberativos e normativos, porém a diferença é que as URCs operam no licenciamento ambiental regional (RODRIGUES, 2010).

2011	Abertura de Procedimento para Renovação de Licença de Operação.
2011	Obtenção da Prorrogação da Licença de Operação até 2013.
2012	Apresentação de EIA-RIMA da Otimização da Barragem do Fundão - Consultora Sete Soluções e Tecnologia Ambiental - para Licença Prévia/Instalação.
2013	Apresentação de EIA Rima para Unificação e Alteamento das Barragens do Fundão e Germano - Consultora Sete Soluções e Tecnologia Ambiental - para Licença Prévia/Instalação.
2013	Pedido de Renovação da Licença da Operação da Barragem do Fundão – em Análise.
2014	Concedida a Licença Prévia e de Instalação para Otimização da Barragem do Fundão.
Jun./2015	Concedida a Licença Prévia e de Instalação para Unificação do Fundão e Germano.

Fonte: SIAM (SEMAD, 2015).

Até o ano de 2005, a barragem do Germano era basicamente utilizada para se depositar os rejeitos dos processos de mineração, isso de acordo com o EIA do Fundão. Nesse mesmo ano, essa barragem necessitava de uma ampliação da sua área, pois segundo a Samarco, Germano estava perto do seu limite de alocação dos rejeitos. A previsão para o encerramento da barragem do Germano era de até o ano de 2012, porém em 2007, começou-se a diminuir a deposição do rejeito nesta, assim sendo, existia a necessidade de criar uma nova barragem para que as operações não fossem paralisadas e também para que houvesse ampliação das extrações dos minérios.

Os Estudos de Impacto Ambiental (EIA) deixam a desejar, pois não incluem em suas análises todas as possibilidades de abrangência e de estimação dos problemas socioambientais que podem ser causados por grandes empreendimentos, onde na maioria das vezes desconsideram áreas que podem vir a serem atingidas. É muito difícil fazer previsões sobre possíveis impactos de grande escala e o caso da Samarco demonstra isso, mesmo com a apresentação de diversos relatórios de EIA-RIMA e a empresa contendo um corpo especializado de trabalhadores, não foi o suficiente para impedir que a barragem do Fundão viesse a romper.

Podemos perceber que o EIA subavaliou, desconsiderou e escondeu áreas e grupos sociais que poderiam ser atingidos pelo desastre socioambiental que foi causado por Fundão, pois se tem muitas informações e dados que levam ao questionamento das projeções feitas sobre um possível impacto dos riscos de uma ruptura da barragem em relação ao rio Doce e a Mariana, Minas Gerais. Segundo o

EIA, o Mapa 4 demonstra a área que seria atingida pela ruptura da barragem de rejeitos do Fundão, onde seria atingido somente as três barragens da Samarco mais a população de Bento Rodrigues, na visão técnica o impacto seria restrito apenas a essas áreas, porém como podemos perceber através dos noticiários não foi o que ocorreu, a lama percorreu muito mais do que previa os técnicos e carregando consigo a destruição por onde passou.

A Resolução 01/86 do Conama requer que deixe claro as Áreas de Influência Direta (AID)[12] e as Áreas de Influência Indireta (AII), que apresentam fortes chances de sofrerem impactos diretos e indiretos do empreendimento. Devem ser considerados tanto os impactos reais, que independente das medidas para amenizar e para assegurar o meio ambiente irão ocorrer, e os impactos potenciais, que irão ocorrer caso não seja tomada as medidas necessárias para contê-los, esse último foi o que ocorreu em Mariana (MG) após o rompimento da barragem do Fundão.

Mapa 4: Elementos contidos na área de influência definida pelo EIA-RIMA da barragem do Fundão (2005).

Fonte: Google Earth.

> O avanço da lama até a foz do rio no Oceano Atlântico causou significativa perda de biodiversidade (fauna e flora) e contaminação da água. Seus efeitos refletiram-se não só no abastecimento residencial, mas o desastre da Samarco/Vale/BHP prejudicou e paralisou atividades econômicas, de geração de energia e industriais. A chegada da lama na foz do rio gerou protestos no vilarejo de Regência, na cidade de Linhares (ES). Houve prejuízo a pescadores (pelo menos 1.249 pescadores estavam cadastrados nas áreas afetadas pela lama em Minas Gerais e no Espírito Santo), ribeirinhos, agricultores e populações tradicionais, na zona rural. Atividades ligadas ao turismo no rio Doce também foram fortemente impactadas gerando imensos prejuízos para um setor intensivo na geração de postos de trabalho (MILANEZ et al., 2015, p. 55).

[12] No EIA do Fundão foi dividida em Área Diretamente Afetada (ADA) e Área de Entorno (AE).

3. REVISÃO DE LITERATURA

Charles Dow (1884), criou a sua teoria de análise técnica, que até hoje é bastante usada no mercado financeiro, conhecida com Teoria de Dow. No total são 6 teorias:

1. Os índices já descontam tudo;
2. O mercado tem 3 tendências;
3. Tendências primária têm 3 fases;
4. Os índices e médias devem confirmar uns aos outros;
5. O volume deve confirmar a tendência;
6. Uma tendência irá ocorrer enquanto não houverem sinais de reversão.

Sendo que, para essa pesquisa será explicado apenas a parte “Os índices já descontam tudo”, pois segundo ele os índices como o Ibovespa, o Dow Jones, o FTSE 100 e muitos outros tipos de índices de ações espalhados pelo mundo mostram o passado, o presente e o futuro do mercado. Pelo fato de ser rápido e eficaz, o mercado antecipará as notícias incorporando-as aos índices, porém existe uma exceção que Charles Dow chama de “intervenção divina” que é quando catástrofes ambientais ou tecnológicas e outras ocorrências imprevisíveis acontecem, porém ao suceder serão rapidamente incorporados aos preços.

Nogueira e Angotti (2011), analisaram se a divulgação de desastres ambientais envolvendo empresas do ramo de petróleo seriam penalizadas pelos seus investidores através da venda dos papéis. Os autores selecionaram 4 empresas do setor petrolífero, são elas: Petrobrás, British Petroleum, Chevron e Shell, durante os anos de 2010 e 2012. Para se fazer essa análise foi utilizada a metodologia de estudos de eventos, onde verificou-se que houve correlação entre acidentes ambientais e queda nas cotações e nos retornos das empresas estudadas. Isso corrobora para que se possa concluir que essas notícias geraram perdas de mercado para essas companhias, porém segundo esses dois autores essas perdas levaram alguns dias para impactarem negativamente as ações dessas empresas.

