



Encontro Internacional sobre Gestão
Empresarial e Meio Ambiente

ISSN: 2359-1048
Dezembro 2016

ECOEFIÊNCIAS DO SETOR DE MINERAÇÃO: CASO MINERADO SAMARCO

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

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

OTACILIO DE MORAIS SOUZA
otacilioms@gmail.com

SANDRA REGINA SILVA DOS SANTOS SOUZA
sandraregina@uninove.br

GILSON CUBAN MARCOLINO
gilson.cuban@uninove.br

ECOEFIÊNCIAS DO SETOR DE MINERAÇÃO: CASO MINERADO SAMARCO

RESUMO. A ecoeficiência foi uma métrica desenvolvida pelo Conselho Mundial Empresarial para o Desenvolvimento Sustentável (WBCSD), em 1992. Este artigo analisa o valor da ecoeficiência da mineradora Samarco, no período de 2009 até 2014. Foi utilizada a metodologia do Programa Brasileiro GHG Protocol de inventário dos gases de efeito estufa. A ecoeficiência é a relação entre a riqueza gerada líquida de uma empresa e o impacto ambiental produzido. Como riqueza foi utilizada a Demonstração do Valor Adicionado (DVA), publicada pelos Relatórios econômico-financeiros da Samarco, no período de 2009 até 2014. Para avaliar o impacto ambiental utilizou-se a metodologia da GHG Protocol a partir de 2012, ajustando os períodos anteriores (2009 até 2011) da metodologia do IBRAM, por meio da regressão linear da série temporal, a fim de que esses dados fossem uniformes em relação aos escopos do inventário, ao longo de toda a série. Quanto aos objetivos, é um trabalho exploratório e explicativo; quanto à abordagem, é um trabalho quantitativo e, finalmente, quanto aos procedimentos, é uma pesquisa documental e *ex-post-facto*. O resultado desta pesquisa sugere que a Samarco apresenta uma geração de riqueza líquida de R\$ 18,86 para cada tonelada de gases de efeito estufa equivalente ao dióxido de carbono.

Palavras-chave: Ecoeficiência; WBCSD; Samarco; DVA; GHG Protocol.

ECOEFIÊNCIAS MINING INDUSTRY: CASE mined SAMARCO

SUMMARY. Eco-efficiency is a metric developed by the Business World Business Council for Sustainable Development (WBCSD) in 1992. This article examines the value of eco-efficiency Samarco mining company, from 2009 to 2014. We used the methodology of the Brazilian Program GHG Inventory Protocol of greenhouse gases. Eco-efficiency is the ratio of net wealth generated from a company and produced environmental impact. As wealth was used to Statement of Value Added (DVA), published by the Economic and Financial Reports of Samarco, from 2009 to 2014. To evaluate the environmental impact we used the methodology of the GHG Protocol from 2012, setting periods previous (2009 to 2011) of IBRAM methodology, by linear regression of the time series, so that these data were uniform with respect to inventory scopes, throughout the series. As to the objectives, it is an exploratory and explanatory work; as the approach is a quantitative work and finally about the procedures, it is a documentary research and *ex-post-facto*. The result of this research suggests that Samarco has a net worth of generation of R\$ 18.86 per ton of greenhouse gases equivalent to carbon dioxide.

Keywords: eco-efficiency; WBCSD; Samarco; DVA; GHG Protocol.

1 INTRODUÇÃO

O conceito de ecoeficiência foi introduzido pelo Conselho Mundial de Desenvolvimento Sustentável (WCSD), em 1992, após a publicação do Relatório de Brundtland de 1987. Este Relatório sugere que as empresas assumam, também, a responsabilidade pela Sustentabilidade do Planeta. Posteriormente, em 1997, Elkington (2012) publicou Canibais com Garfos, no qual criou o conceito do Tripé da Sustentabilidade. Enquanto o relatório Brundtland conclamava governos, empresas e pessoas a usarem de forma consciente os recursos finitos do Planeta, Elkington criou o conceito de Sustentabilidade cujas bases englobavam todos os atores que utilizavam os recursos do Planeta: empresas e pessoas, com objetivo de dar o mesmo peso à questão ambiental. Estava criado, pois, o conceito de Sustentabilidade.

O Conselho Empresarial Mundial para o Desenvolvimento Sustentável (WBCSD) começou a atuar junto às empresas para conscientizá-las sobre a questão da Sustentabilidade. Com base na difusão de conceitos relativos à Responsabilidade Social Empresarial, surgiram os primeiros índices em Bolsas de Valores no mundo. O primeiro foi o Índice de Sustentabilidade Empresarial da Bolsa de Valores de Nova York (DJSI), em 1999; seguido pelos FTSE4Good, em 2001, na Bolsa de Valores de Londres. No Brasil, em 2005, foi criado o Índice de Sustentabilidade Empresarial (ISE) da Bolsa de Valores de São Paulo. Todos esses índices têm como objetivo difundir os conceitos do Tripé da Sustentabilidade (*People, Planet and Profit*).

Na esteira dessas políticas, o WBCSD (1992) introduziu o conceito de ecoeficiência que relaciona a riqueza gerada pela empresa em relação ao impacto ambiental. Apesar de apresentar uma inovação na medição entre riqueza e impacto ambiental, essa métrica contém alguns defeitos atribuídos ao indicador de riqueza de um país: Produto Interno Bruto (PIB), que tem uma medida também denominada de renda *per capita*; ou seja, a riqueza total dividida pelo número de habitantes. Este índice pode avaliar de forma inadequada a distribuição de riqueza de um país, o qual pode ter alta renda *per capita*, mas somente uma pequena parcela é detentora efetiva dessa riqueza; isto é, há uma concentração de riqueza em uma pequena faixa da população. Similarmente, a ecoeficiência pode indicar que há geração de riqueza em relação ao impacto ambiental provocado pela geração dessa riqueza, mas não avalia, assim como o PIB, que somente beneficia alguns agentes, enquanto outros estão sendo impactados pelos gases de efeito estufa da geração dessa riqueza. Assim, em princípio, se essa relação for maior que uma unidade, há geração de riqueza em relação aos impactos ambientais. No entanto, questiona-se: todas as pessoas são beneficiadas por essa riqueza? Quem serão afetados pelos impactos ambientais da produção das empresas e não serão beneficiados pela riqueza gerada? São questões que não estão claras no cálculo da ecoeficiência de uma empresa.

