

El Periplo Sustentable

Universidad Autónoma del

Estado de México

<http://rperiplo.uaemex.mx/>

ISSN: 1870-9036

Publicación Semestral

Número: 42

Enero / Junio 2022

Artículo**Título**

Revisão de literatura sobre níveis, dimensões e indicadores de sustentabilidade

Autor:

Alexandre André Feil

Dusan Schreiber

Fecha Recepción:

20/05/2019

Fecha Reenvío:

27/01/2021

Fecha Aceptación:

10/06/2021

Páginas:

110 - 137

Revisão de literatura sobre níveis, dimensões e indicadores de sustentabilidade**Revisión de la literatura sobre niveles, dimensiones e indicadores de sostenibilidad****Resumo**

O escopo central desta pesquisa compreendeu a realização de uma análise crítica dos níveis, dimensões e indicadores de sustentabilidade. Os procedimentos metodológicos utilizados abrangem a pesquisa qualitativa e bibliográfica. Os principais resultados apontam que os níveis de sustentabilidade se relacionam à substituição, ou não, do capital natural por outros capitais existentes e o nível mais adequado na prática seria uma média entre o nível forte e fraco de sustentabilidade. As dimensões *Triple Bottom Line* da sustentabilidade relacionam-se à delimitação da área de abrangência e a sustentabilidade concentra-se na vitalidade dos sistemas (mantendo, protegendo e preservando). No processo de elaboração e identificação dos indicadores de sustentabilidade deve-se observar as qualidades desejáveis e suas características, com abordagem híbrida da *top-down* e *bottom-up*. Neste sentido, as concepções dos termos da sustentabilidade são escassas e dispersos na literatura. Esta pesquisa compilou as definições dos níveis, dimensões e dos indicadores de sustentabilidade para auxiliar pesquisadores e consultores no seu entendimento.

Palabras clave:

Triple bottom line, top-down e bottom-up, níveis de sustentabilidade.

Resumen

El alcance central de esta investigación fue realizar un análisis crítico de los niveles, dimensiones e indicadores de sostenibilidad. Los procedimientos metodológicos utilizados abarcan la investigación cualitativa y bibliográfica. Los principales resultados indican que los niveles de sustentabilidad están relacionados con el reemplazo, o no, de capital natural con otros capitales existentes, y el nivel más adecuado en la práctica sería un promedio entre el nivel fuerte y débil de sustentabilidad. Las dimensiones de sostenibilidad del *Triple Bottom Line* están relacionadas con la delimitación del área de cobertura y la sostenibilidad se centra en la vitalidad de los sistemas (mantenimiento, protección y preservación). En el proceso de elaboración e identificación de indicadores de sostenibilidad, se deben observar las cualidades y características deseables, con un enfoque híbrido de arriba hacia abajo y de abajo hacia arriba. En este sentido, las concepciones de los términos de sostenibilidad son escasas y dispersas en la literatura. Esta investigación recopiló las definiciones de niveles, dimensiones e indicadores de sostenibilidad para ayudar a los investigadores y consultores en su comprensión.

Palabras clave:

Triple bottom line, top-down y bottom-up, niveles de sostenibilidad.

Dos AUTORES

Alexandre André Feil

Doctorate in environmental quality.
Universidade do Vale do Taquari –
Univates, Brasil.

ORCID

<https://orcid.org/0000-0003-2217-3351>

alexandre.feil1@gmail.com

Dusan Schreiber

Professor e Pesquisador em gestão
Universidade Fevale. Brasil

ORCID

<https://orcid.org/0000-0003-4258-4780>

Introdução

A sociedade necessita dos recursos naturais para sua existência, porém as atividades da humanidade degradam e esgotam esses recursos e, assim, ameaçam o seu bem-estar humano e sua existência. Sendo assim, as exigências sobre as questões ambientais se elevaram ao longo do tempo, exigindo uma postura mais proativa diante da sua preservação. Nesta lógica, a concepção de sustentabilidade e Desenvolvimento Sustentável (DS) surgiu para tentar solucionar essas questões ambientais em nível global.

A concepção de DS mais conhecida e citada na literatura vincula-se ao “[...] desenvolvimento que satisfaz as necessidades do presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras satisfazerem as suas próprias necessidades” (WCED, 1987). A ideia de sustentabilidade e o DS não podem ser vistos como sinônimos, apesar de sua similaridade, nesta pesquisa utiliza-se a ideia de sustentabilidade.

A sustentabilidade abarca diferentes interesses de forma simultânea e em equidade, a saber, o ambiental, o econômico e o social, também denominado de *Triple Bottom Line*. A definição da sustentabilidade está relacionada a representação da alteração da qualidade de um determinado sistema.

A sustentabilidade pode ser acompanhada por meio de indicadores, que simplificam e quantificam as propriedades do sistema ambiental-humano para identificar tendências do nível da qualidade desse sistema (Sartori *et al.*, 2014). No entanto, indicadores de sustentabilidade harmonizados e definidos com uniformidade são escassos (Ameta *et al.*, 2011). Agol *et al.* (2014) argumenta que os indicadores tradicionais não podem ser confundidos com os indicadores de sustentabilidade, pois não conseguem qualificar o nível de sustentabilidade.

Os indicadores de sustentabilidade oferecem informações confiáveis sobre o nível de sustentabilidade de um sistema em nível local, nacional ou global (Singh *et al.*, 2012). Neste sentido, esta pesquisa realizou uma análise dos níveis, dimensões e indicadores de sustentabilidade com a intenção de qualificar a compreensão e a clareza destes termos que são considerados essenciais na mensuração da sustentabilidade.



A justificativa desta pesquisa tem aderência a necessidade de uma profunda investigação sobre níveis, dimensões e indicadores de sustentabilidade para contribuir com o avanço na direção da sustentabilidade (Romero & Linares, 2014). A literatura alerta a urgência no estabelecimento de indicadores eficazes para a sustentabilidade, pois aqueles existentes mensuram, em especial, tendências insustentáveis no processo de gestão e destoam da definição e asseguuração da sustentabilidade (Dahl, 2012).

Rocha, Gadelha & Almeida (2017) defendem a necessidade de pesquisas e discussões profundas sobre a sustentabilidade. Desta forma, esta pesquisa contribui com o entendimento dos níveis, dimensões e dos indicadores de sustentabilidade, pois o entendimento das definições dos termos relacionados a sustentabilidade deve ocorrer antes do início da identificação e seleção de um conjunto de indicadores de sustentabilidade.

Método e dados

O tipo de pesquisa em relação a abordagem do problema pode ser considerada qualitativa, pois realiza uma análise e interpretação de informações textuais, por exemplo, definições e ideias, extraídos da literatura científica. O procedimento técnico relaciona-se à pesquisa bibliográfica que se utiliza-se de artigos e livros elaborados com método e rigor científico.