Varela e Milone (2013), pesquisaram sobre o acidente de vazamento de petróleo no Golfo do México, que ocorreu em abril de 2010, tendo a BP (antiga British Petroleum) como responsável. Nessa pesquisa elas constataram que houve uma redução de 45%, em média, do lucro da BP, entre 2010 a 2012, por conta das

multas aplicadas pelo governo e pelos órgãos ambientais, suspensão dos contratos, proibição de participar de licitações, além de ter manchado o nome da empresa perante o mercado e também por outros custos consequentes do acidente. Outra coisa que foi verificado é que as ações da companhia sofreram uma desvalorização – durante o mesmo período já citado – de 55%. Também foi feita uma previsão através de estatística de que a BP levaria entorno de 7 anos após o acidente para conseguir recuperar por completo o valor da ações. O estudo chegou à conclusão que tanto as punições do governo quanto a conduta dos agentes do mercado financeiro perante o derramamento de petróleo na bacia do Golfo do México geraram resultados negativos para a empresa.

Cada vez mais pessoas, governos e empresas vêm se preocupando com um mundo mais sustentável e isso não é diferente para o mercado financeiro, pois vem aumentando o número de investidores que levam em consideração o risco socioambiental. Nos EUA houve um aumento de 380% entre 1995 até 2010 dos ativos com consciência social, isso corresponde a 12,1% do total dos ativos ou então 3,07 trilhões de dólares. Sendo assim, pode-se interpretar que os investidores estão se interessando por empresas mais sustentáveis (BM&FBOVESPA, 2012, apud VARELA e MILONE, 2013).

> No mercado financeiro internacional e nacional, investidores têm privilegiado empresas socialmente responsáveis, sustentáveis e rentáveis para investir seus recursos. Esses tipos de investimentos denominados ‘investimentos socialmente responsáveis’ (SRI) consideram que empresas sustentáveis geram valor para o acionista a longo prazo, pois se apresentam mais preparadas para enfrentar riscos econômicos, sociais e ambientais (BOVESPA, 2006, apud SILVA E QUELHAS, 2006, p. 386).

Capelle-Blancard e Laguna (2007), analisaram uma amostra contendo 64 acidentes relacionados a indústria petroquímica entre 1990 a 2005, onde 25% dos incidentes foram causados por liberação tóxica que acarretou metade deles a causarem no mínimo uma morte ou sérios ferimentos. Apesar das empresas possuírem seguro caso ocorresse um acidentes, isso não significava que ela iria ser assegurada por qualquer tipo de problema que acontecesse, visto que, a maioria desses contratos de seguro eram para perdas de equipamentos, negócios e responsabilidade civil extracontratual. Porém acidentes de grandes proporções não são assegurados por completo pela seguradora, pois custos como ações judiciais, danos à reputação e entre outros saíram do caixa da empresa e com isso os

investidores se anteciparam e venderam as ações dessas companhias. Eles concluíram que desastres tecnológicos podem gerar uma queda no valor de mercado das companhias envolvidas.

Os investidores tendem a reagir negativamente e rapidamente vendendo suas ações perante notícias ruins, como por exemplo: explosões em refinarias e em fábricas de produtos químicos. Foi constatado que houve uma queda de 1,38% em média do patrimônio dos acionistas que tinham em seus portfólios empresas do ramo petroquímico, isso apenas um dia depois do desastre. Porém, também foi averiguado que empresas que investiram mais em publicidade e com maior tempo de propaganda na televisão e jornais conseguiram amenizar o impacto no mercado financeiro (Capelle-Blancard e Laguna, 2007).

Conforme Fernandes e Maranhão (2016), investigaram se o rompimento da barragem da Samarco impactou as ações da BHP Billiton cotadas na bolsa de valores australiana e por sua vez se a BHP teve força suficiente para contaminar a Australian Securities Exchange (ASX). A conclusão que eles chegaram foi que apenas 9% das variações da ASX eram explicadas pelas variações da BHP Billiton, sendo assim, a correlação entre elas é muito baixa. Outro detalhe é o beta que não apresentou nenhuma relação entre o deslocamento do mercado e a sensibilidade do investimento. A tragédia em Mariana (MG) não influenciou as ações da BHP Billiton e muito menos o mercado acionário da Austrália, tanto que, as ações da companhia se valorizaram mesmo perante o desastre tecnológico da Samarco. Talvez esse não impacto possa ter ocorrido pela forma que é a sociedade entre a Vale e a BHP, conforme demonstra Milanez et al (2015, p. 5),

> Desde o início, esta estratégia objetivou a ‘desresponsabilização operacional’ do grupo, se revelando plenamente a partir do ingresso da Vale S.A. (2000) e de sua reestruturação societária como um modelo de joint venture no qual a responsabilidade jurídica sobre as operações da Samarco recai exclusivamente sobre a Vale.

4. DADOS E METODOLOGIA

4.1 Dados

A partir da finalidade deste trabalho, coletou-se no site da BM&FBOVESPA o preço das ações preferenciais da Vale (VALE5)[13] e no site da "investing.com" o preço do minério de ferro[14], sendo a VALE5 a variável explicada e a cotação do minério de ferro a variável explicativa. Para ambas variáveis utilizou-se cotações históricas diárias e um período de 12 meses que vão do dia 05/05/2015 até o dia 05/05/2016, ou seja, 6 meses antes da quebra da barragem da Samarco e 6 meses depois do evento ocorrido, totalizando 248 observações para cada uma das duas variáveis aqui apresentada. Esse período de tempo foi escolhido para que o modelo estrutural de séries de tempo com o uso do filtro de Kalman possa ser estatisticamente significativo, além disso, para que se tenha uma melhor análise dos gráficos, pois assim será possível observar se as ações da Vale já se encontravam em tendência de queda ou não e a partir disso averiguar se foi o minério de ferro ou o desastre em Mariana (MG) que causou a desvalorização da empresa na bolsa de valores de São Paulo.

