

INDICADORES DE ECONOMIA CIRCULAR DO SETOR SIDERÚRGICO NACIONAL: UMA ANÁLISE DAS EMPRESAS LISTADAS NA B3

1. Introdução

A grande exploração de recursos naturais é um dos principais problemas ambientais do mundo. O bem-estar de um número crescente de pessoas depende de recursos que estão tornando-se cada vez mais escassos. Ao mesmo tempo, cadeias produtivas e comércio se tornaram globais, assim como os efeitos ambientais da produção e do consumo, como as mudanças climáticas. Os padrões atuais de consumo e produção têm efeitos ambientais, que geralmente têm um impacto global desigual. A demanda por matéria prima e alimentos de economia de países industrializadas leva em grande parte ao aumento das taxas de extração/exploração de recursos naturais de países em desenvolvimento (LEHTORANTA et al., 2011).

Este modelo de exploração de recursos naturais foi desenvolvido no Brasil, desde o seu descobrimento pelos portugueses até recentemente. A partir do momento em que o homem começa a sofrer as consequências dos seus atos de extrativismo, e percebe-se que os recursos naturais, até então ilimitados, estavam ficando escassos, momento este em que a taxa de restauração da própria natureza não consegue acompanhar o crescente aumento de sua exploração (BORGES; DE REZENDE; PEREIRA, 2009).

Ainda segundo Borges, De Rezende e Pereira (2009) a partir desse contexto, surge então a preocupação com os recursos naturais, principalmente nos aspectos legais, com normas que visam disciplinar a conduta humana para a proteção ambiental e o consumo racional dos recursos naturais, os chamados “produtos da natureza”: a Água, o Solo, as Florestas, o Ar e os Animais (BORGES; DE REZENDE; PEREIRA, 2009).

Essa preocupação com os recursos naturais tem se desenvolvido ao longo dos anos, de forma a minimizar os impactos principalmente da produção industrial, Oliveira (2004) destaca que com a revolução industrial ocorrida no século XVIII na Inglaterra, ocorreu transformações técnicas e econômicas, como exemplo, a mudança do sistema de produção artesanal para o fabril com o advento das máquinas, a mecanização da produção, energia do carvão e do ferro, revolução agrícola, com o surgimento dos adubos, deixou-se de utilizar o sistema rotativo de cultivo, empregado desde a Idade Média (OLIVEIRA, 2004). O desenvolvimento da indústria pós revolução industrial é considerado o maior causador das mudanças no meio ambiente em todo o planeta. A industrialização acelerou a extração de recursos naturais impulsionados pelo novo modelo econômico, sem se dar conta que os recursos são ilimitados (BORGES; DE REZENDE; PEREIRA, 2009).

A importância das questões ambientais tem aumentado em diversos países, nos últimos anos, o estudo desenvolvido por Nachmany et al. (2015) analisou 33 países desenvolvidos e 66 países em desenvolvimento, abrangendo as leis e políticas nacionais diretamente relacionadas a mitigação e adaptação as mudanças climáticas, aprovadas antes de 1º de janeiro de 2015. Esses países representam cerca de 93% das emissões mundiais, incluindo 46 dos 50 principais emissores mundial, e abrigam 90% das florestas do globo. Os resultados evidenciaram que o número de leis e políticas sobre mudanças climáticas dobrou a cada 5 anos desde 1997, passando de 54 leis em 1997 para 804 leis no final de 2014 (NACHMANY et al., 2015).

Não apenas os aspectos legais e as políticas sobre mudanças climáticas, mas também a crescente pressão sobre os recursos e o ambiente, por um modelo econômico que promova eficiência de recursos dissociado do consumo de recursos finitos tem se tornado foco de agendas políticas dos países nos últimos anos, em particular na Europa. O objetivo tem sido de promover o crescimento econômico, criando novos negócios e oportunidades de emprego, economizando materiais, diminuindo a volatilidade dos preços, melhorando a segurança do fornecimento e, ao

mesmo tempo, reduzindo as pressões e os impactos ambientais (KALMYKOVA; SADAGOPAN; ROSADO, 2018).