As bibliografias científicas foram coletadas por meio da consulta aos *sites* dos periódicos da *Science Direct* e do *Google Scholar*, considerando apenas o idioma inglês, de publicações nacionais e internacionais. A identificação das bibliografias ocorreu mediante utilização de palavras-chave na aba de pesquisa avançada nos periódicos da *Science Direct* e do *Google Scholar*. As pesquisas foram conduzidas considerando três temáticas:

- a) Os níveis de sustentabilidade foram conduzidos pelas palavras-chave (*Strong, very Strong, weak, e very weak sustainability*), onde localizou-se na *Science Direct* 101 e no *Google Scholar* 180 referências. Após leitura dos títulos e dos *abstracts* destas referencias coletadas, foram selecionadas 21 bibliografias;



- b) As dimensões de sustentabilidade ambiental, social e econômica foram coletadas com base nas palavras-chave (*dimensions, environmental sustainability, social sustainability, economic sustainability, concept e definition*), que na *Science Direct* foram identificadas 180 e no *Google Scholar* 142 referências. Após a leitura inicial dos títulos e dos *abstracts*, foram selecionadas 30 bibliografias;
- c) Os indicadores de sustentabilidade foram identificados por palavras-chave (*indicators of sustainability, sustainability metrics, concepts, qualities of indicators, disadvantages e critical*) que identificaram na *Science Direct* 74 e no *Google Scholar* 6 referências. Sendo assim, após leitura prévia dos títulos e dos *abstracts* foram selecionadas 55 bibliografias.

A coleta das bibliografias ocorreu por temáticas, mas os seus conteúdos contribuíram entre as seções, ou seja, nos resultados e análises das temáticas interagiram para qualificar a discussão, por exemplo, a seção de indicadores de sustentabilidade também se utilizou das referências da seção dimensões da sustentabilidade. A coleta resultou em um total de 106 estudos e documentos científicos no período de agosto a novembro de 2015. Salienta-se que no período de 2016 a 2020 não houve nenhuma contribuição teórica que pudesse alterar de forma significativa os resultados desta pesquisa, pois as discussões teóricas sobre as temáticas tratadas nesta pesquisa ocorreram, em sua maioria, até final de 2015.

A forma de análise utilizada na estratificação do texto foi a interpretativa, que consiste na interpretação do conteúdo para atingir um significado profundo da comunicação escrita, realizar uma comparação das ideias entre os distintos autores e realizar uma análise crítica de posicionamento. Sendo assim, destaca-se que este estudo não teve a pretensão de abranger na sua totalidade as bibliografias existentes sobre o tema supracitado, porém coletar informações suficientes para satisfazer adequadamente o escopo central desta pesquisa.



Resultados e análises

Análise dos níveis de sustentabilidade

A sustentabilidade pode ser classificada nos níveis muito fraca, fraca, forte e muito forte. Esses níveis de sustentabilidade são classificados com base nos tipos e composições de capital utilizados na sociedade, a saber: a) humano (educação e habilidades); b) social (relações sociais e redes); c) natural (recursos naturais e serviços prestados pelo ecossistema, por exemplo, o ar, a água, a terra e os *habitats*); e d) manufaturado (produtos, tecnologias).

A sustentabilidade fraca e muito fraca surgiu no estudo de Solow (1974), como um paradigma da substituição perfeita, em função do crescimento econômico em relação aos recursos naturais não renováveis consumidos pelas organizações. A sustentabilidade muito fraca caracteriza-se pela substituição completa do capital natural por outros capitais, por exemplo, humano e manufaturado (Turner, 1993; Neumayer, 2003). Neste nível muito fraco de sustentabilidade a perda de capital natural não deve ser superior ao aumento de capital humano e manufaturado (Blewitt, 2008). Sendo assim, o nível de sustentabilidade muito fraca ocorre quando os capitais manufaturado, humano e o social substituem perfeitamente os serviços prestados pelo capital natural, ou seja, o bem-estar humano não estaria condicionado a algum capital específico.

No nível de sustentabilidade fraca o capital manufaturado substitui o capital natural, mas existem algumas condicionantes (Ayres, 2007). Neste nível de sustentabilidade é permitida a diminuição da quantidade de capital natural, porém condicionado pelo aumento de outras formas de capital (Pisani, 2006). Esta diminuição de capital não pode ser menor que a quantidade mínima de capital natural considerada crítica, ou seja, aquele necessário para assegurar as funções em longo prazo do meio ambiente (Blewitt, 2008). Fiorino (2011) entende que esta sustentabilidade fraca consiste no aumento do bem-estar econômico da humanidade.



No nível de sustentabilidade fraca, em suma, inexistente diferença entre os tipos de capital (natural, manufaturado, social e humano) e o seu bem-estar gerado para a humanidade. Nessa lógica, na medida que os estoques de capital natural são reduzidos, também são substituídos por outros tipos de capitais, isto é, o capital total se mantém constante e o nível de consumo da sociedade pode operar normalmente.

A sustentabilidade forte e muito forte surgiu na publicação de Daly (1992), este pesquisador entende que muitos serviços prestados pelo capital natural não podem ser substituídos, em nenhum nível, pelo capital manufaturado. A sustentabilidade forte possui uma limitação na substituição do capital natural pelo capital manufaturado, ou seja, alguns componentes ambientais possuem contribuição única para o bem-estar da humanidade e essas contribuições podem ser irreversivelmente perdidas ao longo do tempo (Ayres, 2007; Garmendia *et al.*, 2010).

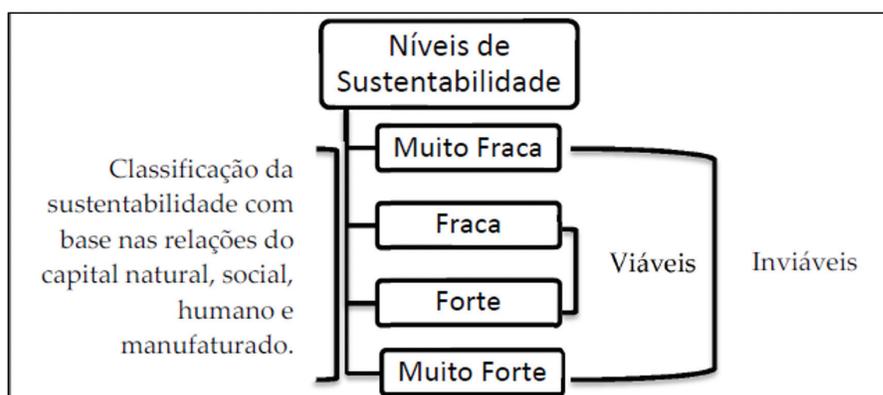
Na sustentabilidade forte o capital natural, ao longo do tempo, não pode ser reduzido, sendo assim, a herança de capital natural das gerações futuras não pode ser menor daquela atual (Pisani, 2006). Bell & Morse (2008) enfatizam que para o atingimento do nível de sustentabilidade não existem preocupações com aspectos financeiros e custos. Além disso, na sustentabilidade muito forte não é permitida substituição do capital natural por outros capitais, isto é, o capital natural deve ser totalmente conservado (Turner, 1993).

No nível de sustentabilidade forte existe limitação na substituição do capital natural por outros capitais (produzidos, sociais, entre outros), pois alguns componentes do capital natural não podem ser substituídos, por exemplo, a qualidade do ar que, ao ser destruída, compromete os interesses e o bem-estar das gerações futuras. No nível da sustentabilidade muito forte não é admitida substituição do capital natural pelo manufaturado, social e humano, pois deve ser totalmente preservado (Fiorino, 2011).

O capital natural é a chave de diferenciação dos níveis de sustentabilidade e seu foco está centrado no sistema natural, considerando ou não suas substituições de outros capitais (figura 1). Desta forma, o capital natural é essencial na sobrevivência humana, pois fornece as funções básicas, como alimentos, água, ar respirável e um clima estável para a sobrevivência e o bem-estar, o que também é corroborado por Lahtinen *et al.* (2014).



Figura 1. Classificação e características dos níveis de sustentabilidade



Fonte: Elaborado pelos autores.