4.2 Metodologia

Para esta pesquisa decidiu-se por utilizar o modelo econométrico conhecido como modelo estrutural de séries de tempo e além disso, também será utilizado em conjunto com esse método o filtro de Kalman. Conforme Wooldridge (2014, p. 318), "um conjunto de dados de séries temporais tem uma ordenação temporal", ou seja, o passado pode vir a afetar o futuro. Já o filtro de Kalman são algoritmos matemáticos que têm como objetivo suavizar o quadrado do erro através de um processo recursivo, com isso, essa ferramenta acaba gerando uma melhor previsão, pois ela aprende com os erros do passado (HARVEY, 1989).

Optou-se por utilizar a metodologia já apresentada nessa subseção por se tratar de um modelo onde os componentes absorvem as mudanças que vão ocorrendo na série ao longo do tempo e o filtro de Kalman por lidar melhor com séries não estacionárias. A partir disso, podemos decompor o modelo estrutural de

---

[13] Serão usadas apenas ações preferenciais, pois são as mais voláteis, ou seja, apresentam maior volume de negociação em relação as ações ordinárias.

[14] Fez-se uso do índice de mercado, cujo qual nesta pesquisa é o minério de ferro, por ser uma variável que melhor explica os movimentos das ações da Vale do que o próprio índice Bovespa.

séries temporais em tendência, ciclo, sazonalidade e erro[15]. A formulação segue Harvey (1993):

$$y_t = \mu_t + \psi_t + \gamma_t + \varepsilon_t \quad (1)$$

onde (μ_t) é a tendência, (ψ_t) o ciclo, (γ_t) a sazonalidade e o (ε_t) o erro. Cada um desses componentes têm suas particularidades, que são:

Tendência (μ_t): dentro da série essa variável representa movimentos longos que podem ser sobrepujados para o futuro. Segundo Harvey (1989), uma forma básica de representar esse termo é somando a tendência (μ_t) com o erro (ε_t). Sendo assim, podemos escrevê-la como:

$$y_t = \mu_t + \varepsilon_t \quad (2)$$

onde a tendência linear estocástica é constituída pelo nível (μ_t) e pela taxa de crescimento (β_t) que podem ser descritos em formas de equações

$$\mu_t = \mu_{t-1} + \beta_{t-1} + \eta_t \quad (3)$$

$$\beta_t = \beta_{t-1} + \xi_t \quad (4)$$

cujo qual η_t e ξ_t são ruídos brancos independentes entre si. “Observe que se as variâncias dos choques do nível, σ_η^2, e da taxa de crescimento, σ_ξ^2, forem zero, então a tendência será determinística” (VIEIRA e PEREIRA, 2014, p. 3).

Ciclo (ψ_t): esse componente geralmente representa movimentos de longo prazo tanto de alta quanto de baixa, onde não se possui uma periodicidade regular. O ciclo pode ser determinístico ou estocástico. Ele será determinístico se a variância do choque (σ_κ^2) for igual a zero, a partir disso podemos escrever a equação por meio de senos e cossenos da seguinte forma:

$$\psi_t = \alpha \cos(\lambda_t) + \beta \operatorname{sen}(\lambda_t) \quad (5)$$

[15] Faz-se necessária a decomposição, pois é a partir dela que o modelo irá verificar a existência de quebra estrutural, sendo essa indicada pela intervenção manual e/ou automática.

Com essa equação faz-se necessário acrescentar algumas variáveis estocásticas e além disso, é essencial adicionar em conjunto um componente de amortecimento, através disso tem-se a seguinte função:

$$\begin{pmatrix}\psi_t\\ \psi_t^*\end{pmatrix} = \rho \begin{pmatrix} cos\lambda & sen\lambda \\ -sen\lambda & cos\lambda \end{pmatrix} \begin{pmatrix}\psi_{t-1}\\ \psi_{t-1}^*\end{pmatrix} + \begin{pmatrix}\kappa_t\\ \kappa_t^*\end{pmatrix} \text{ onde } \lambda = \frac{2\pi}{w} \qquad (6)$$

em que ψ_t é o ciclo e ψ_t^* é também o componente cíclico, porém este serve para capturar a composição autorregressiva de segunda ordem (HARVEY, 1993). Os outros termos da função são o fator de amortecimento cíclico (ρ)[16], a frequência do ciclo (λ), o período de ocorrência do ciclo (w) e o erro de transição cíclica (κ_t e κ_t^*)[17].

Sazonalidade (γ_t): é descrito como movimentos que acontecem com maior frequência, podendo ser semanal, mensal ou anual, e com um certo padrão. A partir disso, podemos escrever a equação da seguinte forma:

$$\gamma_t = -\sum_{j=1}^{s-1} \gamma_{t-j} + \omega_t$$

onde ω_t é um ruído branco.

Erro (ε_t): “o termo de erro representa todas as variáveis omitidas no modelo, mas que coletivamente afetam Y” (GUJARATI E PORTER, 2011, p. 65). Ou seja, são variáveis difíceis de se coletar os dados, porém o pesquisador tenta ao máximo minimiza-las[18].

A partir da decomposição das variáveis tradicionais do modelo de séries de tempo, podemos formular a equação que será utilizada para esta pesquisa. Além dos componentes que foram apresentados, será introduzido no modelo um termo de intervenções automáticas (*Interv*) que terá o objetivo de identificar as quebras estruturais na série histórica da VALE5 e com isso, averiguar se alguma das quebras sinalizadas pelo modelo ocorreu no dia 05/11/2015, que foi quando ocorreu a quebra da barragem da Samarco S.A em Mariana (MG), ou então em uma data próxima ao desastre. As quebras estruturais podem ser em nível, inclinação ou choque.

---

[16] Este varia entre 0 e 1.
[17] Sendo ambos ruídos brancos com as mesmas variâncias e independentes entre si.
[18] O filtro de Kalman atua sobre o erro para atenuá-lo o máximo possível.

Apesar da possível aplicação de intervenções automáticas e/ou manuais, fez-se unicamente uso da primeira, pois a segunda não foi estatisticamente significativo. Outro motivo de se utilizar somente as intervenções automáticas é que essas são escolhas feitas a partir de cálculos estatísticos e não por questões de escolhas pessoais, como é o caso da manual. Esse detalhe faz com que o modelo possa ser melhor ajustado e que o mesmo seja menos tendencioso, ou seja, os erros serão suavizados e será adotada a quebra estrutural que melhor representar o modelo.