O problema levantado por este estudo é questionar se a ecoeficiência da mineradora Samarco, se houver, é disseminada para todos os agentes impactados pelos gases de efeitos estufa na geração da produção de pelotas dos resíduos de ferro, ou somente os Acionistas são beneficiados pela riqueza gerada, e o impacto dos GEE fica para o restante da população? Este estudo se justifica porque é importante desmistificar o conceito de ecoeficiência como elemento equalizador do Tripé da Sustentabilidade (Elkington, 2012). O objetivo deste artigo, portanto, é analisar se a ecoeficiência alcançada pela produção de pelotas de ferro da Samarco beneficia todos os agentes atingidos pelos malefícios produzidos pelos GEE da responsabilidade desta empresa.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

A ecoeficiência é a meta a ser atingida por toda empresa que almeja a longevidade. Essa meta não é uma decisão unilateral empresarial, mas é resultado de um conjunto de fatores que levou os acionistas a temerem pela sobrevivência de sua organização (Sousa et al., 2015).

Houve pressão de grupos de *Stakeholders*, principalmente dos consumidores, que passaram a exigir a responsabilidade social, econômica e ambiental das empresas.

O livro-denúncia de Carson (1962), *Silent Spring*, alertou para o perigo do uso indiscriminado de produtos, sem averiguar o mal que causavam ao Planeta, e levou um grupo de cientistas a se reunir em Estocolmo, Suécia, em 1987. Tais cientistas publicaram o Relatório de *Brundtland: Our Common Future* (Nosso Futuro Comum) em que apontavam, de forma crítica, o modelo de produção capitalista como sendo mais focado no crescimento econômico do que no desenvolvimento econômico (BCSD Portugal, 2013; Zilbersztajn & Lins, 2010). No modelo de crescimento econômico, o fator de métrica é o PIB (Produto Interno Bruto) que mede a riqueza de um país, mas não se preocupa com a divisão dessa riqueza. Todavia, se o país utilizar o modelo de desenvolvimento econômico, outros atores entrarão nesse cálculo: pessoas e meio ambiente (Sachs, 2006).

Em 1990, Elkington criou a Teoria dos Três Pilares (*Triple Bottom Line*), como métricas para avaliar a responsabilidade social das corporações. Foi um adendo à crítica formulada pelo diretor do Programa de Administração Ambiental, Stuart Hart, da Universidade de Michigan, de que não basta se preocupar com a questão do Aquecimento da Terra, pois somente essa variável não resolverá o problema ambiental (Elkington, 2012, p. 108). Para Hart (1997),

Mesmo que todas as empresas no mundo desenvolvido alcançassem níveis de emissão de poluição zero até o ano 2000, a Terra ainda estaria estressada além do que os biólogos se referem como capacidade de suporte. De forma crescente, os flagelos do final do século 20 – terras assoladas, pesca predatória e florestas devastadas; poluição urbana; pobreza; doenças infecciosas e migração – estão além das fronteiras geopolíticas. O fato é que ao atendermos às nossas necessidades, estamos destruindo a capacidade das futuras gerações de atenderem as delas (Hart, 1990 como citado por Elkington, 2012, p. 108).

Nota-se que Hart (1990) reforça o foco do Relatório *Brundtland* (1987) de que se deve atender às atuais necessidades sem, contudo, comprometer as necessidades das gerações futuras. Hart também previu o que ocorre hoje na Europa com a ‘invasão’ de refugiados de guerra, isto é, questões sanitárias de novas doenças, como é o caso do vírus da Zica (*Aedes Aegypti*) no Brasil, e que poderá se tornar global.

Por isso, o papel fundamental das empresas é o de se concentrarem em variáveis que atendam a todas as questões levantadas por Hart (1990), ou seja, elas devem se preocupar não apenas com tecnologias, mercados, mas com igualdade social, justiça ambiental e ética empresarial (Elkington, 2012, p. 110). Para tanto, devem focar em três pilares: econômico (*Profit*), ambiental (*Planet*) e social (*People*). No pilar econômico estão contabilizados o capital físico (imobilizado), o capital financeiro e o capital humano (intangível). Para Elkington (2012), os executivos devem responder às seguintes questões:

Nossos custos são competitivos – e tenderão a continuar assim? A demanda pelos nossos produtos e serviços é sustentável? A nossa taxa de inovação tende a ser competitiva a longo prazo? Como podemos nos certificar de que os capitais humanos e intelectual não sairão da empresa? [...] A longo prazo, o conceito de capital econômico precisará absorver uma gama maior de conceitos, como capital natural e capital social. (Elkington, 2012, p.112).

No pilar econômico, deverão estar incluídas questões de inovação, como preconiza Schumpeter (1911), pois a essência do capitalismo é a criação destruidora. Por isso, os produtos de hoje podem desaparecer no futuro. E uma preocupação fundamental: a manutenção dos capitais humano e intelectual, que devem ser contabilizados no relatório do balanço social, não obrigatório no Brasil.

2.1 Pilares da sustentabilidade

No pilar ambiental, o autor introduz o conceito de capital natural: os recursos dos recursos da Terra. Conforme Elkington,

O conceito de capital natural é complexo. [...] É necessário contabilizar a riqueza natural que sustenta o ecossistema da floresta. [...] Outras funções que precisam ser incluídas na equação são as contribuições da água (na atmosfera, no solo e superfície) e os gases como o dióxido de carbono e o metano. [...] A flora e a fauna (Elkington, 2012, p.117).

Portanto, os recursos da Terra não devem ser percebidos como simples provedores das necessidades humanas, mas de todo o ecossistema. A empresa precisa estar atenta a esses recursos e deve, de alguma forma, contabilizá-los nos seus relatórios de balanço social.