Garmendia *et al.* (2010) entendem que o bem-estar da sociedade não deve diminuir ao longo do tempo independentemente do nível da sustentabilidade. Entretanto, essa afirmação parece ser incoerente com Ameta *et al.* (2011) e Howard *et al.* (2014) quando salientam que os humanos dependem totalmente dos recursos naturais para sua existência e bem-estar.

O nível adequado de sustentabilidade pode ser estabelecido como um intermediário entre a sustentabilidade fraca e a forte (Romero & Linares, 2010). Essa afirmação pode ser considerada apropriada, pois os níveis de sustentabilidades muito fraca e muito forte se tornam inviáveis na prática da sociedade, em função do capital natural.

A análise e discussão sobre o nível de sustentabilidade tem gerado preocupações e complexidades em relação a sua forma de mensuração. Neste sentido, na sequência, apresentam-se as dimensões da sustentabilidade, consideradas antecessoras dos indicadores de mensuração de sustentabilidade.



Dimensões da sustentabilidade

A sustentabilidade abrange as dimensões ambientais, sociais e econômicas, que possuem interações mútuas nas mais variadas formas (Krajnc & Glavic, 2003; Aktas *et al.*, 2013). Neste sentido, em cada uma das dimensões da sustentabilidade são desenvolvidas as sustentabilidades específicas da *Triple Bottom Line*, por exemplo, a ambiental, social e economia.

A dimensão ambiental relaciona-se ao (Labuschagne, Brent & Erck, 2005): a) recurso hídrico (qualidade e quantidade, lançamento de efluentes e poluentes); c) recurso terrestre (qualidade e quantidade, poluentes do solo, uso da terra); b) recurso ar (qualidade, toxicidade, acidificação, aquecimento global, camada de ozônio, emissões atmosféricas); e d) recurso mineral e energético (esgotamento de recursos energéticos e minerais não renováveis).

A sustentabilidade ambiental tem o objetivo de proteger as fontes de matérias-primas necessárias às inevitabilidades humanas e, além disso, que os dejetos humanos não sejam excedidos de seus sumidouros, para evitar efeitos danosos (Goodland, 1995). Portanto, a sustentabilidade ambiental concentra-se na vitalidade dos sistemas biogeofísicos, integrando-os à multiescala global, às dinâmicas, às hierarquias dos sistemas, à organização, entre outros. Essa afirmação também está coerente com a visão de Ciegis, Ramanauskiene & Martinkus (2009) e Moldan, Janoušková & Hák (2012).

A sustentabilidade ambiental relaciona-se a manutenção dos serviços prestados pelo meio ambiente dentro de um nível adequado, considerando a indivisibilidade destes serviços e o bem-estar humano (Ekins *et al.*, 2003). Esses serviços ambientais são fornecidos somente quando as condições dos sistemas ecológicos permanecerem em estado saudável com biodiversidade biológica. Sartori, Latrônico & Campos (2014) definem a sustentabilidade ambiental como a desmaterialização da atividade econômica, pois a minimização do consumo de capital natural pode reduzir a pressão sobre os sistemas naturais e, assim, amplia a prestação de serviços ambientais à humanidade.

A dimensão ambiental refere-se a área de abrangência em relação aos sistemas biogeofísicos, que são compostos pelo ar, água, solo, energia, recursos minerais, entre outros, em nível global. A dimensão ambiental abrange a sustentabilidade ambiental com a finalidade de proteger e manter



a vitalidade dos sistemas biogeofísicos e, estes sistemas, devem ser tratados como sistemas complexos adaptativos. Nesta lógica, a sustentabilidade ambiental transpõe a manutenção de um *status quo* ideal e da perspectiva de proteção dos sistemas naturais para o estreito objetivo econômico, o que corrobora com os estudos de Ciegis, Ramanauskiene & Martinkus (2009) e Moldan, Janoušková & Hák (2012).

A dimensão social da sustentabilidade engloba (Labuschagne, Brent & Erck, 2005; Glavič & Lukman, 2007): a) o desempenho macrossocial vinculado ao socioeconômico e ao socioambiental; b) a população externa da empresa, considerando o capital humano, capital produtivo e o capital comunidade; c) a participação dos *stakeholders* pelo fornecimento de informações e sua influência; e d) os recursos humanos internos da organização em função da estabilidade de emprego, práticas de emprego, saúde ocupacional e segurança, salários e benefícios, e desenvolvimento de capacidades. Neste sentido, a dimensão social da sustentabilidade abrange todos os aspectos relacionados com o bem-estar, política, cultura, instituições e outros, em nível local, nacional e global, coletivo e individual.

A sustentabilidade social se concentra na preservação da capacidade de resistência, vigor e organização dos sistemas sociais e culturais, ou seja, a continuação no futuro de valores, identidades, relações sociais e institucionais (Grießler & Littig, 2005). Estes autores ainda salientam que a sustentabilidade social ocorre quando as ações na sociedade ou nas organizações cumprirem um amplo conjunto de necessidades inter-relacionadas e mútua, por exemplo, a preservação da reprodução do sistema natural em conjunto com as reivindicações da justiça social, dignidade humana e participação social (Grießler & Littig, 2005).

A sustentabilidade social está alicerçada em três componentes, a saber: a) desenvolver a satisfação das necessidades básicas, a equidade (inter)intrageração, a criação do capital social, a justiça, a liberdade, a infraestrutura básica, o emprego, a participação política, entre outros (Mckenzie, 2004; Vallance *et al.*, 2011); b) interligar a mudança comportamental no atendimento das metas ambientais biofísicas (Vallance *et al.*, 2011); e c) manter os termos sociais, preservando as características socio-culturais (Vallance *et al.*, 2011). Sendo assim, a sustentabilidade social relaciona-se à vitalidade da homogeneidade social, acesso a bens de serviço e empregos, com remuneração justa, entre outros.



A dimensão econômica abrange a (ICHemE, 2002; Munasinghe, 2007): a) saúde financeira, por exemplo, a lucratividade, liquidez e solvência; b) desempenho econômico (rentabilidade, contribuição com o Produto Interno Bruto e participação de mercado); c) oportunidades comerciais (vulnerabilidade da rede de comércio e seus riscos); e d) benefícios financeiros (incentivos à melhoria ambiental, social e ou tecnológica). Essa dimensão econômica engloba as variáveis relacionadas às questões econômicas e financeiras, incluindo os benefícios econômicos oferecidos pelas organizações à sociedade, em nível micro e macro.

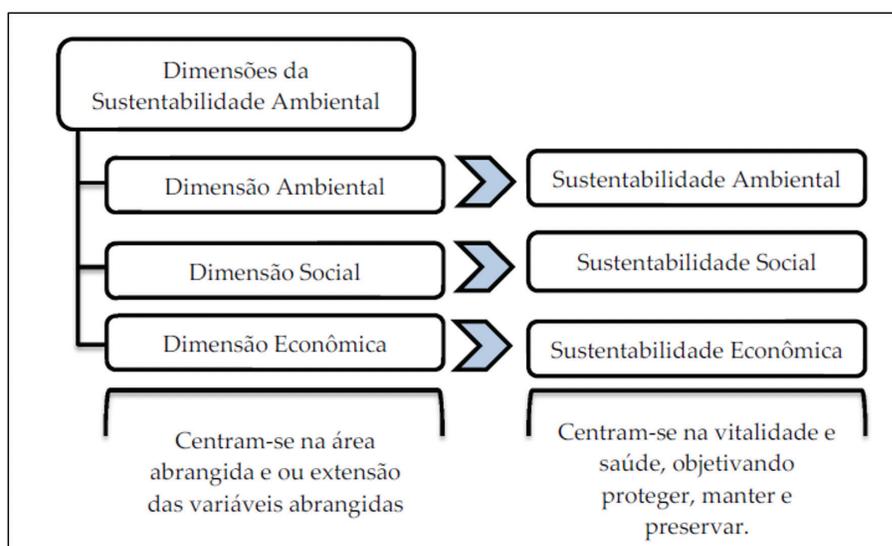
A sustentabilidade econômica objetiva a maximização da geração de renda e a conservação do estoque de capital financeiro necessário para a geração desse rendimento (Azapagic, 2004). O GRI (2013) conceitua a sustentabilidade econômica como os impactos sobre o fluxo de renda de seus *stakeholders* e dos sistemas econômicos em âmbito local, nacional e global. Munasinghe (2007) enfatiza que a sustentabilidade econômica tem a responsabilidade de garantir as produções e consumos ideais na sociedade. Moldan, Janoušková & Hák (2012) entendem que o consumo dos recursos atuais não pode ser uma limitante do fluxo de renda no futuro.