Após essas explanações a série temporal assumirá a seguinte forma:

$$y_t = \mu_t + \psi_t + \gamma_t + Interv + \varepsilon_t \qquad (8)$$

onde, a partir dela, o filtro de Kalman será estimado por se tratar de uma regressão que apresenta componentes não observáveis. De acordo com Araújo (2000, apud MARTINS; METTE; MACÊDO, 2009), o filtro de Kalman é definido por meio de um processo linear dinâmico gerado através de um algoritmo construído por equações de repetição. Esse método pode ser assimilado de uma melhor forma ao analisá-lo como uma inferência bayesiana que apresenta resultados conhecidos e fundamentos da estatística multivariada.

Segundo Harvey (1989), a forma correta de se lidar com o modelo estrutural de séries temporais é colocá-lo em molde de espaço-estados[19]. Dito isso, o filtro de Kalman irá remodelar o estado a partir de uma nova observação após esta apresentar-se disponível e as previsões surgirão com a extrapolação dos termos para o futuro. Os hiperparâmetros serão os responsáveis pelas previsões, pois estas ocorrerão logo após a estimação precisa dos parâmetros estocásticos que incidem sobre o comportamento da série.

Conforme Nelson e Kim (1999), os modelos estacionários fazem parte da classe geral dos modelos estocásticos. A transformação do método estrutural de séries temporais em formato de espaço-estado nos possibilita fazermos uso dos algoritmos recursivos do filtro de Kalman para que seja estimado o vetor de estados em t, utilizando como base a resposta obtida em t.

Podemos utilizar o modelo na forma de espaço-estado da seguinte maneira:

---

[19] Vale ressaltar que o estado será o responsável pelas variáveis não observadas.

$$Y_t = Z_t X_t + d_t + \varepsilon_t \qquad \text{com, t = 1, 2, 3, ..., T} \qquad (9)$$

em que Z_t é uma matriz N x m, d_t é um vetor N x 1, ε_t é um vetor serialmente não correlacionado com média zero e matriz de covariância H_t e X_t é um vetor m x 1 que abrange os componentes de estado não observáveis. O processo markoviano de ordem 1 gerará as variáveis na forma de estado, esse processo é conhecido como equação de transição e pode ser visualizado na forma de função como:

$$X_t = T_t X_{t-1} + C_t + R_t N_t \qquad \text{com, t = 1, 2, 3, ..., T} \qquad (10)$$

onde T_t é uma matriz m x m, C_t é um vetor m x 1, R_t é uma matriz m x g e N_t é um vetor g x 1 serialmente não correlacionado com média zero e matriz de covariância Qt. A partir disso, o filtro de Kalman irá obter as variáveis não observáveis das séries de tempo estruturais através do sistema recursivo.

O reconhecimento das quebras estruturais seguem a mesma lógica. Sendo elas o principal interesse dessa investigação científica para a obtenção da resposta que se pretende solucionar[20]. Para isso, fez-se a utilização das intervenções automáticas, onde as mesmas se baseam em modelos estatísticos para a identificação das quebras estruturais que vierem a aparecer na série histórica da VALE5 durante um período de 12 meses. Caso ocorra um retorno anormal bastante expressivo no preço da ação no dia ou próximo ao evento, 05/11/2015, teremos um forte sinal de causalidade.

Após uma quebra estrutural ser identificada, ela será testada estatisticamente para ver se a mesma é significativa. Posterior a isso, restará apenas adotar a especificação (inclinação, choque ou nível) que melhor minimizar o erro do modelo. O software utilizado para esse modelo econométrico é o STAMP (*Structural Time Series Modeller and Predictor)*, o programa atua com o objetivo de reconhecer dados discrepantes e quebras estruturais por meio do teste CUSUM[21], onde para se obter o resultado ele integra o filtro de Kalman ao modelo estrutural de séries temporais. Quando esse teste extrapola a soma da fronteira estatística demarcada tem-se o período identificado, sendo essa uma informação discrepante, também conhecida como outlier, ou então um quebra estrutural. Sendo assim, com o

[20] Saber se os agentes econômicos penalizaram a Vale ou não, através da venda dos seus papéis cotados na BM&FBOVESPA, pelo desastre causado pela sua subsidiária Samarco após a quebra da barragem que causou um rastro de destruição para pessoas e outras empresas entre Mariana (MG) até o estado do Espírito Santo.

[21] Esse teste faz uso do aglomerado da soma dos resíduos recursivos.

intuito de minimizar o erro da regressão o software irá testar diferentes especificações, para que se consiga ajustar o modelo da melhor maneira possível no formato de espaço-estado.

5. RESULTADOS

Para essa seção, tem-se como proposta a aplicação do modelo estrutural de séries de tempo com filtro de Kalman para que os parâmetros possam ser estimados e assim seja possível tirar conclusões da série histórica da VALE5 após a ruptura da barragem da Samarco. Com o intuito de desvendar o objetivo desse trabalho, as etapas serão: primeiro demonstrar os resultados estatísticos gerados automaticamente pelo software STAMP, depois ver em quais períodos ocorreram as quebras estruturais e por fim, apurar se alguma das datas das quebras obtidas pelo programa coincidem com o desastre causado em Mariana (MG) pela empresa Samarco.

Esta pesquisa não fez uso das intervenções manuais, como já foi descrito na seção anterior, por elas não serem estatisticamente significativas, ou seja, apresentaram um estimador viesado onde a distribuição dos resíduos é anormal e são autocorrelacionados. Por isso, fez-se apenas uso das intervenções automáticas, pois segundo o teste de Jarque-Bera e o de Ljung-Box, respectivamente, os resíduos apresentaram distribuição normal e não são autocorrelacionados. A partir disso, temos todos os meios necessários para analisar a série que apresentou o modelo mais ajustado.

No dia 05/11/2015 a Samarco[22] causou um gigantesco desastre na cidade de Mariana (MG) e adjacências até o estado do Espírito Santo por conta da quebra da barragem que continha rejeitos que se espalharam pelos lugares já mencionados nesse trabalho, levando destruição, caos, perdas sociais, financeiras e etc. Nesse dia o preço de abertura das ações da VALE5 foi de R$ 14,17 e o preço de fechamento foi de R$ 13,85, tendo uma variação negativa de 2,26% no dia[23] e conforme o Gráfico 3 abaixo podemos ver que ela entrou em uma tendência de queda.