Até então, o sistema de produção pautado na economia linear, que teve sua origem na Revolução Industrial que se caracteriza por “Extrair, Transformar e Descartar”, na qual demanda grandes quantidades de recursos a baixo custo, foi primordial para o desenvolvimento industrial e desenvolvimento humano, porém acarretou vários fatores sociais, econômicos e ambientais mostrando que não é mais sustentável (ANDREWS, 2015).

Em 2015, a Comissão Europeia adotou um plano de ação para ajudar a acelerar a transição da Europa para uma economia circular, impulsionar a competitividade a nível mundial, promover o crescimento econômico sustentável e criar novos postos de trabalho (EUROPEAN COMMISSION, 2019). No Brasil e em outros países, o conceito passou a ser mais difundido a partir de 2010 após a criação da Ellen Macarthur Foundation, que tem como missão acelerar o processo de transição entre a economia linear e circular.

Segundo a World Steel Association (2019) uma economia circular sustentável é aquela em que a sociedade reduz a demanda sobre os recursos da natureza, garantindo a utilização dos recursos em uso o maior tempo possível. Como material permanente, o aço é fundamental para alcançar uma economia circular. É possível reduzir o peso dos produtos fabricados de aço, e os componentes de aço podem ser efetivamente reutilizados, remanufaturados ou reciclados. No contexto brasileiro o aço é um material que sempre esteve associado ao conceito de economia circular (INSTITUTO AÇO BRASIL, 2019). Ainda segundo a mesma entidade, o aço é considerado o material mais reciclável e reciclado do mundo, e no Brasil cerca de 30% de todo o aço produzido é decorrente de origem reciclável. Apesar disso, nas usinas integradas, para cada tonelada de aço produzido são gerados 2 a 4 toneladas de resíduos que necessitam ser recuperados (DAS et al., 2007). Portanto, por ser um setor de alto consumo de recursos naturais e de grande impacto ambiental com geração de resíduos a aplicação dos conceitos de economia circular torna-se extremamente pertinente.

Diante do exposto, este trabalho tem por objetivo analisar os indicadores de economia circular e o nível desses indicadores, evidenciados pelas empresas do setor siderúrgico nacional listadas na B3, a partir dos conceitos da World Steel Association (2020) e dos níveis definidos por Geng e Doberstein (2008).

Este estudo justifica-se principalmente pela escassez de publicações em relação ao tema, a própria associação mundial de produtores de aço World Steel Association trata seus indicadores como “Indicadores de Sustentabilidade”, que fornecem uma maneira de medir o desempenho econômico, ambiental e social anualmente. Portanto, espera-se poder contribuir com os resultados deste estudo, fornecendo informações acerca do processo de produção do setor siderúrgico, e possíveis evidências de indicadores de economia circular do setor. Assim como verificar o nível desses indicadores em relação as variáveis econômicas, sociais e ambientais (GENG; DOBERSTEIN, 2008) .

2. Fundamentação Teórica

2.1 Economia Circular e os Indicadores de Circularidade

E em 1970 surgiram as primeiras escolas de pensamentos ligadas ao conceito de economia circular, que é definida pela Ellen Macarthur Foundation como:

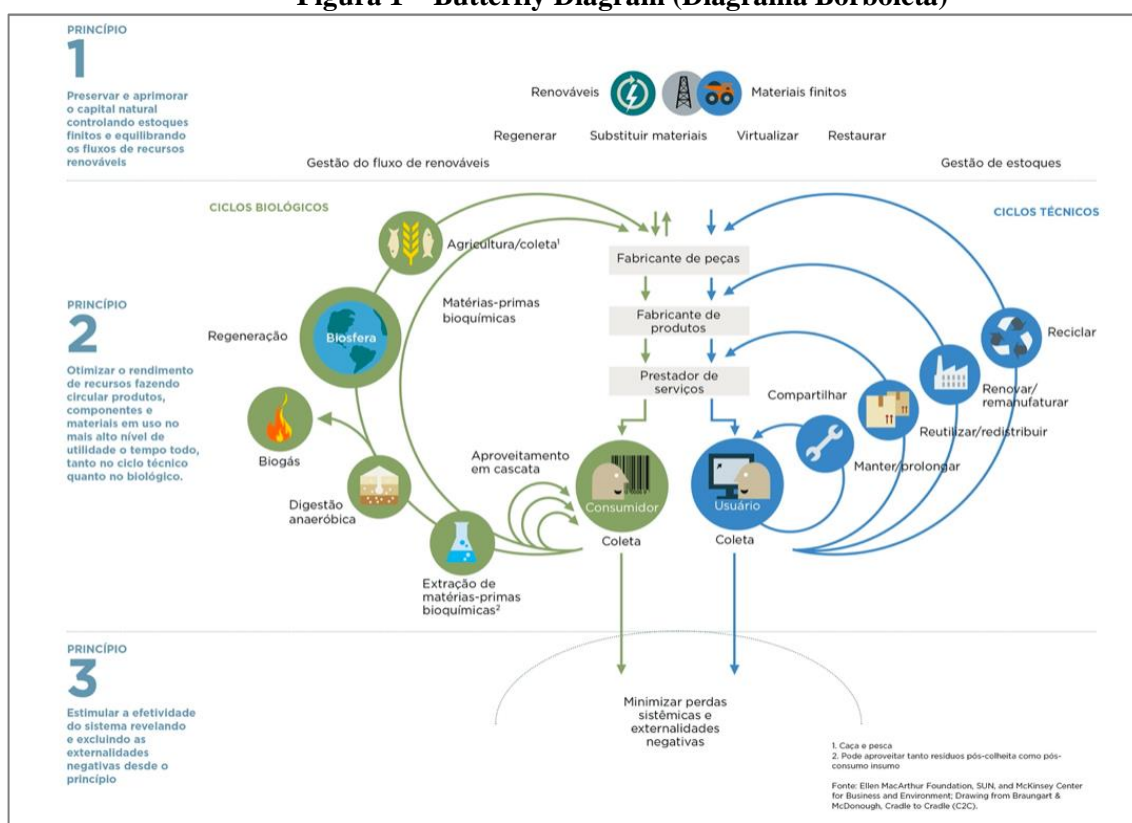
Economia circular é uma economia que é restaurativa e regenerativa por princípio e tem como objetivo manter produtos, componentes e materiais em seu mais alto nível de utilidade e valor o tempo todo, fazendo distinção entre ciclos técnicos e biológicos. A economia circular é concebida como um ciclo contínuo de desenvolvimento positivo que preserva e aprimora o capital natural, otimiza a produtividade de recursos e minimiza riscos sistêmicos gerindo estoques finitos e fluxos renováveis. Ela

funciona de forma efetiva em qualquer escala. Esse novo modelo econômico busca, em última instância, dissociar o desenvolvimento econômico global do consumo de recursos finitos (EMF, 2015, p.5).

Dentre os modelos conceituais para sustentar a tomada de decisões para o desenvolvimento sustentável (zero desperdício, do berço ao berço, ecologia industrial, etc), a economia circular talvez seja a mais acessível. Em seu sentido mais amplo, a economia circular representa uma estratégia de desenvolvimento que maximiza a eficiência dos recursos e minimiza a produção de resíduos, dentro do contexto do desenvolvimento econômico e social sustentável (HISLOP; HILL, 2013).

A figura 1 apresenta o conceito de economia circular como um ciclo que envolve todo o processo produtivo e os recursos renováveis, otimizando o processo em um fluxo circular.

Figura 1 – Butterfly Diagram (Diagrama Borboleta)



Fonte: Ellen MacArthur Foundation (2015a)

Na União Europeia uma economia mais circular, é entendida como aquela em que o valor de produtos, materiais e recursos são preservados no sistema econômico pelo maior tempo possível e minimizada a geração de resíduos (EUROPEAN COMMISSION, 2015).

De acordo com Secco (2019) o uso de indicadores específicos para mensurar a economia circular é necessário para validar a eficiência da mesma e assim poder mostrar quantitativamente os resultados sociais, econômicos e ambientais que ela proporciona.