A sustentabilidade econômica está relacionada à manutenção da geração de rendimento econômico e financeiro, em nível local, nacional e global, comedindo a produção de produtos e serviços necessários para suprir a demanda atual, sem comprometer a referida fabricação de bens diversos e a geração de renda no futuro. Nesta lógica, a manutenção e aumento do capital natural torna-se necessária para evitar o decréscimo econômico.

Em suma, a definição das dimensões da sustentabilidade compreende as extensões e/ou as áreas abrangidas relacionadas ao ambiental, social e econômica, o seja, considerando-se o conceito *triple bottom line*, que pode ser visualizada na figura 2. Essas três dimensões da sustentabilidade vinculam-se de forma essencial às condições de vida atual e de seu aprimoramento no futuro.



Figura 2. Estrutura das dimensões e da sustentabilidade ambiental, social e econômica



Fonte: Elaborado pelos autores.

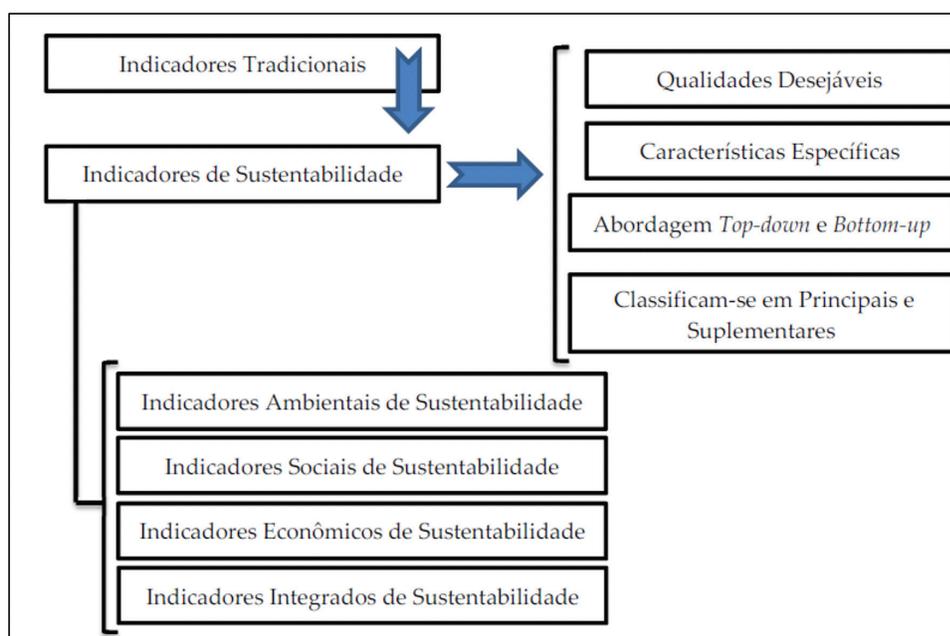
A sustentabilidade ambiental, social e econômica, dentro de cada uma das referidas dimensões (figura 2), para ser mensurada, necessita de indicadores e, estes, são apresentados e analisados na sequência desse estudo.

Indicadores de sustentabilidade

Os indicadores tradicionais deram origem aos indicadores de sustentabilidade (figura 3) e, além disso, esta seção analisa as críticas, as qualidades desejáveis e características essenciais, a categoria dos indicadores e a forma de abordagem quanto a sua elaboração.



Figura 3. Indicadores tradicionais e de sustentabilidade



Fonte: Elaborado pelos autores.

Os indicadores tradicionais foram empregados inicialmente em contexto científico por Lazarsfeld (1958) e foram definidos como variáveis que compreendem a qualidade, característica e a propriedade de um determinado sistema (Gallopín, 1997). Boulanger (2008) salienta que o indicador se refere a uma variável observável e sua finalidade é expor a realidade não observável. Joung *et al.* (2012) explicam que o indicador corresponde a uma medida utilizada para extrair uma conclusão sobre variáveis previamente definidas. Neste sentido, os indicadores tradicionais não estão vinculados necessariamente a *triple bottom line* e, além disso, não estão preocupados em avaliar o sistema de forma holística e integrada. A partir desta reflexão foram introduzidos os indicadores de sustentabilidade.



A necessidade de indicadores executáveis para orientar o processo da sustentabilidade foi reconhecida pela conferência Rio 92 e na Agenda 21 (UNCED, 1992). Com apoio da Rio 92 e na Agenda 21 uma série de indicadores de sustentabilidade foram elaborados para auxiliar os processos decisórios relacionados à sustentabilidade e difundidos em nível global (Dahl, 2012).

Os indicadores de sustentabilidade relacionam-se às informações confiáveis utilizadas na mensuração das metas e dos objetivos, assim como a motivação para o avanço em direção às metas, aos objetivos ou níveis de sustentabilidade (Romero & Linares, 2014). Os indicadores de sustentabilidade quantificam os processos do sistema ambiental-humano, com equidade, para garantir a sua continuidade e funcionalidade no futuro (Hak, Moldan & Dahl, 2007). O sistema ambiental-humano deve ser entendido como único e indivisível, ou seja, o sistema global que abrange todos os tipos de capitais; e a equidade se relaciona a quantificação com igualdade desse sistema ambiental-humano.

Os indicadores de sustentabilidade simplificam (Singh *et al.*, 2012), quantificam (Lahtinen *et al.*, 2014), analisam (Hardi & Zdan, 2010; Singh *et al.*, 2012) e comunicam as informações complexas de forma simples (Krajnc & Glavic, 2003; Hak, Moldan & Dahl, 2007). Hardi & Zdan (2010) articulam que os indicadores de sustentabilidade são medidas sistemáticas, precisas, consistentes e transparentes das dimensões da sustentabilidade. Linke *et al.* (2013) enfatizam que os indicadores podem oferecer uma solução simples e acessível para a avaliação rápida da sustentabilidade.

Os indicadores de sustentabilidade mensuram processos complexos e diversificados em poucas medidas e de forma simples, maximizando a informação original e relevante (Agol, Latawiec & Strassburg, 2014). Entretanto, essa mensuração, independente da quantidade de indicadores utilizados, não consegue traduzir na íntegra todas as questões envolvidas, dessa forma, podem gerar incertezas quanto às medidas e não representarem a realidade, mas apenas se aproximarem. Essa reflexão crítica também é defendida por Ameta *et al.* (2011) e Lodhia & Martin (2014).