O Relatório de Hart (1990) indica que o papel da sociedade, denominado de pilar social por Elkington (2012), é fundamental na sustentabilidade de uma organização. “Considera-se como capital humano na forma de saúde, habilidades e educação, mas também deve abranger medidas mais amplas de saúde da sociedade e do potencial de criação de riqueza” (Elkington, 2012, p.123). Para a sustentabilidade organizacional é importante a confiança das pessoas, das instituições, dos *Stakeholders*. Ismail Serageldin, vice-presidente de desenvolvimento sustentável ambiental do Banco Mundial, afirma que o capital humano exige, essencialmente, “investimentos em educação, saúde e nutrição”. Uma organização e um país somente alcançam o bem-estar social se houver pessoas criativas e com saúde, razão pela qual o nível educacional é fundamental para melhorar a produtividade. Portanto, as seguintes perguntas são postas para que uma organização seja sustentável:

Quais as formas de capital social cruciais em termos das nossas capacidades para nos tornarmos uma corporação sustentável? Quais são as tendências em termos de criação, manutenção ou destruição dessas formas de capital? Qual é o papel dos executivos para sustentar o capital humano e o capital social? Em que extensão os conceitos de justiça ambiental e igualdade e integrações influenciarão na mudança das formas pelas quais definimos o medimos o capital social? (Elkington, 2012, p. 125)

Callado e Fensterseifer (2009) citam os critérios GRI (*Global Reporting Initiative*), os critérios do *Dashboard of Sustainability*, os indicadores *Dow Jones Sustainability* (DJSI) que satisfazem os pilares da sustentabilidade. Os indicadores GRI (Econômico, Ambiental e Social) são a base da elaboração do Balanço Social; os indicadores *Dashboard of Sustainability* (Ecológico, Social, Econômico e Institucional) focam nas questões mais amplas da sociedade, não somente na empresa; os indicadores DJSI (Econômica, Ambiental e Social) salientam fatores de mercado de capitais das empresas listadas em Bolsas de Valores.

Portanto, no século XXI, o capital humano da organização e capital social no entorno dessa organização é crucial para que se criem, se inovem e se transformem riscos dos negócios da empresa em bem-estar de todos os envolvidos na sua administração e em torno dessa.

2.2 Ecoeficiência

A ecoeficiência foi introduzida pela WBCSD (*World Business Council for Sustainable Development*), em 1992:

A ecoeficiência é alcançada pela ‘entrega de bens e serviços a preços competitivos que satisfaçam as necessidades humanas e tragam qualidade de vida, enquanto progressivamente reduz os impactos ecológicos e a intensidade de consumo de recursos ao longo do ciclo de vida para um nível em linha com a capacidade estimada de suporte da Terra (WBCSD Portugal, 2013, p. 7).

A definição de ecoeficiência do WBCSD remete à definição de sustentabilidade do Relatório de Brundtland (1987), ao qual foram acrescentadas novas métricas: qualidade de vida e redução de impactos ambientais. Portanto, ecoeficiência é:

O uso mais eficiente de materiais e energia, a fim de reduzir impactos ambientais; usando mais racionalmente matérias-primas e energia; reduzindo os riscos de acidentes e melhorando a relação da organização com as partes interessadas (*Stakeholders*). Ou seja, ecoeficiência significa produzir mais com menos. (Câmara, 2009, p. 237).

Os seguintes parâmetros devem ser alcançados pelas organizações para serem ecoeficientes:

Reduzir o consumo de recursos: o consumo de materiais e energia deve ser reduzido através de melhorias da capacidade de reciclagem. Produzir produtos com maior qualidade e tempos de vida mais longa podem levar a melhorias dentro da área. (WBCSD Portugal, 2013, p. 7).

A racionalidade no consumo de matérias-primas está na inovação que pode alongar a vida dessas matérias-primas, por meio da logística reversa (reciclagem). Ou seja, “[...] desenhar ou redesenhar produtos e processos para minimizar o impacto ambiental enquanto maximizam a eficiência” (Câmara, 2009, p. 238).

Reduzir o impacto sobre a natureza. As melhorias podem ser obtidas utilizando recursos renováveis que são geridos de forma sustentável, bem como minimizando emissões, resíduos e disposições e substâncias tóxicas (WBCSD Portugal, 2013, p.7).

A redução de emissão de gases de efeito estufa pode ser alcançada por meio de utilização de recursos renováveis ou recicláveis, a fim de evitar o impacto ambiental das empresas no tripé ambiental (Elkington, 2012). Além disso, utilizar-se de ferramentas adequadas para mitigar os riscos ambientais, mediante auditoria ambiental. Focar, também, no consumidor, ao oferecer produtos e serviços com menos impactos ambientais; esta tomada de decisão implicará em “agregar valor ao negócio” ao “[...] adicionar cada vez mais valor [...]” (Câmara, 2009, p. 238).

No contexto da redução do impacto ambiental, no âmbito da ecoeficiência, a organização deverá adotar:

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

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

• **Mitigação das mudanças climáticas:** evitar ou reduzir emissões de gases de efeito estufa da organização (FIESP, 2015, 10).



Figura 1 - Ecoeficiência das empresas

Fonte: <https://www.google.com.br/search?q=imagens+de+ecoefficiencia&espv=2&biw=1600&bih=799&tbm=isch&tbo=u&source=univ&sa=X&ved>

Portanto, conforme Figura 1, a ecoeficiência requer um plano estratégico de longevidade da organização, por meio da visão macro que enxerga novas oportunidades de negócios que

sejam sustentáveis com a coparticipação dos clientes, dos fornecedores, outros setores que tenham aderência às atividades da empresa, pela inovação que se traduz em reengenharia dos processos, revalorização dos subprodutos, reconcepção dos produtos, por meio de reengenharia de seus processos (WBCSD Portugal, 2013, p. 21).

2.3 Inventário dos gases de efeito estufa (GEE)

O Protocolo de Kyoto (1997) foi assinado por 175 nações que se comprometeram a fazer o inventário de gases de efeito estufa (GEE), com a intenção de reduzir esses gases. Cada país instituiu normas específicas, mas que têm como padrão o IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*), de 1988. No Brasil, foi instituído o Programa Brasileiro GHG Protocol (Registro Público de Emissões). Desde 2008, este Programa lista as empresas brasileiras que aderem voluntariamente em fazer o inventário dos GEE (GVces, 2016). Todos os setores de economia brasileira estão presentes. Atualmente, 2016, há 136 empresas.

Os inventários dos GEE são classificados em escopos, cujos gases são medidos em toneladas de gases de efeito estufa, padronizados em dióxido de carbono. Cada setor da economia apresenta características específicas em cada escopo.