Para medir o desempenho das aplicações das práticas de economia circular, foram realizados diversos estudos e pesquisas para o desenvolvimento de indicadores quantitativos. Nesse sentido, Geng e Doberstein (2008) destacam que estes indicadores podem ser categorizados em medidas quantitativas de desempenho econômico, ambiental e social. E conforme apresentado por Zhu, Geng e Lai (2011) esta categorização está dividida em três níveis: (1) eco-regiões no nível macro, (2) parques eco-industriais apud Geng et al. (2009) no

nível meso e (3) eco-empreendimentos nível micro. O quadro 1 a seguir apresenta a descrição de cada um desses níveis.

Quadro 1 – Níveis de Indicadores de Economia Circular

Nível	Descrição
Micro	As práticas de Economia Circular neste nível afetam a organização, seus produtos e seus consumidores, abrangem os requisitos de proteção ambiental relacionados à redução, reutilização e reciclagem (3 R's), com ênfase no alcance das duas metas de desempenho de melhoria ambiental e econômica. As atividades típicas incluem um conjunto de níveis corporativos, como por exemplo: projeto ecológico de fábricas, minimização de resíduos, produção mais limpa e sistemas de gerenciamento ambiental.
Meso	Este nível abrange os parques industriais e cadeias de suprimentos, com operações como energia térmica, águas residuais e resíduos industriais. Pautado no gerenciamento da cadeia de suprimentos ecológica e a logística reversa (ou seja, tudo, desde a reciclagem ou redesenho de materiais de embalagem até a redução da energia e poluição causadas pela entrega do produto).
Macro	Diferente dos dois primeiros níveis, este nível atende às preocupações de produção e consumo que impactam a sociedade. Do ponto de vista da produção, o conceito de economia circular incentiva o estabelecimento de redes eco industriais regionais e busca criar uma sociedade circular otimizando a ecoeficiência do uso de materiais. Como exemplos: a recuperação, reutilização, reparo e remanufatura de resíduos, e empresas de 'decompositores', que permitem a reciclagem dividindo resíduos complexos em resíduos orgânicos reutilizáveis, metais, plásticos e plásticos.

Fonte: Elaborado a partir de Yuan et al. (2006); Geng e Doberstein (2008).

Na perspectiva da Fundação Ellen MacArthur a medição da economia circular, e realizada por meio de níveis de processo para facilitar sua mensuração. No entanto, consideram o monitoramento das fases de entrada do material, o projeto, a produção, o consumo e o final de vida para estabelecer a metodologia de avaliação (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2017). A Fundação Ellen MacArthur identificou ainda quatro categorias de avaliação da circularidade: produtividade de recursos, atividades circulares, geração de resíduos, energia e emissões de gases do efeito estufa (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2015b).

2.2 Setor de Siderurgia e os Relatórios de Sustentabilidade

O setor siderúrgico é um grande fornecedor de insumos e produtos para diversas indústrias como a automotiva, de bens de capital, naval, infraestrutura, construção civil entre outras. Formada por grandes empresas, na maioria verticalizadas, ou seja, operam os diversos ciclos do processo de produção, desde a transformação do minério em ferro primário (gusa) à produção de bobinas laminadas a quente, a frio ou galvanizadas. Por ser uma indústria intensiva em capital, necessita de investimentos em ativos destinados a projetos de longo prazo de maturação, que implicam elevado aporte de recursos e fortes barreiras à entrada (CARVALHO; MESQUITA; ARAÚJO, 2016).

Em relação ao contexto um pouco mais recente do setor siderúrgico na economia nacional, destaca-se que na década de 90 a siderurgia tinha forte participação do Estado, com o controle de aproximadamente de 65% da capacidade nominal de produção. As siderúrgicas estatais, possuíam alto índice de endividamento, apresentava pouco investimentos em pesquisa tecnológica e conservação ambiental e sinalizavam uma menor agilidade na reformulação de processos produtivos e obtenção de ganhos de produtividade, e foi a partir de então que deu-se início ao programa de desestatização nacional (ANDRADE; CUNHA, 2002).