O indicador de sustentabilidade mais sofisticado pode não ser necessariamente a escolha mais adequada, ou seja, um conjunto de indicadores, independentemente da quantidade, pode não ser completo e abranger todo o sistema a ser mensurado. Nesta lógica, entende-se que não é possível medir um sistema na sua integralidade, pois algumas informações podem ser perdidas. Essa reflexão também pode ser vista em Searcy, McCartney & Karapetrovic (2007) e Chee Tahir & Darton (2010).



A literatura também enfatiza outras críticas relacionado aos indicadores de sustentabilidade, por exemplo, a : a) inexistência de *benchmark* de referência (Munda, 2006); b) dificuldades na interpretação do indicador, principalmente quando há uma enorme agregação de informações (Hezri & Dovers, 2006); c) possui informações explicativas revelando sintomas em vez de causas e, além disso, apresenta inadequação da escala espacial (Bell & Morse, 2008); d) elaborados em função do que pode, em vez do que deve, ser medido (Mccool, 2004); e e) indicadores simples são inapropriados para demonstrar a realidade de um sistema complexo adaptativo (Milman & Short, 2008).

A análise destas críticas revela que, além dos indicadores, não existem metodologias mais adequadas para a mensuração da sustentabilidade. Dessa forma, apesar dos indicadores não representarem a opção mais adequada na mensuração da sustentabilidade, ainda são definidos como a forma mais plausível, pois é melhor medir algo superficialmente do que não medir. As justificativas que aconselham os indicadores de sustentabilidade para utilização na mensuração do nível de sustentabilidade estão descritas na sequência.

Os indicadores de sustentabilidade são dados utilizáveis nas tomadas de decisões para gerenciar as ações da humanidade em relação ao sistema ambiental-humano, auxiliando na geração de cenários sustentáveis (Mccool, 2004; Hezri & Dovers, 2006; Lahtinen *et al.*, 2014). Sendo assim, os indicadores de sustentabilidade podem fornecer um quadro preliminar, estimulando as ações preventivas, estabelecendo prioridades, formulando estratégias, testando sua eficácia e soando um alarme com tempo hábil para evitar impactos ambientais, sociais e econômicos.

Os indicadores de sustentabilidade possuem o potencial de identificar se o objeto em estudo (organização, nação, entre outros) está próximo ou distante do nível de sustentabilidade desejado (Azapagic & Perdan, 2000; Bohringer & Jochem, 2007; Milman & Short, 2008; Lodhia & Martin, 2014).

Os indicadores de sustentabilidade apontam múltiplas questões e auxiliam na determinação da situação do sistema atual e de previsões futuras. Além disso, são utilizados no monitoramento relacionado com o clima, ambiente e a sociedade (Lahtinen *et al.*, 2014; Lodhia & Martin, 2014). Milman e Short (2008) enfatizam que também são utilizados na realização de comparações no



tempo e espaço, ou com os objetivos propostos e a avaliação de desempenho. Veleva *et al.* (2001) apontam três objetivos principais dos indicadores de sustentabilidade: a) aumentar a conscientização e compreensão da situação; b) abastecer de informação a tomada de decisão; e c) mensurar o avanço na direção dos objetivos propostos.

A informação gerada pelos indicadores de sustentabilidade para que seja útil e aplicável deve ter aderência as qualidades desejáveis na estruturação do conjunto de indicadores. Neste sentido, a literatura apresenta qualidades desejáveis (tabela 1), que devem ser observadas na elaboração e identificação dos indicadores de sustentabilidade.

Tabela 1. Qualidades desejáveis dos indicadores de sustentabilidade

Qualidades desejáveis
Terem base em informações confiáveis a partir de fontes de dados válidos, disponíveis, precisos e acessíveis.
Serem tecnicamente mensuráveis, reproduzíveis, com custo razoável e de fácil aplicação e avaliação.
Elaborados e avaliados a partir de um processo aberto com participação dos <i>stakeholders</i> .
Permitir comparações entre corporações, e avaliar seu desempenho sustentável no tempo.
Serem indicadores simples, mas significativos. Compreenderem um conjunto de indicadores gerenciável, em vez de um único que em sua composição contenha indicadores principais e específicos.
Devem compreender aspectos qualitativos e quantitativos, mensuráveis na forma quantitativa.
Abordarem questões globais e uma visão holística: do berço à morte, o conteúdo deve ser claro, compreensível e transparente.
Devem ser maleáveis no tempo e terem apropriada escala temporal e espacial.

Fonte: Adaptado de Bossel (1999), Veleva & Ellenbecker (2001), Searcy, McCartney & Karapetrovic (2007), Azapagic (2004), Patlitzianas *et al.* (2008), Nordheim & Barrasso (2007), Ameta *et al.* (2011).

Os indicadores de sustentabilidade, além de estarem aderentes as qualidades desejáveis, também devem apresentar algumas características essenciais, a saber (Krajn & Glavic, 2003; Patlitzianas *et al.*, 2008): a) o período de acompanhamento e cálculo (ano, trimestre, bimestre ou mensal); b) o limite,



ou seja, o nível de abrangência na organização hierárquica (linha de produtos, instalações, ciclo de vida do produto e/ou fornecedores); c) a unidade de medida (números, quilogramas, toneladas, dólares, porcentagem e horas); d) o tipo de medição: ajustado (energia por unidade de produto ou serviço por ano) ou absoluto (total de energia por ano em KWh), qualitativo ou quantitativo; e Patlitzianas *et al.* (2008) complementa com e) a identificação alfanumérica único do indicador; f) sua denominação, contendo sua designação distintiva; g) a definição das características essenciais e a função; e h) serem fundamentados e referenciados em base teórica ou pré-desenvolvidos, adequação técnica e científica.

As qualidades desejáveis e as características essenciais dos indicadores de sustentabilidade agregam valor as informações geradas, sendo assim, as definições sobre a forma de elaboração e identificação de um conjunto de indicadores são apresentadas detalhadamente na sequência desse estudo. Um conjunto de indicadores de sustentabilidade desenvolvido para avaliação de um sistema específico, em geral, não são adequados na utilização em todos os contextos das medições. Sendo assim, o conjunto de indicadores sofre alterações para se adequar a outras ou novas situações na mensuração da sustentabilidade, o que também é corroborado por Joung *et al.* (2012).

A identificação de um conjunto de indicadores pode ser realizada pela abordagem *top-down* e *bottom-up* (Lahtinen *et al.*, 2014). Os indicadores identificados mediante a abordagem *top-down* são oriundos de processos políticos selecionados a partir do conhecimento de especialistas e pesquisadores e, são aplicados nas tomadas de decisões em nível macro (Chee Tahir & Darton, 2010). A análise da abordagem *top-down* revela uma fragilidade quanto a sua utilização em nível macro, pois pode haver uma perda de informações críticas, em nível local.

Os indicadores com abordagem *bottom-up* são identificados com a participação sistemática de diversos *stakeholders* locais, em nível micro, considerando as adversidades locais (Chee Tahir & Darton, 2010). A abordagem *bottom-up* enfatiza a importância de abranger o contexto local e suas necessidades específicas, o que permite que as comunidades locais participem da identificação, coleta e do monitoramento dos indicadores de sustentabilidade (Reed, Fraser & Dougill, 2006).



A identificação de um conjunto de indicadores de sustentabilidade devem ocorrer de forma híbrida, observando ao mesmo tempo as abordagens *top-down* e a *bottom-up*, ou seja, nas quais os indicadores são formados por especialistas e pesquisadores (podem ser coletados mediante uma pesquisa bibliográfica ou documental), mas as escolhas realizadas por eles dependem das preferências políticas e sociais da comunidade local (selecionado por uma pesquisa *survey*). Essa integração aumenta a operacionalização e política dos indicadores, também apoiado por Reed, Fraser & Dougill (2006) e Turcu (2013).