[22] Empresa subsidiária da Vale e da BHP Billiton.
[23] No dia do desastre o preço do minério de ferro fechou em US$ 46,86 e no dia anterior ao evento o preço de fechamento foi de US$ 47,45, ou seja, houve uma variação negativa de 1,24%.

Gráfico 3: Série das ações da VALE5.

Fonte: gráfico do programa Meta Trader 5.

A Tabela 4 demonstra que o modelo com intervenções automáticas é não viesado, isto é, não há autocorrelação residual e os resíduos têm distribuição normal, também é possível visualizar o comportamento dos resíduos no Gráfico 4 que fundamenta os resultados descobertos estatisticamente. Segue logo abaixo as estimações do modelo e será a partir dos resultados obtidos que se chegará a uma conclusão.

Tabela 4: Resultados das estimações com intervenções automáticas para VALE5.

Estatísticas Resumidas:	
	VALE5
T	248.00
p	2.0000
Desvio Padrão	0.46689
Normalidade	0.046502
H(96)	1.3428
DW	1.8713
r(1)	0.049924
q	16.000
r(q)	-0.062263
Q(q, q-p)	13.956
Rd^2	0.13121

Variações de Perturbações:		
	Valor	**(razão-q)**
Nível	0.194013	(1.000)
Inclinação	0.000000	(0.0000)
Choque	0.000000	(0.0000)
Análise de Espaço-Estado		
	Valor	**Prob.**
Nível	6.93553	[0.00000]
Inclinação	-0.03412	[0.22559]
Testes		
Autocorrelação	Chi^2(2) = 0.046502 [0.9770]	
Normalidade	Chi^2(16) = 13.956 [0.6020]	

EFEITOS DA REGRESSÃO NO ESTADO FINAL DO TEMPO

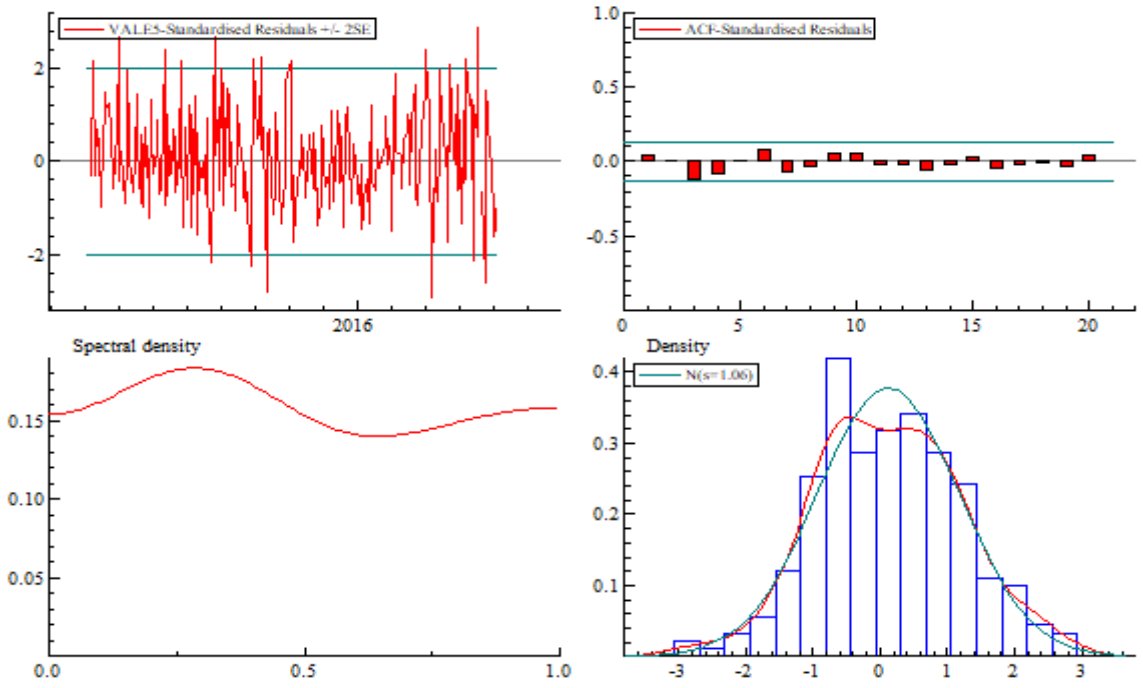
	Coeficiente	RMSE	Teste t	P-valor
Choque 238(1)	1.10715	0.31146	3.55471	[0.00045]
Nível 232(1)	1.32505	0.44244	2.99486	[0.00303]
TIOc1[24]	0.08588	0.02426	3.53936	[0.00048]

Fonte: Elaboração própria.

Após a realização das intervenções automáticas, observou-se a existência de duas quebras estruturais, uma de choque e a outra em nível. Sendo que, nenhuma delas coincide com a data próximo ao evento. Ambas as quebras só ocorreram depois de 5 meses do fato ocorrido em Mariana (MG), a de nível (232) aconteceu no dia 11/04/2016 onde no dia anterior as ações da VALE5 fecharam em R$ 12,19 e no dia da observação (232) fecharam em R$ 12,80, tendo aumentado positivamente por volta de 5% e seguindo essa mesma lógica para o minério de ferro, encontramos que no dia anterior o preço de fechamento foi de US$ 53,45 e no dia da observação (232) o preço de fechamento foi de US$ 54,80, apresentando um aumento positivo de aproximadamente 2,5%. Já a quebra estrutural de choque (238) ocorreu no dia 19/04/2016 onde no dia anterior o preço de fechamento foi de R$ 14,57 e no dia da amostra (238) o preço de fechamento foi de R$ 15,84, esse aumento positivo foi de 8,72%, fazendo esse mesmo raciocínio para o minério de ferro temos que no dia precedente o preço de fechamento foi de R$ 56,98 e no dia da amostra (238) foi de R$ 57,41, tendo ocorrido um aumento positivo de 0,75%.

[24] Preço do minério de ferro.