Atualmente o Brasil ocupa a 9ª posição no ranking de produção mundial com uma representatividade de 2% do total de produção mundial, ou seja, 35,4 milhões de toneladas de aço bruto em 2018, seu parque industrial é constituído por 32 usinas em 11 estados brasileiros, controladas por 12 grupos empresariais. Segundo o Instituto Aço Brasil, o aço é o material mais reciclável do mundo, podendo ser reciclado sem perder sua qualidade, dados deste mesmo

instituto apontam que apenas em 2018 foram reciclados 9 milhões de toneladas de sucata de aço, e que a autogeração de energia elétrica das usinas atingiu 55% da demanda por energia sendo 47% em termoelétricas e 8% hidrelétricas (INSTITUTO AÇO BRASIL, 2020).

Empresas siderúrgicas são grandes consumidoras de energia e de materiais, são responsáveis por utilização e geração de considerável volume de efluentes nas diversas etapas do processo de fabricação do aço. A transformação do minério de ferro em produto laminado, desde a etapa de coqueificação, passando pela sinterização, redução e refino, são gerados grandes volumes de emissões gasosas, efluentes líquidos e resíduos sólidos. Desde a década de 1980, por pressão da sociedade e da legislação, a indústria vem tornando-se mais eficiente e sustentável, por meio da reciclagem de produtos e subprodutos que promoveram a redução do consumo específico de energia (CARVALHO; MESQUITA; ARAÚJO, 2016).

Um dos processos realizados pela siderurgia, que é a reciclagem de aço a partir de sucata, diminui o consumo de matérias-primas não renováveis, reduz a necessidade de energia e evita a ocupação de áreas para o descarte de produtos obsoletos. Atendendo ao conceito de economia circular definido pelo Instituto Aço Brasil, como um processo regenerativo e restaurativo, promulgando a eliminação da noção de resíduo, permanecendo os materiais em utilização pelo maior tempo possível, trazendo benefícios econômicos, sociais e ambientais a sociedade.

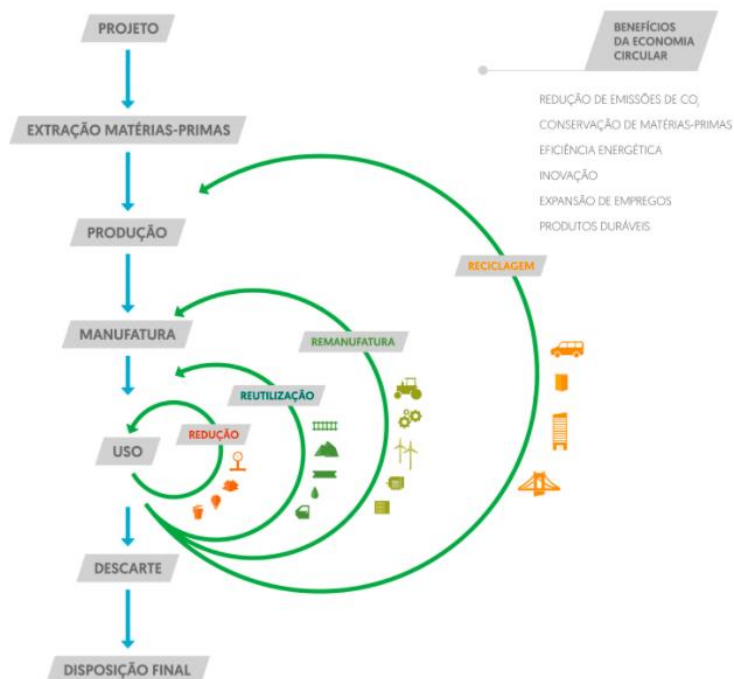
De forma a avaliar esses processos, a World Steel Association (2020) definiu os princípios de economia circular como os 4 R's dos processos da economia circular, conforme evidenciado no quadro 2:

Quadro 2 – Processos de Economia Circular

4 R's	Característica
Redução	Diminuindo a quantidade de material, energia e outros recursos usados para produção do aço e reduzindo o peso do aço usado nos produtos.
Reutilização	Reutilizar um objeto ou material, para sua finalidade original ou para uma semelhante, sem alteração significativa da forma física do objeto ou material.
Remanufatura	Processo de restaurar produtos de aço usados duráveis para novas condições e vida útil.
Reciclagem	Reciclar produtos de aço no final de sua vida útil para criar novos aços. A reciclagem altera a forma física do objeto de aço.

Fonte: Elaborado a partir de World Steel Association (2020).