Categoria dos indicadores de sustentabilidade

Os indicadores de sustentabilidade possuem categorias e englobam: a) os indicadores sociais de sustentabilidade; b) os indicadores ambientais de sustentabilidade; c) os indicadores econômicos de sustentabilidade; e d) os indicadores integrados de sustentabilidade.

Os indicadores ambientais de sustentabilidade devem refletir a sucessão de ocorrências que conduzem a um determinado efeito resultante, onde cada membro da sucessão causa a ocorrência do efeito seguinte, vinculando a atividade humana aos seus impactos ambientais (Smeets & Weterings, 1999). Esses indicadores devem considerar a abordagem do ciclo de vida e a abordagem completa das interações do sistema humano-ambiental, identificando os *hotspots* (prioridade de conservação) que podem ser aprimorados (Azapagic & Perdan, 2000). Portanto, os indicadores ambientais de sustentabilidade mensuram os impactos locais, regionais ou globais sobre os sistema humano-ambiental, que abrange os seres humanos, ecossistemas, terra, ar e água.

Os indicadores sociais de sustentabilidade consideram os diversos interesses dos *stakeholders* envolvidos, revelando os impactos sociais em nível local, nacional e global (Azapagic, 2004; Manara & Zabaniotou, 2014). Carrera & Mack (2010) salientam que os indicadores sociais de sustentabilidade se vinculam à avaliação de impacto social, mediante uma metodologia para monitorar e analisar as consequências não intencionais das intervenções previstas, por exemplo, a implementação de novas tecnologias.



Os indicadores sociais de sustentabilidade pretendem obter uma visão holística, incluindo diversas dimensões da sustentabilidade. Sendo assim, a mensuração dos impactos sociais inclui os indicadores sobre a saúde, os riscos e os impactos educacionais. Esses indicadores são aplicados no contexto das perturbações naturais e antropogênicas. Dessa forma, medem a resposta do ecossistema diante das perturbações antrópicas.

Os indicadores econômicos da sustentabilidade mensuram o impacto econômico frente aos *stakeholders* endógenos e exógenos e, além disso, os ambientais e sociais, em nível local, nacional e global, abrangendo as medidas usuais de desempenho financeiro (lucros e retornos) (Manara & Zabaniotou, 2014).

Os indicadores integrados de sustentabilidade compreendem a inter-relação de dois ou mais indicadores de diferentes dimensões em uma medida de desempenho (Azapagic, 2003; 2004). Estes estudos ainda defendem que esta integração, por um lado, reduz o número de indicadores, traz maior gerenciamento das medidas e facilita o processo de tomada de decisão. Por outro lado, considerando que a sustentabilidade é um conceito holístico, deve haver um esforço para considerar simultaneamente as três dimensões da sustentabilidade. Os indicadores integrados aproximam o atingimento deste objetivo (Lozano & Huisingh, 2011).

Os indicadores de sustentabilidade devem abranger a integração das três dimensões (ambiental, social e econômica), permitindo assim ter uma visão holística da sustentabilidade, além dos indicadores específicos de cada dimensão, o que corrobora com Lozano & Huisingh (2011) e Lodhia & Martin (2014).

Os indicadores ambientais, sociais e econômicos de sustentabilidade classificam-se em principais e suplementares (Veleva & Ellenbecker, 2001). Estes autores ainda salientam que os indicadores principais compreendem um conjunto padrão de indicadores e podem ser aplicados a qualquer empresa e/ou instituição. Esse conjunto de indicadores principais é bem difundido, por exemplo, como o quadro de indicadores do *Global Reporting Initiative* (GRI, 2013), o *Commission on Sustainable Development* (CSD, 2007), do *Institution of Chemical Engineers* (ICHEM, 2002), *Wuppertal Institute for Climate, Environment, Energy* (Spangenberg e Bonniot, 1998), a *International Organization for Standardization* (ISO) número 14031:2013 (ISO, 2013), e o Instituto Ethos (ETHOS, 2016).



Os indicadores suplementares correspondem um conjunto aberto e podem variar entre organizações ou sistemas a serem avaliados, ou seja, introduzem alguma flexibilidade, abordando aspectos específicos (Veleva & Ellenbecker, 2001). Esses indicadores suplementares são amplamente disponíveis e encontrados, por exemplo, nos estudos de Nordheim & Barrasso (2007) e Searcy, McCartney & Karapetrovic (2007).

Sobre os indicadores principais, pode-se afirmar que não podem ser considerados melhores ou mais importantes que os indicadores suplementares. O ideal é a utilização mista, isto é, tanto os principais, quanto os suplementares devem fazer parte dos indicadores. Cabe salientar que os indicadores principais são os resultantes da abordagem *top-down* e os suplementares da abordagem *bottom-up*.

Conclusões

A operacionalização de qualquer uma das dimensões da sustentabilidade deve ocorrer com base em indicadores, porém os indicadores tradicionais ficam aquém de avaliar com qualidade as informações relacionadas a sustentabilidade. Dessa forma, necessita-se de indicadores específicos vinculados a sustentabilidade para mensurar um sistema sustentável. Nesta lógica, esta pesquisa objetivou a análise dos níveis, as dimensões e os indicadores de sustentabilidade.

A análise da classificação dos níveis de sustentabilidade em muito fraca, fraca, forte e muito forte revela que se vinculam à substituição do capital natural ou não por outros capitais existentes. Percebe-se que a sustentabilidade muito forte e muito fraca é inviáveis frente ao capital natural; já os níveis forte e fraca são viáveis, mas a escolha de um meio termo entre os dois é a opção mais adequada. A sustentabilidade abrange dimensões, e a análise dessas dimensões revela que a dimensão ambiental, social e econômica se vincula à identificação da extensão e/ou da área abrangida de cada uma das variáveis. Essas dimensões dividem-se em sustentabilidade ambiental, social e econômica e estas últimas centram-se na vitalidade e ou na saúde de cada um dos sistemas com o objetivo de manter, proteger e preservar.



A sustentabilidade ambiental, social e econômica necessita de indicadores para ser mensurada. Sendo assim, os indicadores de sustentabilidade abrangem os indicadores ambientais, sociais e econômicos de sustentabilidade. A análise dos indicadores de sustentabilidade revelou que, para sua elaboração e identificação, deve-se observar as qualidades desejáveis dos indicadores, assim como as suas características e especificações. As abordagens *top-down* e *bottom-up* na elaboração de indicadores de sustentabilidade devem ser utilizadas de forma híbrida, bem como os indicadores principais e suplementares.

Portanto, salienta-se que a definição desses termos da sustentabilidade, tais como os níveis, as dimensões e os indicadores, é escassa e muito dispersa na literatura. Dessa forma, este estudo buscou agregar essas informações, procurando contribuir com demais estudos centrados neste tema.