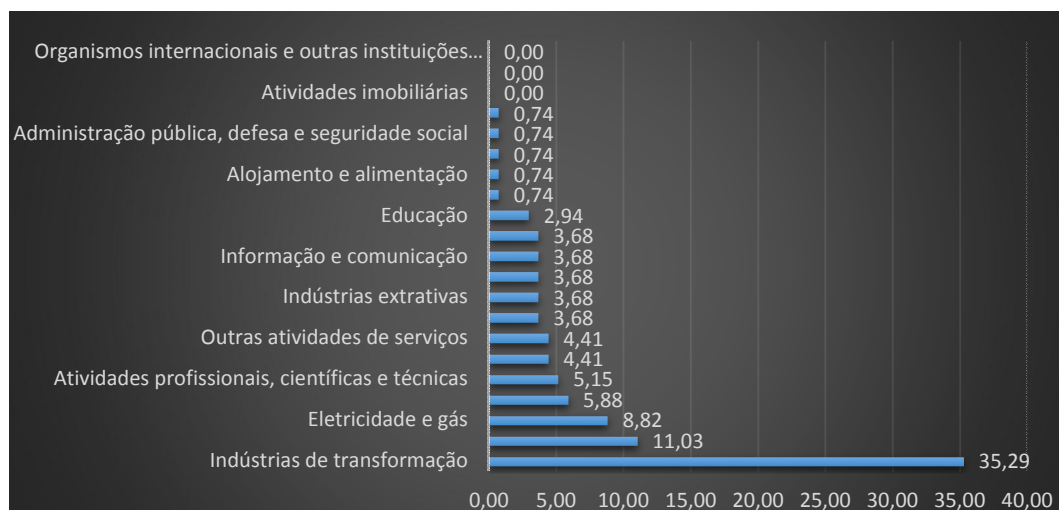


Figura 2 – Participação percentual por setor no Programa Brasileiro GHG Protocol em 2015

Fonte: Adaptada do Programa Brasileiro GHG Protocol.

A indústria de transformação é o grupo com o maior número de empresas que fazem o inventário dos GEE, com 35,29%; o setor de atividades financeiras é o segundo maior grupo com participação do inventário GEE. Chamam atenção alguns setores que deveriam liderar o Programa Brasileiro GHG Protocol, mas que têm baixa adesão: indústrias extrativas (3,68%); educação (2,94%); saúde humana e serviços sociais (3,68%) (Figura 2).

Os escopos são: Escopo1 – emissões de fontes diretas controladas pela empresa; Escopo 2 – emissões indiretas da geração da energia adquirida; Escopo 3- demais emissões indiretas relacionadas à atividade da empresa de fontes que não são controladas por esta. (CNI, 2015, p. 35).

Explicitando os escopos de emissões de GEE, têm-se (Sousa, et al., 2015, p. 13-4):

Conforme IPCC, conjuntamente com Programa Brasileiro GHG Protocol, há três tipos de escopos:

(a) **Escopo 1: emissões diretas** - aquelas provenientes de fontes que pertencem ou são controladas pelas organizações.

(b) **Escopo 2: Emissões indiretas** de GEE de energia. São aquelas produzidas pela aquisição de energias elétrica e térmica e consumidas pelas empresas, ou seja, são aquelas compradas pelas empresas e usadas no limite organizacional.

(c) **Escopo 3: Outras emissões indiretas de GEE**. É opcional o relato do inventário de GEE. Essas emissões são uma consequência das atividades das empresas, mas ocorrem em fontes que não pertencem ou não são controladas por elas. (IPCC - Programa Brasileiro De Ghp Protocol, 2012, p. 129 & Sousa et al., 2015).

3 METODOLOGIA

Esta pesquisa, quanto aos objetivos, se enquadra como exploratória e explicativa. Pois, a pesquisa exploratória “tem como propósito proporcionar maior familiaridade com o problema, com vistas a torná-lo mais explícito, [...] Seu planejamento tende a ser bastante flexível, pois interessa considerar os mais variados aspectos relativos ao fato ou fenômeno estudado” (Gil, 2010, p.27); trata-se de uma pesquisa explicativa porque “[...] tem como propósito identificar fatores que determinam ou contribuem para a ocorrência do fenômeno” (Gil, 2010, p. 28). Além disso, é quantitativa quanto à abordagem em virtude de

[...] os resultados serem tomados como se constituíssem um retrato real de toda a população alvo da pesquisa. A pesquisa quantitativa se centra na objetividade. [...] A pesquisa quantitativa recorre à linguagem matemática para descrever as causas de um fenômeno, as relações entre variáveis [...] (Fonseca 2002, p. 20 como citado por Silveira & Córdova, 2009, p. 33).

Quanto aos procedimentos, trata-se de uma pesquisa documental e *ex-post-facto*.

[...] A pesquisa documental utiliza fontes constituídas por material já elaborado. [...] A pesquisa documental recorre a fontes mais diversificadas e dispersas, sem tratamento analítico, tais como: tabelas estatísticas, jornais, revistas, relatórios, documentos oficiais. (Fonseca, 2002, p.32 como citado por Silveira & Córdova, 2009, p. 37).

É uma pesquisa *ex-post-facto* porque

[...] investiga possíveis relações de causa e efeito entre um determinado fato identificado pelo pesquisador e um fenômeno que ocorre posteriormente. A principal característica deste tipo de pesquisa é o fato de os dados serem coletados após a ocorrência dos eventos. (Fonseca, 2002, p. 32 como citado por Silveira & Córdova, 2009, p. 38).

Os procedimentos utilizados nesta pesquisa foram os da estatística descritiva e inferencial (Marconi & Lakatos, 2001, p. 107). Na estatística descritiva foram utilizados dados quantitativos dos anos de 2009b até 2014. Esses dados foram coletados dos relatórios Econômico-financeiros das Demonstrações do Valor Adicional da Samarco. Utilizaram-se, também, os dados dos inventários dos GEE, apurados pela metodologia do IBRAM, de 2009 até 2011. A partir de 2012, a Samarco passou a utilizar a metodologia de inventário dos GEE do Programa Brasileiro GHG Protocol, até 2014. Em virtude de diferenças metodológicas utilizadas pelo IBRAM e pelo GHG Protocol, recorreu-se à estatística inferencial de regressão linear de séries temporais para ajustar a metodologia do IBRAM à do GHG Protocol, de 2009 até 2011, por meio de análise de tendência temporal.

A fim de testar a hipótese de regressão entre as variáveis independentes (DVA) e dependentes (GEE), foram utilizados, ainda, os conceitos de correlação; coeficiente de determinação; ANOVA (Análise da Variância); teste de *Student*, a um nível de significância de 5% ou *valor - p*. (Barbeta, 2008 & Barbeta, et al., 2010).

4 ANÁLISE DE RESULTADO

4.1 Estatística descritiva da ecoeficiência da Samarco

O setor de mineração tem importância central no setor de bens de capital para a produção de bens de consumo. Ao mesmo tempo é um dos setores que mais gera gases de efeito estufa. A mineradora Samarco é processadora dos resíduos da extração do ferro para a produção de pelotas.