Figura 2 – 4 R's do Processo de Economia Circular



Fonte: Instituto Aço Brasil (2019).

De acordo com Ellen Macarthur Foundation (2015b) os indicadores de economia circular complementares no nível da empresa podem ser criados a partir dos indicadores complementares no nível do produto ou daqueles já estabelecidos no nível da empresa, por exemplo, usando indicadores das diretrizes da Global Reporting Initiative (GRI). A GRI é uma organização internacional independente, estruturada em rede, sendo também um Centro Colaborador do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente.

3. Procedimentos Metodológicos

Em relação ao objetivo, este estudo é classificado como descritivo e exploratório, que conforme Sampieri (2013) o estudo descritivo busca especificar propriedades, características e traços importantes de qualquer fenômeno que analisarmos. Já a pesquisa exploratória é aquela em que há pouco conhecimento acerca da temática estudada, assim o estudo exploratório proporciona um conhecimento com profundidade em relação a determinado assunto (RAUPP; BEUREN, 2013). A pesquisa caracteriza-se quanto à abordagem como qualitativa, que de acordo com Creswell (2014, p. 49):

começa com pressupostos e o uso de estruturas interpretativas/teóricas que informam o estudo dos problemas da pesquisa, abordando o significado que os indivíduos ou grupos atribuem a um problema social humano possível realizar análises mais profundas em relação ao fenômeno que está sendo estudado (CRESWELL, 2014, p. 49).

Quanto aos procedimentos, foram realizadas pesquisa bibliográfica e pesquisa documental com a análise de dados secundários nos relatórios de sustentabilidade das empresas que fizeram parte da amostra. A pesquisa documental é conceituada por Raupp e Beuren (2013) como a pesquisa embasada em materiais que ainda não receberam tratamento analítico. Em relação a população da pesquisa, foi composta por empresas do setor siderúrgico nacional, listadas nas B3 (Brasil, Bolsa e Balcão S.A), no segmento de siderurgia. O quadro 3 apresenta as empresas que fizeram parte do estudo.

Quadro 3 – Amostra da Pesquisa

Razão Social	Nome adotado no estudo
Aperam Inox America do Sul S.A	Aperam
Cia Ferro Ligas da Bahia	Ferbasa
Cia Siderúrgica Nacional	CSN
Gerdau S.A.	Gerdau
Metalúrgica Gerdau S.A.	Metalúrgica Gerdau
Usinas Sid De Minas Gerais S.A.	Usiminas

Fonte: Elaborado pelos autores a partir de (B3, 2020).

Dentre as empresas que fazem parte do estudo, não foram encontrados os relatórios de sustentabilidade das empresas Aperam e Ferbasa, portanto, estas empresas não fazem parte da análise dos resultados, a amostra final foi composta por 3 empresas, CSN, Gerdau (junto com a Metalúrgica Gerdau) e Usiminas.

A coleta de dados foi realizada nos meses de abril e maio de 2020, por meio dos sites institucionais, nos quais foram encontrados os relatórios de sustentabilidade ou relato integrado, para verificar se tais relatórios evidenciavam indicadores de economia circular. Para análise de dados foram considerados os relatórios mais recentes publicados, e foram encontrados os relatórios referentes aos anos de 2016, 2017 e 2018.

Os indicadores foram analisados com base nas teorias propostas por World Steel Association (2020), que apresenta os 4 R's do processo de economia circular: Redução, Reutilização, Remanufatura e Reciclagem. E após esta primeira análise os indicadores encontrados nos relatórios das empresas foram classificados quando aos seus níveis de impacto econômico, social e ambiental em Micro, Meso e Macro conforme Geng e Doberstein (2008). A seção a seguir apresenta os resultados e a discussão.

4. Apresentação dos Resultados e Discussão

A análise dos resultados é composta por 3 (três) empresas do setor de siderurgia nacional listadas na B3, a saber: CSN, GERDAU e USIMINAS. Foram analisados os relatórios dos anos de 2016 a 2018, a qual permitiu verificar se os indicadores evidenciados apresentavam alguma diferença temporal. A empresa CSN apresentou apenas o Relato Integrado referente aos anos de 2016 e 2017. A empresa GERDAU apresentou o Relato Integrado para os anos de 2017 e 2018, e a empresa USIMINAS apresentou o Relatório de Sustentabilidade para os anos de 2017 e 2018. A análise das empresas acerca dos indicadores de economia circular e os seus níveis econômicos, sociais e ambientais está apresentada a seguir.