Referências

- Agol, D., Latawiec, A.E. & Strassburg, B.B. (2014). Evaluating impacts of development and conservation projects using sustainability indicators: Opportunities and challenges. *Environmental Impact Assessment Review*, (48), 1-9. doi.org/10.1016/j.eiar.2014.04.001, [18 de mayo de 2019].
- Aktaş, R., Kayalidere, K. & Karğın, M. (2013). Corporate sustainability reporting and analysis of sustainability reports in Turkey. *International Journal of Economics and Finance*, 5(3), 113-125. dx.doi.org/10.5539/ijef.v5n3p113, [18 de mayo de 2019].
- Ameta, G., Rachuri, S., Fiorentini, X., Mani, M., Fenves, S.J., Lyons, K.W. & Sriram, R.D. (2011). Extending the notion of quality from physical metrology to information and sustainability. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 22(5), 737-750. doi.org/10.1007/s10845-009-0333-3, [18 de mayo de 2019].
- Ayres, R.U. (2007). On the practical limits to substitution. *Ecological Economics*, 61(1), 115-128. doi.org/10.1016/j.ecolecon.2006.02.011, [18 de mayo de 2019].
- Azapagic, A. & Perdan, S. (2000). Indicators of sustainable development for industry: a general framework. *Process Safety and Environmental Protection*, 78(4), 243-261. doi.org/10.1205/095758200530763, [18 de mayo de 2019].
- Azapagic, A. (2003). Systems approach to corporate sustainability: a general management framework. *Process Safety and Environmental Protection*, 81(5), 303-316. doi.org/10.1205/095758203770224342, [18 de mayo de 2019].
- Azapagic, A. (2004). Developing a framework for sustainable development indicators for the mining and minerals industry. *Journal of cleaner production*, 12(6), 639-662. doi.org/10.1016/S0959-6526(03)00075-1, [18 de mayo de 2019].
- Bell, S. & Morse, S. (2008). *Sustainability Indicators: Measuring the Immeasurable?* London: Earthscan Publication.



- Blewitt, J. (2008). *Understanding sustainable development*. London: Earthscan.
- Böhringer, C. & Jochem, P. E. (2007). Measuring the immeasurable—A survey of sustainability indices. *Ecological economics*, 63(1), 1-8. doi.org/10.1016/j.ecolecon.2007.03.008, [18 de mayo de 2019].
- Boulanger, P.M. (2008). Sustainable development indicators: a scientific challenge, a democratic issue. SAPI EN. S. *Surveys and Perspectives Integrating Environment and Society*, (1.1), 59-73.
- Bossel, H. (1999). *Indicators for sustainable development: theory, method, applications – a report to the Balaton Group*. Winnipeg: International Institute for Sustainable Development (IISD).
- Carrera, D.G. & Mack, A. (2010). Sustainability assessment of energy technologies via social indicators: Results of a survey among European energy experts. *Energy policy*, 38(2), 1030-1039. doi.org/10.1016/j.enpol.2009.10.055, [18 de mayo de 2019].
- Ciegis, R., Ramanauskiene, J. & Martinkus, B. (2009). The concept of sustainable development and its use for sustainability scenarios. *Engineering Economics*, 62(2), 28-37.
- CSD (Commission on Sustainable Development) (2007). *Indicators of Sustainable Development: Guidelines and Methodologies*. Third Edition. United Nations publication. Disponible en <https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/guidelines.pdf>, [18 de mayo de 2019].
- Dahl, A.L. (2012). Achievements and gaps in indicators for sustainability. *Ecological Indicators*, (17), 14-19. doi.org/10.1016/j.ecolind.2011.04.032, [18 de mayo de 2019].
- Daly, H.E. (1992). *Steady-state Economics with new essays*. London: Earthscan.
- Ekins, P., Simon, S., Deutsch, L., Folke, C. & De Groot, R. (2003). A framework for the practical application of the concepts of critical natural capital and strong sustainability. *Ecological economics*, 44(2-3), 165-185. doi.org/10.1016/S0921-8009(02)00272-0, [18 de mayo de 2019].



- ETHOS (Instituto Ethos) (2016). Instituto Ethos de Empresas e Responsabilidade Social. *Indicadores Ethos para Negócios Sustentáveis e Responsáveis*. Disponible en <http://www3.ethos.org.br/conteudo/iniciativas/indicadores/#.VlcvxDHF8pU>, [18 de mayo de 2019].
- Fiorino, D.J. (2011). Explaining national environmental performance: approaches, evidence, and implications. *Policy sciences*, 44(4), 367. doi.org/10.1007/s11077-011-9140-8, [18 de mayo de 2019].
- Garmendia, E., Prellezo, R., Murillas, A., Escapa, M. & Gallastegui, M. (2010). Weak and strong sustainability assessment in fisheries. *Ecological Economics*, 70(1), 96-106. doi.org/10.1016/j.ecolecon.2010.08.001, [18 de mayo de 2019].
- Gallopin, G. (1997). Indicators and their use: information for decision-making. En Moldan, B. & Billharz, S. *Sustainability Indicators: Report of the Project on Indicators of Sustainable Development*. Nova Jersey: John Wiley and Sons Ltd.
- Glavič, P. & Lukman, R. (2007). Review of sustainability terms and their definitions. *Journal of cleaner production*, 15(18), 1875-1885. doi.org/10.1016/j.jclepro.2006.12.006, [18 de mayo de 2019].
- Goodland, R. (1995). The concept of environmental sustainability. *Annual review of ecology and systematics*, 26(1), 1-24. doi.org/10.1146/annurev.es.26.110195.000245, [18 de mayo de 2019].
- GRI (Global Reporting Initiative) (2013). *Reporting Guidelines (the Guidelines) offer Reporting Principles*. Standard Disclosures. Disponible en <https://www.globalreporting.org/resource-library/grig4-part1-reporting-principles-and-standard-disclosures.pdf>, [18 de mayo de 2019].
- Hak, T., Moldan, B. & Dahl, A.L. (2007). *Sustainability indicators. A scientific assessment*. Washington: Island Press.
- Hardi, P. & Zdan, T. (2010). *Assessing Sustainable Development: Principles in Practice*. Winnipeg: International Institute for Sustainable Development.



- Hezri, A.A. & Dovers, S.R. (2006). Sustainability indicators, policy and governance: Issues for ecological economics. *Ecological Economics*, 60(1), 86-99. doi.org/10.1016/j.ecolecon.2005.11.019, [18 de mayo de 2019].
- Howard, G.R., Lubbe, S., Huisman, M. & Klopper, R. (september, 2014). Green IS Management Framework Verification: Explicating the Enabling Capabilities of Green IS. Trabajo presentado en Conference of Proceedings of the 28th Enviro Info. Oldenburg, Germany.
- ICHEME (Institution of Chemical Engineers) (2002). *The sustainability metrics: Sustainable development progress metrics recommended for use in the process industries*. Rugby: Institution of Chemical Engineers, 2002. Disponible en http://nbis.org/nbisresources/metrics/triple_bottom_line_indicators_process_industries.pdf, [18 de mayo de 2019].
- ISO (International Organization for Standardization) (2013). *ISO 14031:2013(en) Environmental management - Environmental performance evaluation - Guidelines*. Disponible en <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:14031:ed-2:v1:en>, [18 de mayo de 2019].
- Joung, C.B., Carrell, J., Sarkar, P. & Feng, S.C. (2013). Categorization of indicators for sustainable manufacturing. *Ecological indicators*, 24, 148-157. doi.org/10.1016/j.ecolind.2012.05.030, [18 de mayo de 2019].
- Labuschagne, C., Brent, A.C. & Van Erck, R.P. (2005). Assessing the sustainability performances of industries. *Journal of cleaner production*, 13(4), 373-385. doi.org/10.1016/j.jclepro.2003.10.007, [18 de mayo de 2019].
- Lähtinen, K., Myllyviita, T., Leskinen, P. & Pitkänen, S.K. (2014). A systematic literature review on indicators to assess local sustainability of forest energy production. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 40, 1202-1216. doi.org/10.1016/j.rser.2014.07.060, [18 de mayo de 2019].
- Lazarsfeld, P. F. (1958). Evidence and inference in social research. *Daedalus*, 87(4), 99-130.