Fundada em 1977, a Samarco é uma empresa brasileira de mineração, de capital fechado, controlada em partes iguais por dois acionistas: BHP Billiton Brasil Ltda. e Vale S.A. ‘Nosso principal produto são pelotas de minério de ferro. Transformamos minério de baixo teor de ferro em um produto nobre, de alto valor agregado, e o comercializamos para a indústria siderúrgica mundial. Somos essencialmente exportadores’. (SAMARCO, 2012, p.9).

A mineradora é de capital fechado que, majoritariamente, pertence à Cia. Vale do Rio Doce e BHP Billiton Brasil Ltda. Conforme Relatórios Econômico-financeiros, a sua produção é totalmente exportada, mas a pelotização é uma das maiores emissoras dos GGE, conforme Figura 3.

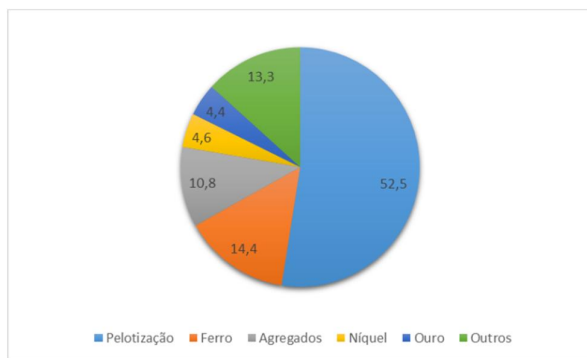


Figura 3 – Emissão de GEE por bens minerais
Fonte: Adaptada de CNI, 2015, p.20.

Entre os bens minerais, a pelotização dos resíduos do ferro é a maior emissora de GEE (52,5%). “As pelotas de minério de ferro são formadas a partir dos finos beneficiados ou extraídos da mina de ferro”, ou seja, os finos de minério de ferro são aglomerados em pelotas e, em seguida, endurecidos numa fornalha de alto forno para a produção de aço (www.metso.com.br). O Brasil é o terceiro exportador de mineração, cuja participação no PIB (Produto Interno Bruto) é 2,3% (CNI, 2015).

Inicialmente, o inventário de gases de efeito estufa do setor de mineração era realizado pelo IBRAM (Instituto Brasileiro de Mineração). Pela metodologia do IBRAM, o escopo de maior relevância era o 1, que diferia da metodologia do Programa Brasileiro GHG Protocol que segue as normas do IPCC. A partir de 2011, o setor de mineração, adotou a metodologia do Programa Brasileiro GHG Protocol e, para ajustar as duas metodologias, optou-se em fazer a regressão linear dos três escopos, a fim de equalizá-las (metodologias).

4.2 Estatística inferencial da ecoeficiência da Samarco: Regressão linear

Em virtude de mudança de metodologia do inventário do GEE do IBRAM e do Programa Brasileiro GHG Protocol em 2011, fez-se necessário equalizar os dados anuais das metodologias de escopos, de 2008 até 2015, por meio da regressão linear temporal destes, pois, de 2008 até 2011, a concentração das emissões estava no escopo 1, pela metodologia do IBRAM; todavia, a partir de 2011, pela metodologia do Programa Brasileiro de GHG Protocol, as emissões do setor de minerais se concentraram no escopo 3. Por isso, foi preciso padronizar as emissões GEE desde 2008 do setor mineral (SAMARCO), mediante a regressão linear. Na

Tabela 1, estão os dados originais (metodologia IBRAM) e, na Tabela 2, dados pela regressão (ajustados à metodologia do GHG *Protocol*).

Ano	Escopo 1	Escopo 2	Escopo 3
2009	1.629.276,80	25.596,00	1.362,65
2010	1.859.742,96	78.788,32	1.643,66
2011	1.837.072,22	45.628,74	4.091,39
2012	1.743.577,00	101.125,94	27.178.806,36
2013	1.712.179,62	154.730,57	28.294.018,02
2014	2.033.558,55	319.263,54	31.823.456,28
SOMA	10.815.407,15	725.133,11	87.303.378,36

Fonte: Adaptado dos dados da SAMARCO.

Tabela 1 – dados originais da Samarco

ANO	ESCOPO 1	Escopo 2	Escopo 3
2009	12.617.691,43	358.772,93	119.204.380,89
2010	12.472.680,39	524.981,07	144.413.472,29
2011	12.327.669,35	691.189,21	169.622.563,70
2012	12.182.658,31	857.397,35	194.831.655,11
2013	12.037.647,27	1.023.605,49	220.040.746,51
2014	11.892.636,22	1.189.813,63	245.249.837,92
SOMA	73.530.982,97	4.645.759,70	1.093.362.656,42

Fonte: Dados da Tabela 1

Tabela 2 - Regressão linear dos dados da Tabela 1

Até 2011, o inventário dos gases de efeito estufa do setor de minério, elaborado pela metodologia do IBRAM, estava concentrado no escopo 1 (emissões diretas); no escopo 3 era quase nula (Figura 1). Somente a partir de 2012, quando o setor de minério passou a seguir a metodologia do Protocolo Brasileiro GHG Protocol, é que houve uma mudança radical de escopo. O escopo 3 (outras emissões) é que teve uma participação substancial. Também merece destaque o volume de gases de efeito estufa que o inventário passou a ‘capturar’. Isso indica que a metodologia do IBRAM estava incompleta.

Mas a mudança de metodologia fez com que se perdessem informações importantes, principalmente as do escopo 3. Portanto, houve necessidade de se recuperarem essas informações, por meio da metodologia estatística de regressão linear temporal. Veja na Tabela 2 que, por meio da regressão, houve a recuperação das informações passadas do escopo 3. As Figuras 4 e 5 capturam melhor as referidas informações.

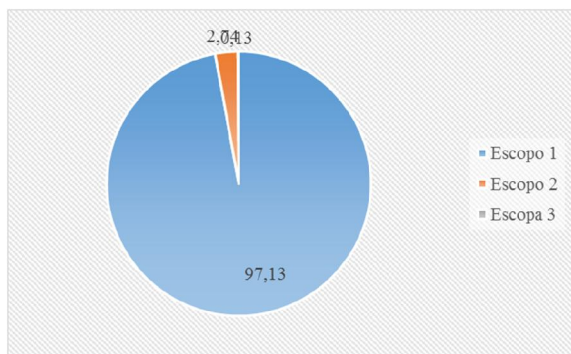


Figura 4 – Composição dos escopos do inventário dos GEE pela metodologia IBRAM
Fonte: Elaborada com dados da Tabela 1.