4.1 Análise dos Indicadores de Economia Circular: CSN

A empresa CSN não apresentou, até a data da presente pesquisa, os relatórios referentes aos anos de 2018 e 2019, portanto o relatório mais recente encontrado foi o relatório de 2016-2017, apresentado no padrão do Relato Integrado. O quadro 4 apresenta os indicadores de economia circular evidenciados pela empresa conforme os 4 R's, assim como os seus níveis em Micro, Meso e Macro.

Quadro 4 – Análise dos Indicadores de Economia Circular: CSN

Relatório: Relato Integrado ano base 2016-2017				
Indicadores de Economia Circular World Steel Association (2020)		Níveis dos Indicadores Geng e Doberstein (2008)		
		Micro	Meso	Macro
Redução	Redução do consumo de gás natural nos fornos de placas do laminado à quente.	X		

	Redução de recursos naturais não renováveis, com a comercialização para diversos usos, em especial pavimentação e terraplanagem de “agregado siderúrgico” constituído basicamente por silicato de cálcio, magnésio e alumínio.			X
	Redução no consumo de água e potenciais impactos ambientais.	X		
	Gerenciamento de passivos e na mitigação das emissões de gases de efeito estufa. Administração e criação de novos valores para os materiais que eram descartados.	X		
	Redução do consumo de óleo combustível por meio da renovação da frota veicular.		X	
Reutilização	Aumento para 94% da reutilização da água e efluentes.	X		
	Aumento da geração de energia elétrica própria por meio de gás gerado no Alto Forno.	X		
	Reutilização de coprodutos do processo siderúrgico para fabricação de cimentos.	X		
Remanufatura	Melhoria de equipamento proporcionando economia na ordem de 57,2% de energia elétrica.	X		
Reciclagem	Índice de 98% de resíduos reciclados e 2% destinados a aterro sanitário.	X		
	Parceria com prefeitura e a Associação dos Recicladores de Arcos (ARA), para conscientizar a população quanto à importância da reciclagem do lixo.			X
	Sucatas metálicas geradas nas unidades do grupo CSN são encaminhadas para a UPV para reciclagem no processo de produção de aço na aciaria		X	

Fonte: Elaborado pelos autores a partir dos relatórios da empresa.

Por meio da análise dos indicadores evidenciados pela empresa CSN, foram encontrados indicadores que se enquadravam em todos os 4 R's World Steel Association (2020). Como indicadores de Redução a empresa evidenciou principalmente a redução no consumo de recursos naturais como água, gás natural, além da redução nos gases de efeito estufa. Os indicadores de processos classificados como Reutilização envolvem o reuso da água, gases do processo na geração de energia e coprodutos do processo siderúrgico. Para o indicador de Remanufatura, foi possível identificar a melhoria de equipamentos com o objetivo de redução de energia elétrica. E como indicadores de Reciclagem, a empresa declarou que praticamente todos os resíduos são reciclados, assim como o processo de reciclagem de sucatas. Possui também parceria com órgãos governamentais para pavimentação e conscientização da população com questões ambientais.

Estes indicadores evidenciados pela empresa vão de encontro ao estudo de MA et al. (2014) que analisou o setor de siderurgia na China, e os resultados evidenciaram e considerou práticas de economia circular como a redução da poluição, as taxas de utilização de gás de forno de coque, gás conversor e escória conversora, bem como a redução de emissões de dióxido de enxofre.

De forma geral, os indicadores evidenciados foram de níveis Micro, ou seja, seus efeitos impactam a empresa, seus produtos e consumidores. Como indicadores de níveis Meso, a empresa divulga a renovação de frota veicular que envolve contratos com outra empresa e a reciclagem de sucatas de empresas do grupo. Apenas dois processos, dentre os processos evidenciados, envolvem a sociedade gerando um impacto Macro, que é a terraplanagem e pavimentação, além da conscientização da população em relação ao lixo.