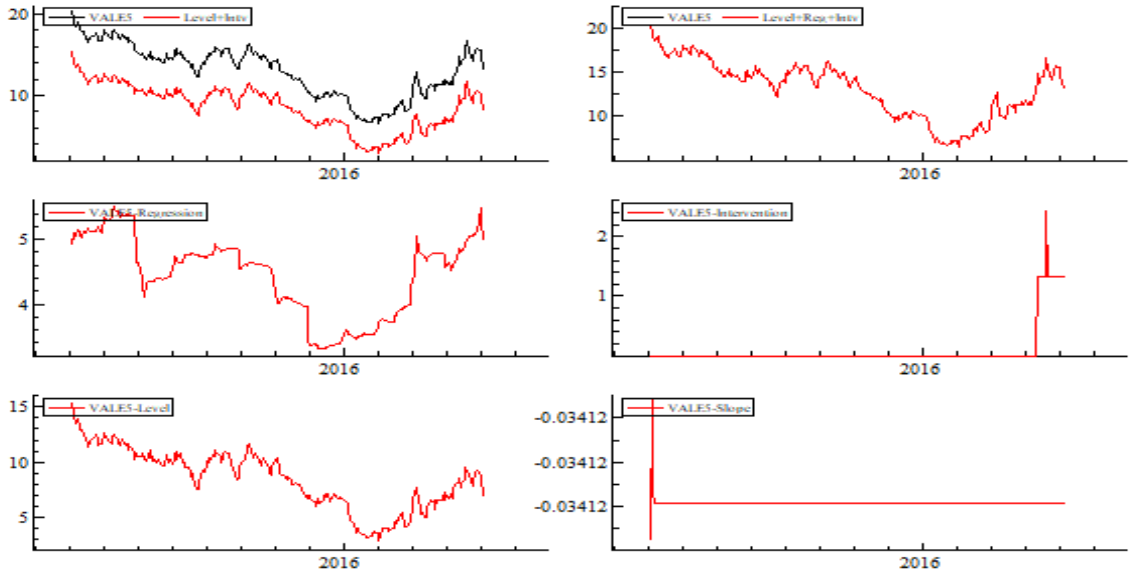
Gráfico 4: Autocorrelação e distribuição normal da série temporal.



Fonte: Elaboração própria.

Outra análise que pode ser feita é com relação as variâncias dos distúrbios e do vetor de espaço-estado que demonstraram a quebra estrutural de maior relevância, sendo ela em nível. Esse estudo também pode ser feito visualmente a partir do Gráfico 5.

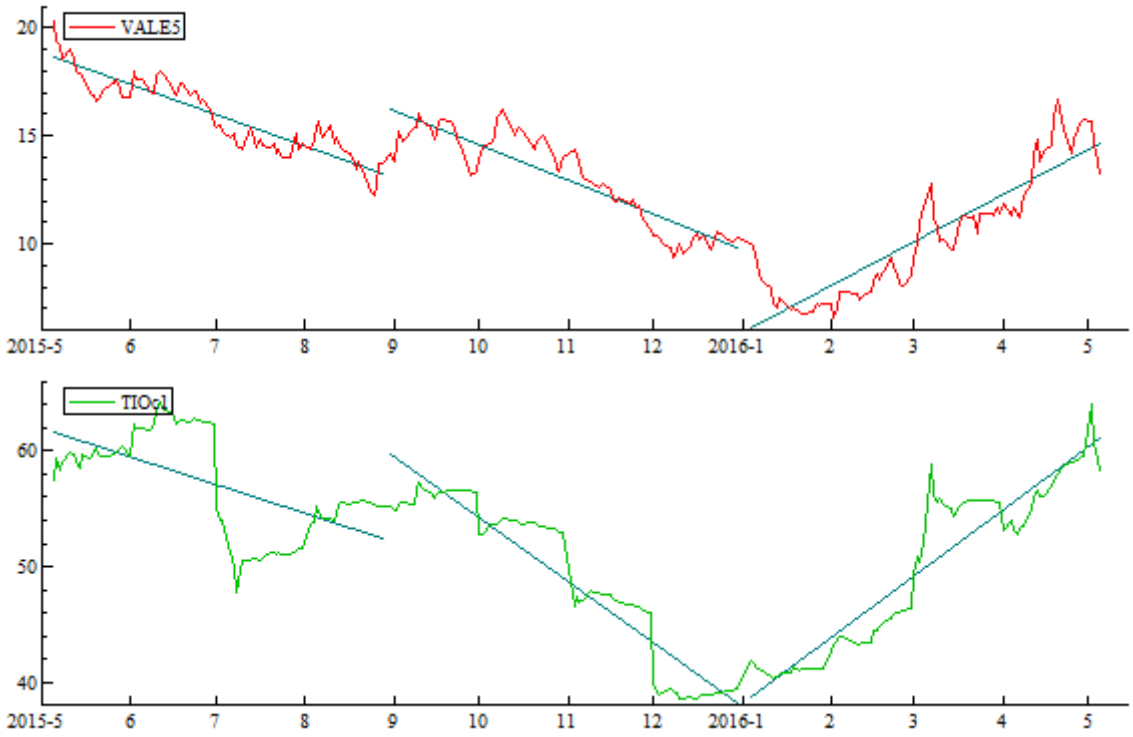
Gráfico 5: Componentes da série – VALE5.



Fonte: Elaboração própria.

Os resultados obtidos por meio das intervenções automáticas mostraram que não pode-se afirmar que o mercado penalizou as ações da Vale após a ruptura da barragem contendo rejeitos da Samarco. Essa desvalorização da empresa segunda a metodologia de modelo estrutural de séries temporais com filtro de Kalman se deu devido à queda do preço do minério de ferro. O Gráfico 6 exibe a evolução dos preços da VALE5 e do minério de ferro, sendo possível ver claramente que as ações da Vale acompanham a tendência do minério de ferro.

Gráfico 6: Séries históricas das evoluções dos preços da VALE5 e do minério de ferro (TIOc1).



Fonte: Elaboração própria.

Por fim, como já foi dito nesse capítulo, não é possível afirmar que a Vale foi penalizada pelos desastres causado pela sua subsidiária, pois conforme os dados e gráficos aqui apresentados não se pôde chegar a essa conclusão. Conforme as duas quebras estruturais apresentadas pelo modelo e o Gráfico 6 o que fez a companhia entrar numa tendência de queda foi a sua principal matéria prima, o minério de ferro. Vale também ressaltar que a empresa já estava em tendência de queda quando o evento ocorreu.

CONCLUSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Essa monografia teve como missão investigar se após a quebra da barragem contendo rejeitos da empresa Samarco no dia 05/11/2015 levou as ações da Vale S.A. a entrarem numa tendência de queda. Considerou-se para essa pesquisa um período de tempo de 12 meses, sendo, 6 meses antes e 6 meses depois do evento, ou seja, do dia 05/05/2015 até o dia 05/05/2016 e além disso, utilizou-se as ações preferenciais da Vale, a VALE5, e o preço do minério de ferro. A maior parte da literatura presente nesse trabalho comprovou empiricamente que após a empresa se envolver em desastres tecnológicos/ambientais, que o mercado tende a penalizar essa empresa através da venda dos papéis, fazendo com que a companhia venha a entrar em tendência de queda, pois os custos para reparar os danos são altos e isso acaba fazendo com que o dividendo venha a diminuir para os seus acionistas.

Decidiu-se utilizar o modelo estrutural de séries temporais com o uso do filtro de Kalman, pois esse modelo avalia as variáveis não observáveis e também porque os componentes de tendência, ciclo, sazonalidade e erro capturam os efeitos que vão ocorrendo ao longo da série com o passar do tempo e o filtro de Kalman por ser ótimo com o tratamento de séries não estacionárias e também por ser tratar de equações matemáticas que tem como objetivo minimizar do erro da regressão, porém para isso é necessário que a série esteja em formato de espaço-estado para que seja possível utilizar o artifício recursivo do filtro e com isso, tornar o modelo mais ajustado. Podemos concluir que utilizando-se da metodologia de quebras estruturais com intervenções automáticas não foi possível afirmar que o caos causado em Mariana (MG) pela Samarco levou os papéis da Vale a entrarem em tendência de queda, pois não foram encontrados indícios de variações anormais no preço da empresa no dia do desastre ou num período próximo ao evento. O modelo apenas encontra quebras estruturais significantes 5 meses após a ruptura da barragem, momento pelo qual o preço do minério inverteu a tendência de queda para uma forte alta.

O modelo sugere então que a queda das ações se deveu em grande parte por conta da queda no preço do minério de ferro e não necessariamente o impacto causado pelo rompimento da barragem, mesmo que esse possa ter contribuído de alguma forma. É importante frisar que os resultados obtidos vão de encontro com o estudo de Fernandes e Maranhão (2016), que avaliou pela

metodologia de estudo de eventos o mesmo caso para a BHP Bilinton, onde também não houve nenhum sinal de desvalorização dos papéis da empresa por conta do mesmo evento. Sendo assim, esse fato corrobora para que o trabalho tenha uma boa validação, pois ambas convergiram para o mesmo resultado, principalmente porque a metodologia utilizada nessa investigação é muito mais robusta e completa do que a utilizados pelos dois autores para a BHP Billiton.

Por fim, apesar de não ser possível fazer a afirmação de que houve correlação e causalidade entre o desastre e a queda no preço das ações da Vale, porém ambas as empresas, tanto a Vale quanto a BHP Billiton, devem ser penalizadas severamente pelo acontecimento do dia 05/11/2015 no distrito de Bento Rodrigues, pois houveram perdas financeiras e sociais. Pessoas e animais morreram, bens materiais foram perdidos, outras empresas tiveram prejuízos por conta da lama contendo rejeitos que se arrastou por outros lugares de Minas Gerais até o Espírito Santo, como por exemplo a Cemig, entre outros prejuízos imensuráveis.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARCELOS, E. (Cartógrafo). **O Rastro da Destruição. O Caminho da Lama... na Bacia do Rio Doce**. 2015.

BIGHETTI, H. **Os números da tragédia em Mariana (MG)**, Canal Rural. 11 ago. 2015. Disponível em: <http://www.canalrural.com.br/noticias/noticias/numeros-tragedia-mariana-59620>. Acesso: 20 ago. 2017.

BRASIL MINERAL. **Os Perfis das 100 Maiores**. Brasil Mineral, XXXII, 2015.

CAMARGOS, D. **Grupo de moradores de Mariana planeja manifestação em defesa da Samarco**. Minas Gerais. 17 nov. 2015. Disponível em: <http://www.em.com.br/app/noticia/gerais/2015/11/17/interna_gerais,708844/moradores-de-mariana-planejam-manifestacao-em-defesa-da-samarco.shtml>. Acesso: 13 ago. 2017.

CAPELLE-BLANCARD, Gunther; LAGUNA; Marie-Aude. How does the stock market respond to chemical disasters? A worldwide analysis. **Journal of Environmental Economics and Management**, vol. 59, issue 2, p. 192-205, March 2010.

CARRANÇA, Thais. Onda de lama fez três usinas pararem produção de energia, afirma Cemig. **Valor Econômico**, 12 nov. 2015. Disponível em: < http://www.valor.com.br/empresas/4313604/onda-de-lama-fez-tres-usinas-pararem-producao-de-energia-afirma-cemig>. Acesso: 02 jun. 2016.

COSTA, R. V. P. d. **Otimização da Resistência à Compressão de Pelotas de Minério de Ferro para Redução Direta pela Aplicação de Projeto Robusto**. (Mestrado), Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2008, p. 4.

DATASUS. **Índice de Gini da Renda Domiciliar Per Capita - Minas Gerais**. Brasília: DATASUS. Ministério da Saúde, 2015.

DNPM. **Maiores Arrecadadores CFEM**, 2015. Disponível em: <https://sistemas.dnpm.gov.br/arrecadacao/extra/Relatorios/cfem/maiores_arrecada d ores.aspx>. Acesso: 09 set. 2017.

DUARTE, M. Comunicação Oral. In: Audiência Pública da Comissão de Legislação Participativa, **Câmara dos Deputados**. Brasília. 18 nov. 2015.

FERNANDES, Ana Palloma Rocha; MARANHÃO, Roberto Kaehler de Albuquerque. Investigações sobre o comportamento do mercado de ações frente a eventos: Um estudo de caso australiano. **Saber Humano**, ISSN 2446-6298, v. 6, n. 8, p. 149-159, jan/jul. 2016.

GUJARATI, Damodar N.; PORTER, Dawn C. **Econometria Básica**. 5ª ed. Porto Alegre: AMGH Editora Ltda, 2011, p. 65.