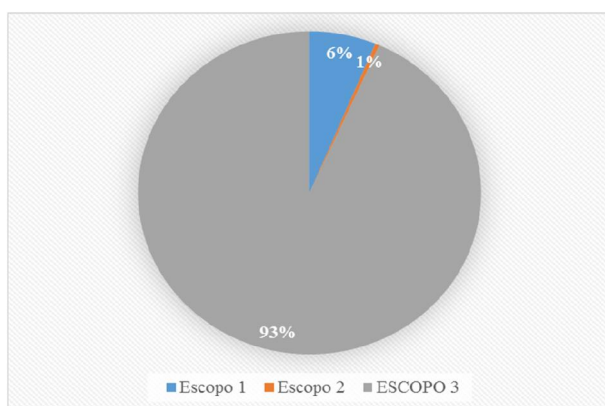


Figura 5 – Participação dos escopos no inventário dos GEE da SAMARCO
Fonte: Com dados da Tabela 2.

Na Figura 4, está a composição dos escopos pela metodologia de inventário dos GEE da IBRAM, do ano de 2009 até 2011. Nota-se que a maior participação era do escopo 1 (emissões diretas com 97,13%). Os escopos 2 (emissões indiretas) e 3 (outras emissões) tinham participação ínfima. Porém, a Samarco (setor mineral), ao mudar para a metodologia indicada pelo IPCC (Protocolo de Kyoto), apresentou mudança radical na capturação dos efeitos dos GEE no setor de mineração. Ao se fazer a adequação de ajustes dos escopos, por meio de regressão linear temporal, percebe-se que o escopo 3 (Figura 5) passou a ter participação extremamente relevante (93%).

4.3 Ecoeficiência

A ecoeficiência relaciona a riqueza gerada por uma organização e o impacto ambiental provocado pela emissão de gases de efeito estufa para gerá-la (SOUSA; ZUCCO, 2016). A riqueza gerada por uma organização, em conformidade com as Normas Brasileiras da Contabilidade (BRGAAP), é denominada de Valor Adicionado Líquido (DVA), a qual é calculada pela diferença entre as receitas brutas menos os insumos intermediários adquiridos de terceiros para produzi-la (Santos, 2003 & De Lucca, 1998). A DVA deve ser distribuída entre os seguintes *Stakeholders*: pessoal, salários e benefícios; tributos (entes estatais: União, Estados, Municípios e Distrito Federal); capitais de terceiros (juros) e capitais próprios (dividendos). Mas o problema proposto neste trabalho foi: qual é a externalidade positiva ou negativa para a sociedade, provocadas pela exploração de minérios de ferro e a produção de

ferro pela Mineradora Samarco? A relação entre a riqueza gerada (DVA) e o impacto ambiental provocado pela externalidade é:

$$ECOEFICIÊNCIA = \frac{\text{Riqueza gerada}}{\text{impacto ambiental}}$$

Se o efeito marginal da riqueza for superior ao efeito marginal do impacto ambiental, será possível se considerar como externalidade positiva. No entanto, se o efeito marginal de uma unidade de riqueza for inferior ao efeito marginal de uma unidade de impacto ambiental, a externalidade é negativa para a sociedade (Sousa et al., 2015). Na Tabela 3, estão as DVAs e o somatório dos escopos (escopo 1 + escopo 2 + escopo 3), publicados pelos Relatórios Econômico-financeiros da Samarco (DVAs) e pelo Programa Brasileiro GHG Protocol, do ano de 2009 até 2014, dos inventários dos GEE da Samarco, ajustados pela regressão linear.

Ano	DVA	DVAs ajustadas	Escopos ajustados
2009	1.379,92	2.465,40	132,18
2010	3.896,61	2.954,32	157,41
2011	4.144,47	3.443,24	182,64
2012	3.812,53	3.932,17	207,87
2013	4.214,90	4.421,09	233,10
2014	4.677,80	4.910,01	258,33

Fonte: Elaborada com base nos dados da Samarco e da GHG Protocol de 2009 até 2014.

Tabela 3 – DVA em milhões de reais e escopos em milhões de toneladas

Na coluna 2, Tabela 3, estão os dados originais das DVA do ano de 2009 até 2014. Verifica-se que há certa irregularidade nesses valores, pois, como se trata de *commodities*, os preços, em dólar, variam constantemente. O ano de 2009 teve a menor riqueza gerada; no ano de 2011, houve um aumento 2,8 vezes o valor de 2009. O baixo volume monetário gerado em 2009 ainda foi resultado da crise do sistema financeiro internacional de 2008, quando os países entraram em recessão, ‘puxada’ pela China, principal comprador dos produtos (pelotas) da Samarco. A partir de 2010 até 2014, manteve-se regularidade da riqueza gerada por essa exportadora de pelotas.

Foram feitos outros ajustes nos dados da coluna 3 (DVA), a fim de padronizar todas as informações que serão comparadas por meio do Fator de Ecoeficiência. Ou seja, elaborou-se a regressão linear temporal das DVA da coluna 2, que resultou em valores ajustados na coluna 3. Na coluna 4, estão os somatórios dos escopos em milhões de toneladas, do ano de 2009 até 2014, também ajustados pela regressão linear.

A Tabela 4 contém a relação entre as DVA (riquezas) e os impactos ambientais (escopos).

Ano	ECOEFICIÊNCIA
2.009	18,65
2.010	18,77
2.011	18,85
2.012	18,92
2.013	18,97
2.014	19,01
Média	18,86

Fonte: Dados da Tabela 3.

Tabela 4 – Ecoeficiência na produção da Samarco

A Tabela 4 nos informa que para cada unidade, em média, de tonelada de gases de efeito estufa, houve a geração, em média, de R\$ 18,86 entre o ano de 2009 até 2014.

4.4 Teste de inferência estatística da ecoeficiência da SAMARCO

Foram feitos os seguintes testes: teste de correlação, de nível de significância, ANOVA e teste de *Student*, *t* entre as variáveis X (riqueza) e Y (impacto ambiental) da ecoeficiência da Samarco, utilizando EXCELL. No Quadro 1, a seguir, estão os resumos do teste.