- Linke, B.S., Corman, G.J., Dornfeld, D.A. & Tönissen, S. (2013). Sustainability indicators for discrete manufacturing processes applied to grinding technology. *Journal of Manufacturing Systems*, 32(4), 556-563. doi.org/10.1016/j.jmsy.2013.05.005, [18 de mayo de 2019].
- Griessler, E. & Littig, B. (2005). Social sustainability: a catchword between political pragmatism and social theory. *International Journal for Sustainable Development*, 8(1/2), 65-79.
- Lodhia, S. & Martin, N. (2014). Corporate sustainability indicators: an Australian mining case study. *Journal of Cleaner Production*, 84, 107-115. doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.05.050, [18 de mayo de 2019].
- Lozano, R. & Huisingh, D. (2011). Inter-linking issues and dimensions in sustainability reporting. *Journal of cleaner production*, 19(2-3), 99-107. doi.org/10.1016/j.jclepro.2010.01.004, [18 de mayo de 2019].
- Krajnc, D. & Glavič, P. (2003). Indicators of sustainable production. *Clean technologies and environmental policy*, 5(3-4), 279-288. doi.org/10.1007/s10098-003-0221-z, [18 de mayo de 2019].
- Manara, P. & Zabaniotou, A. (2014). Indicator-based economic, environmental, and social sustainability assessment of a small gasification bioenergy system fuelled with food processing residues from the Mediterranean agro-industrial sector. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, (8), 159-171. doi.org/10.1016/j.seta.2014.08.007, [18 de mayo de 2019].
- McCool, S.F. & Stankey, G.H. (2004). Indicators of sustainability: challenges and opportunities at the interface of science and policy. *Environmental management*, 33(3), 294-305. doi.org/10.1007/s00267-003-0084-4, [18 de mayo de 2019].
- Mckenzie, S. (2004). *Social sustainability: towards some definitions*. Adelaide: Hawke Research Institute.
- Milman, A. & Short, A. (2008). Incorporating resilience into sustainability indicators: An example for the urban water sector. *Global Environmental Change*, 18(4), 758-767. doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2008.08.002, [18 de mayo de 2019].



- Moldan, B., Janoušková, S. & Hák, T. (2012). How to understand and measure environmental sustainability: Indicators and targets. *Ecological Indicators*, (17), 4-13. doi.org/10.1016/j.ecolind.2011.04.033, [18 de mayo de 2019].
- Munasinghe, M. (2007). *Sustainable development triangle*. Encyclopedia of Earth (EoE).
- Munda, G. (2006). A NAIADDE based approach for sustainability benchmarking. *International Journal of Environmental Technology and Management*, 6(1), 65-78.
- Neumayer, E. (2003). *Weak versus strong sustainability: exploring the limits of two opposing paradigms*. Cheltenham: Edward Elgar Publishing.
- Nordheim, E. & Barrasso, G. (2007). Sustainable development indicators of the European aluminium industry. *Journal of Cleaner Production*, 15(3), 275-279. doi.org/10.1016/j.jclepro.2006.02.004, [18 de mayo de 2019].
- Pisani, J.A. (2006). Sustainable development—historical roots of the concept. *Environmental Sciences*, 3(2), 83-96. doi.org/10.1080/15693430600688831, [18 de mayo de 2019].
- Patlitzianas, K.D., Doukas, H., Kagiannas, A.G. & Psarras, J. (2008). Sustainable energy policy indicators: Review and recommendations. *Renewable Energy*, 33(5), 966-973. doi.org/10.1016/j.renene.2007.05.003, [18 de mayo de 2019].
- Reed, M.S., Fraser, E.D. & Dougill, A.J. (2006). An adaptive learning process for developing and applying sustainability indicators with local communities. *Ecological Economics*, 59(4), 406-418. doi.org/10.1016/j.ecolecon.2005.11.008, [18 de mayo de 2019].
- Rocha, C.M.R.S., Gadelha, D.P. & Almeida, S.R. (2017). O desenvolvimento de políticas públicas e a influência do capital social na construção do desenvolvimento local sustentável. *Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade*, 4(8), 463-474. doi.org/10.21438/rb-gas.040818, [18 de mayo de 2019].



- Romero, J. C. & Linares, P. (2014). Exergy as a global energy sustainability indicator. A review of the state of the art. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 33, 427-442. doi.org/10.1016/j.rser.2014.02.012, [18 de mayo de 2019].
- Sartori, S., Latrónico, F. & Campos, L. (2014). Sustainability and sustainable development: a taxonomy in the field of literature. *Ambiente & Sociedade*, 17(1), 01-22.
- Searcy, C., McCartney, D. & Karapetrovic, S. (2007). Sustainable development indicators for the transmission system of an electric utility. *Corporate Social Responsibility and Environmental Management*, 14(3), 135-151. doi.org/10.1002/csr.124, [18 de mayo de 2019].
- Singh, R.K., Murty, H.R., Gupta, S.K. & Dikshit, A.K. (2012). An overview of sustainability assessment methodologies. *Ecological indicators*, 15(1), 281-299. doi.org/10.1016/j.ecolind.2011.01.007, [18 de mayo de 2019].
- Smeets, E. & Weterings, R. (1999). *Environmental indicators: typology and overview*. Tech Rep, v. 25. Copenhagen: Eur. Environ. Agency.
- Solow, R.M. (1974). Intergenerational equity and exhaustible resources. *The review of economic studies*, 41, 29-45.
- Spangenberg, J.H. & Bonniot, O. (1998). *Sustainability indicators da compass on the road towards sustainability*. Wuppertal Paper.
- Tahir, A.C. & Darton, R.C. (2010). The process analysis method of selecting indicators to quantify the sustainability performance of a business operation. *Journal of cleaner production*, 18(16-17), 1598-1607. doi.org/10.1016/j.jclepro.2010.07.012, [18 de mayo de 2019].
- Turcu, C. (2013). Re-thinking sustainability indicators: local perspectives of urban sustainability. *Journal of Environmental Planning and Management*, 56(5), 695-719. doi.org/10.1080/09640568.2012.698984, [18 de mayo de 2019].



- Turner, R.K. (1993). Sustainability: principles and practice. En Turner, R. K. (eds.). *Sustainable Environmental Economics and Management: Principles and Practice*. (pp. 3-36). New York/London: Belhaven Press.
- UNCED (United Nations Conference on Environment and Development) (1992). *Agenda 21*. Rio de Janeiro.
- Vallance, S., Perkins, H.C. & Dixon, J.E. (2011). What is social sustainability? A clarification of concepts. *Geoforum*, 42(3), 342-348. doi.org/10.1016/j.geoforum.2011.01.002, [18 de mayo de 2019].
- Veleva, V., Hart, M., Greiner, T. & Crumbley, C. (2001). Indicators of Sustainable Production. *Journal of Cleaner Production*, (9). 447-452. doi.org/10.1016/S0959-6526(01)00004-X, [18 de mayo de 2019].
- Veleva, V. & Ellenbecker, M. (2001). Indicators of sustainable production: A new tool for promoting business sustainability. *NEW SOLUTIONS: A Journal of Environmental and Occupational Health Policy*, 11(1), 41-62. doi.org/10.2190/XQK7-UB3W-3AQE-G4N0, [18 de mayo de 2019].
- WCED (World Commission on Environment and Development) (1987). *Our Common Future*. Oxford: Oxford University Press, 1987. Disponible en https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/UN%20WCED%201987%20Brundtland%20Report.pdf, [18 de mayo de 2019].