HARVEY, Andrew C. **Forecasting, Structural Time Series Models and the Kalman Filter**. 1ª ed. London: London School of Economics and Political Science, 1989.

HARVEY, Andrew C. **Time series models**. 2.ed. Cambridge: MIT Press, 1993.

IBAMA. **IBAMANET**. 2015. Disponível em: <https://ibamanet.ibama.gov.br>. Acesso: 11 set. 2017.

IBAMA. **Laudo Técnico Preliminar**. 2015. Disponível em: <http://www.ibama.gov.br/phocadownload/barragemdefundao/laudos/laudo_tecnico_preliminar_Ibama.pdf> Acesso: 09 jul. 2018.

IBASE. Mapa das Minas. Rio de Janeiro: IBASE. Instituto Brasileiro de Análises Sociais e Econômicas, 2013. Disponível em: < http://ibase.br/pt/download/8354/>. Acessado: 10 set. 2017.

IBGE. (2015). **Censo Demográfico 2010**. Rio de Janeiro: IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2015.

KLEIN, E. L., SOUZA, D. P. d., & FAÉ, R. C. Z. Impactos Tributários do projeto quarta pelotização da Samarco na receita total dos municípios de influência. In: **Anais do II Congresso Brasileiro de Avaliação de Impacto**, Ouro Preto, 2014.

MARTINS, Marco Antônio dos Santos; METTE, Frederike Monika Budiner; MACÊDO, Guilherme Ribeira de. Estimação da receita líquida em uma empresa de varejo através de uma modelagem estrutural. **Business Review – Revista de Negócios**, UNIFIN, ISSN 1980-2080, nº7, p. 1-14, março 2009.

MILANEZ, B.; LOSEKANN, C. **Desastre no vale do rio doce:** antecedentes, impactos e ações sobre a destruição. Rio de Janeiro: Folio Digital, 2016.

MILANEZ, B. et al. **Antes fosse mais leve a carga: avaliação dos aspectos econômicos, políticos e sociais do desastre da Samarco/Vale/BHP em Mariana (MG)**, 2015.

MTE. Dardo Web, 2015. Disponível em: <http://bi.mte.gov.br/scripts10/dardoweb.cgi>. Acesso: 05 out. 2017.

NELSON, Charles R.; KIM, Chang-Jin. **State-space models with regime switching**. 1ª ed. Cambridge: MIT Press, 1999.

NOGUEIRA, Kênia Genaro de Freitas; ANGOTTI, Marcello. Os efeitos da divulgação de impactos ambientais: um estudo de eventos em companhias petrolíferas. **Revista Contemporânea de Contabilidade**, UFSC, Florianópolis, ISSN 1807-1821, v.8, nº 16, p. 65-88, jul/dez. 2011. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/contabilidade/article/view/2175-8069.2011v8n16p65/20045>. Acesso em: 05 jan. 2018.

O GLOBO. Imagens da NASA mostram caminho da lama até foz do rio Doce. **O Globo Online**. 12 fev. 2015. Disponível em: <http://oglobo.globo.com/brasil/imagens-da-nasa-mostram-caminho-da-lama-ate-fozdo-rio-doce-18198911>. Acesso: 29 jul. 2017.

RODRIGUES, G. S. S. C. **A análise interdisciplinar de processos de licenciamento ambiental no estado de Minas Gerais:** conflitos entre velhos e novos paradigmas. Sociedade & Natureza. 2010.

ROSTÁS, Renato. Provisões para desastre levam Samarco a prejuízo de R$ 5,8 bilhões. **Valor Econômico**, 28 abril de 2016. Disponível em: < http://www.valor.com.br/empresas/4542335/provisoes-para-desastre-levam-samarco-prejuizo-de-r-58-bilhoes>. Acesso: 10 abril de 2017.

SAMARCO MINERAÇÃO. **Relatório Anual de Sustentabilidade 2009**. Belo Horizonte, 2010.

SAMARCO MINERAÇÃO. **Relatório Anual de Sustentabilidade 2010**. Belo Horizonte, 2011.

SAMARCO MINERAÇÃO. **Relatório Anual de Sustentabilidade 2011**. Belo Horizonte, 2012.

SAMARCO MINERAÇÃO. **Relatório Anual de Sustentabilidade 2012**. Belo Horizonte, 2013.

SAMARCO MINERAÇÃO. **Relatório Anual de Sustentabilidade 2013**. Belo Horizonte, 2014.

SAMARCO MINERAÇÃO. **Relatório Anual de Sustentabilidade 2014**. Belo Horizonte, 2015a.

SAMARCO MINERAÇÃO. **Relatório da Administração e Demonstrações Financeiras 2014**. Belo Horizonte, 2015b.

SCHANNEP, Jack. **Dow Theory for the 21st Century**: technical indicators for improving your investment results. 1. ed. New Jersey: Wiley, 2008. p. 5-6.

SEMAD. **Sistema Integrado de Informação Ambiental (SIAM)**. 2015. Disponível em: <http://www.siam.mg.gov.br/siam/login.jsp>. Acesso: 10 out. 2017.

SILVA, Lílian Simone Aguiar da; QUELHAS, Osvaldo Luiz Gonçalves. Sustentabilidade empresarial e o impacto no custo de capital próprio das empresas de capital aberto. **Gest. Prod.**, São Carlos, v. 13, n. 3, p. 385-395, Dec. 2006. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-530X2006000300003&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 23 abr. 2016.

VARELA, Carmen Augusta; MILONE, Débora. A Resposta do mercado aos Acidentes Ambientais na Indústria Petrolífera: Estudo de Caso do Desastre no Golfo do México, **ENGEMA**, p. 1-16, 2013.

VIEIRA, Heleno Piazentini; PEREIRA, Pedro L. Valls. Um estudo sobre os ciclos de negócios brasileiro (1900-2012). **FGV-EESP**, São Paulo, Working Paper 357 – CEQEF nº 14, p. 1-18, Abril 2014. Disponível em: <http://bibliotecadigital.fgv.br/dspace/bitstream/handle/10438/11577/TD%20357%20-%20CEQEF%2014%20-%20Heleno%20Piazentini%20e%20Pedro%20Valls.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 09 dez. 2017.

WOOLDRIDGE, Jeffrey M. **Introdução à econometria: uma abordagem moderna**. 4ª ed. São Paulo: Cengage Learning, 2014, p. 318.