Correlação	1	
Coefficiente de determinação	1	
F de significação	0	ANOVA
Teste de <i>Student</i>	Coefficientes	valor - <i>p</i>
Interseção	4,9572	0.0000
Variável independente (X)	0,0516	0

Fonte: dados da Tabela 3

Quadro 1 – Estatísticas da regressão

A primeira linha do Quadro 1 indica a correlação entre a soma anual dos escopos e as Demonstrações anuais dos Valores Adicionais, do ano 2009 até 2014, e mostra o grau de relação entre essas duas variáveis. Verifica-se que têm correção positiva perfeita, ou seja: 1,00 (numa escala que varia de -1,00 até 1,00). A segunda linha indica o coeficiente de determinação, isto é, quanto por cento a variável independente (riqueza) determina o volume de emissão de gases de efeito estufa. O resultado ressalta que a riqueza gerada pela Samarco é responsável por 100% do nível de emissão de GEE.

Na terceira linha está o teste F (relação intrínseca e extrínseca entre as variáveis). Dado o nível de significância de 5%, testou-se a hipótese de regressão entre as variáveis (Martins; 2006 & Barbata; 2008). O F de significação encontrado na ANOVA tende a zero; ou seja, pode-se rejeitar a hipótese nula de que não existe regressão entre as variáveis, e se aceita a hipótese alternativa de que há, sim, regressão entre as variáveis, com a possibilidade de que se está tomando a decisão incorreta aproximadamente zero.

Na linha 4, o teste de *Student* comprova, a um nível de 5% de significância, que os parâmetros da regressão (constante e coeficiente angular) apresentam regressão entre as variáveis dependentes (impactos ambientais) e as variáveis independentes (DVA). Nas colunas 5 e 6, consta *valor - p* tendendo para zero, o que indica que há regressão de variável independente (x) sobre a variável independente (y) (Martins, 2006 & Barbata, 2008).

Finalmente, têm-se os dados do parâmetro que formarão a previsão da equação de regressão:

Linha 4: parâmetro constante: 4,9572

Linha 5: parâmetro do coeficiente angular entre as variáveis: 0,0516.

A formulação da equação de regressão é:

$$y = 4,9572 + 0,0516x$$

Análise dos parâmetros. O parâmetro constante assinala que, independentemente da Samarco não produzir qualquer unidade de pelotas, há um impacto ambiental de 4,9572 milhões de toneladas de GEE. Estas emissões estão no âmbito operacional de emissões diretas (escopo 1) e emissões indiretas (escopo 2). A relação entre o coeficiente angular e a variável independente (riqueza gerada) informa que para cada unidade monetária adicional de riqueza

líquida gerada implicará um impacto ambiental de 0,0516 toneladas de GEE, ou seja, para cada real líquido de riqueza, há uma geração de 51,6 quilogramas de gases de efeito estufa (escopo 3).

5 DISCUSSÃO DE RESULTADOS

O problema testado para as externalidades provocadas pelas operações, no âmbito operacional da mineradora Samarco, da relação entre a riqueza líquida gerada e o impacto ambiental provocado por essas operações, em princípio, gera mais fatores positivos do que fatores negativos no nível econômico para os acionistas. Conforme resultado relatado para cada tonelada de gases de efeito estufa, há geração de R\$ 18,86, em média, de riqueza líquida. Mas a ecoeficiência não refere o impacto das operações da mineradora Samarco no entrono da sociedade civil e quais as externalidades positivas ou negativas das atividades econômicas da empresa. E também não expõe os efeitos difusos tanto nos componentes sociais quanto ambientais impactados em outros elementos do tripé da Sustentabilidade (Elkington, 2012). As operações de mineração têm alto impacto negativo no meio ambiente. O produto da Samarco (pelotas) é um subproduto da mineração de ferro, que é altamente danosa ao meio ambiente. A atividade de mineração na extração de ferro afeta a fauna e a flora, além das bacias hidrográficas, em virtude do uso indiscriminado de elementos químicos altamente danosos à saúde humana e à sobrevivência dos seres do ecossistema originários dessa região. Ao fim de suas atividades, a região fica assolada como uma região desértica, sem possibilidade de vidas primitivas.

Conforme Figura 3, a produção de pelotas de ferro é responsável por 52,5% dos GEE de todo o setor de mineração. A principal fonte de emissão de gases de efeito estufa da Samarco está no escopo 3 (fora do âmbito operacional). É uma atividade voltada exclusivamente para a exportação. Depois de a Samarco aderir ao Programa Brasileiro de GHG Protocol, o escopo de maior impacto de emissão de GEE é o 3. Essas emissões são classificadas em emissões *Upstream* e emissões *Downstream* (GHG Protocol, 2015). As emissões *Upstream* são relacionadas às emissões indiretas dos GEE relacionadas a bens e serviços comprados ou adquiridos; *Downstream* são inventários relacionados a emissões indiretas de GEE a bens e serviços vendidos (GHG Protocol, 2015).

Verificou-se que, sob o ponto de vista econômico, a ecoeficiência da Samarco gerou externalidades positivas para os acionistas, mas a análise estatística inferencial abala essa análise de ecoeficiência, a de que, para cada tonelada de emissão de gases de efeito estufa, geram-se R\$ 18,86 reais; ou pela inferência estatística de que, para cada real de riqueza gerada, há emissão de 51,6 quilogramas de GEE. Poder-se-ia afirmar que geraria externalidades positivas, se somente para cada unidade adicional gerada de riqueza líquida, houvesse emissão de menos de um quilograma de gases de efeito estufa. Todavia, tal objetivo somente será alcançado, se houver investimento pesado em tecnologia e inovação no setor de mineração. Ademais, o setor de mineração teve participação de 2,3% no PIB do Brasil, em 2010 (CNI, 2015), o que significa que é muito pequena a participação no PIB para tão alto impacto ambiental provocado no tripé da Sustentabilidade no Brasil.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados encontrados neste estudo sugerem que houve ecoeficiência nas atividades mineradoras da Samarco. Essa evidência é refletida no valor médio encontrado entre as riquezas líquidas (DVA) geradas pela Samarco e os impactos ambientais (gases de efeito estufa), no período de 2009 até 2014. Ou seja, R\$18,86/tonelada de CO₂e (uma tonelada de gases de efeito estufa equivalente ao dióxido de carbono).

Mas é válido ressaltar que não há parâmetro de comparação nesses resultados, por isso, não se pode avaliar se o resultado é satisfatório do ponto de vista de outros segmentos empresariais. Todavia, seria, se, para cada quilo de GEE, fosse gerado, no mínimo, um real de riqueza líquida para a sociedade. A métrica que melhor reflete a relação entre riqueza e impactos ambientais é a equação de regressão linear discutida no tópico análise de resultado. O coeficiente angular da equação é 0,0516 (p. 12). O resultado indica que, para cada unidade de real de riqueza líquida gerada, serão emitidos 51,6 quilogramas de GEE. Por isso, é discutível se a ecoeficiência da mineradora Samarco é efetivamente uma externalidade positiva para toda a coletividade, visto que é sabido que o setor de mineração é extremamente devastador de todos os tipos de vidas ao longo da cadeia de produção; ou seja, desde a extração do ferro até a entrega ao consumidor final no exterior.

Ademais, é uma atividade que não gera valor agregado para o país, mas é simplesmente uma *commodity* que é vendida com baixo valor monetário e, no país destinatário, é transformado em mercadoria de alto valor agregado e retorna ao país exportador com preço, não raro, centenas de vezes superior à sua exportação. No entanto, deixa todo o impacto ambiental ao país exportador (Brasil). Conforme CNI (2015), as exportações de minérios correspondem a somente 2,3% do PIB do Brasil e, em contrapartida, é responsável por 35,29% da emissão de gases de efeito estufa. (Figura 2).

Portanto, é importante refletir sobre esse tipo de produção. Não seria melhor focar no mercado interno? Transformar o produto *in natura* em produto de alto valor agregado no mercado interno? Ou seja, desenvolver tecnologia e inovação para a manufatura dessa indústria extrativa, conjuntamente, em produto de valor agregado.

Para trabalhos futuros, sugere-se que sejam comparadas as ecoeficiências do setor de mineração com quaisquer outros setores diferentes da mineração.

7 REFERÊNCIAS

- Barbeta, P. A. (2008). *Estatística aplicada às ciências sociais*. (7a ed.). Florianópolis, SC: UFSC.
- Barbeta, P. A. et al. (2010). *Estatística para cursos de engenharia e informática*. (3a ed.). São Paulo: Atlas.
- Callado, A. L. C. & Fensterseifer, J. E. (2010). Indicadores de sustentabilidade: uma abordagem empírica a partir de uma perspectiva de especialistas. *Anais do Congresso SIMPOI*. São Paulo, Brasil.
- Câmara, R. P. B. (2009). Ecoeficiência. In Albuquerque, J. L. (Org.). *Gestão ambiental e Responsabilidade Social*. São Paulo: Atlas.
- Carson, R. (2011). *Primavera silenciosa*. São Paulo: Gaia.
- Confederação Nacional das Indústrias - CNI. (2015). *Estratégias corporativas de baixo carbono para o setor de mineração*. Brasília, DF, CNI.
- Conselho Mundial Empresarial para o Desenvolvimento Sustentável: seção Portugal (WBCSD). (2013). *A ecoeficiência na vida da empresa*. Lisboa-Portugal: CMEDS.
- De Lucca, M. M. M. (1998). *Demonstração do valor adicionado: do cálculo da riqueza criada pela empresa ao valor do PIB*. São Paulo: Atlas.
- Elkington, J. (2012). *Canibais com garfos e faca*. São Paulo: Makron Books.
- Federação das Indústrias de São Paulo (FIESP). (2015). *ISSO 14001: 2015*. São Paulo: Departamento de Meio Ambiente.
- FGVCES- Centro de Estudo em Sustentabilidade. (2016). São Paulo: EAESP-FGV.
- Hart, S. L. (1997). Beyond greening: strategies for a sustainable world. *Harvard Business Review*. Cambridge, USA.
- Instituto Brasileiro de Mineração (IBRAM). (2015). *Inventário de gases de efeito estufa do setor mineral*. Brasília – DF: IBRAM .

Intergovernmental panel on Climate Change (IPCC). (2016). *Iniciativa verde*. São Paulo: IPCC.

Marconi, M. A. & Lakatos, E. M. (2001). *Metodologia do trabalho científico*. (5a ed.). São Paulo: Atlas.

Martins, G. A. (2006). *Estatística geral e aplicada*. (3a ed.). São Paulo: Atlas.

Metso Brasil Indústria e Comércio Ltda. (n.d.). *Mineração*. Sorocaba. Recuperado em: 15 agosto, 2016 de www.metso.com.br/brasil

Programa Brasileiro GHG Protocol. (2016). *Registro público de emissões*. São Paulo: FGVces.

Relatório Brundtland. (1987). *Nosso futuro comum*. Estocolmo, Suécia

Sachs, I. (2006). *Desenvolvimento incluyente, sustentável e sustentado*. Rio de Janeiro: Garamond/SEBRAE.

Samarco Mineração S.A. (2008-2015). *Relatórios econômico-financeiros*. Belo Horizonte, MG: SAMARCO.

Santos, A. (2003). *Demonstração do valor adicionado*. São Paulo: Atlas.

Schumpeter, J. (1985). *Teoria do desenvolvimento econômico*. São Paulo: Nova Cultural.

Silveira, D.T. & Córdoba, F. P. (2002). A Pesquisa científica. In Gerhardt, T. E. & Silveira, D.T. (Org.). *Metodologia da pesquisa científica*. Fortaleza-CE: UEC.

Serageldin, I. (2003). Biotecnologia e Desenvolvimento Sustentável: Vozes do Sul e do Norte. Recuperado em 12 de agosto de 2016 em < https://en.wikipedia.org/wiki/Ismail_Serageldin>

Souza, A. L. R., Silva Júnior, A. C. & Andrade, J. C. S. (2013). Crédito de carbono. In Gomes, S.M.S. & Garcia, C. O. (Org.). *Controladoria ambiental: gestão social, análise e controle*. São Paulo.

Sousa, F. S. & Zucco, A. (2015). Indicadores de Ecoeficiência das empresas listadas no Índice de Carbono eficiente da bolsa de valores, Mercadoria e Futuros de São Paulo. *Congresso Semead*. São Paulo.

Sousa, F. S. et al. (2015). Fator de Ecoeficiência das empresas listadas no Índice de carbono eficiente da bolsa de valores, mercadoria e futuros de São Paulo: um estudo exploratório. *Congresso Engema*. São Paulo.

Zilberssztajbn, D. & Lins, C. (Org.). (2010). Sustentabilidade e geração de valor: a transição para o século XXI. In Lemme, C. F. *O valor gerado pela sustentabilidade corporativa*. Rio de Janeiro: Campus/Elsevier.