Especificamente sobre o termo economia circular, a empresa divulgou que estuda e está em busca de ações que fortaleçam a economia circular, portanto é encontrado em seu relatório o conhecimento e aplicação do termo em seus processos siderúrgicos.

4.2 Análise dos Indicadores de Economia Circular: Gerdau

A empresa Gerdau apresentou o Relato Integrado referente aos anos de 2017 e 2018. A empresa Metalúrgica Gerdau, faz parte do grupo Gerdau e, portanto, foram analisadas pelos mesmos relatórios. Os indicadores analisados estão evidenciados no quadro 5.

Quadro 5 – Análise dos Indicadores de Economia Circular: GERDAU

Relatório: Relato Integrado ano base 2017				
Indicadores de Economia Circular World Steel Association (2020)		Níveis dos Indicadores Geng e Doberstein (2008)		
		Micro	Meso	Macro
Redução	Redução do carbono utilizado em alto forno por carvão vegetal de floresta plantada. (biorredutor)			X
Reutilização	Recirculação de 97,7% de águas utilizadas pelas usinas.	X		
	Reutilização de gases de alto forno.	X		
	Reutilização de 73% de coprodutos do processo siderúrgico.	X		
Remanufatura	Aumento em até 20% o ciclo de vida útil dos equipamentos com tecnologia de monitoramento e diagnóstico online.	X		
Reciclagem	Maior recicladora de sucata ferrosa da América Latina e, em 2017, 72% do aço produzido pela empresa foi feito utilizando a sucata como principal matéria-prima.	X		
Relatório: Relato Integrado ano base 2018				
Redução	Redução do consumo de energia.	X		
	Redução de gases de efeito estufa com a utilização de biocoke, ou seja, substituição de combustível fóssil por uma fonte de energia renovável.			X
Reutilização	Recirculação de 97,7% da água utilizada em seu processo produtivo.	X		
	Reutilização de gases de alto-forno para geração própria de energia.	X		
	Reutilização de agregado siderúrgico das usinas Riograndense e Charqueadas (RS) foi transformado em fertilizante para aplicação no agronegócio.	X		
Remanufatura				
Reciclagem	Reciclou 12,6 milhões de toneladas de sucata em suas usinas no mundo, o que significa que 73% de toda a sua produção foi feita a partir de sucata, com a transformação de objetos obsoletos em novos produtos em aço. Geração de centenas de empregos no recolhimento da sucata.			X
	Participação em projetos voltados ao empreendedorismo para o estímulo à reciclagem de materiais.		X	
	Em Minas Gerais, a Gerdau uniu Empreendedorismo e Reciclagem para construir uma casa sustentável feita com matérias-primas produzidas a partir de rejeito de minério de ferro.			X

Fonte: Elaborado pelos autores a partir dos relatórios da empresa.

A Gerdau evidenciou em seus relatórios, indicadores de economia circular que se enquadraram nos 4 R's do processo de economia circular, com exceção do ano de 2018, o qual não foram encontradas evidências de ações que pudessem se enquadrar em Remanufatura.

Foram encontrados indicadores que evidenciaram a Redução de gases e energia, como recursos naturais. A empresa evidenciou que realiza práticas de Reutilização como o reuso da água, gases e coprodutos do processo siderúrgico. A Remanufatura encontrada apenas no ano de 2017 refere-se ao aumento em até 20% o ciclo de vida útil dos equipamentos com tecnologia

de monitoramento e diagnóstico online. E por fim, os indicadores de Reciclagem em relação às sucatas e rejeito de minério de ferro.

Os indicadores evidenciados em sua maioria, revelaram ações voltadas para a Reutilização e Reciclagem, como reutilização de água, gases e coprodutos do processo siderúrgico e como exemplo de reciclagem, destaca-se o fato da empresa apresentar 72% do aço produzido utilizando a sucata como principal matéria-prima, e ocupando a posição de maior recicladora de sucata ferrosa da América Latina em 2017.

Quanto aos níveis de seus indicadores de economia circular, a maior parte das ações é de nível Micro, ou seja, os reflexos foram na própria empresa, produtos ou consumidores. As ações de nível Meso envolveram a parceria com empreendedores na reciclagem de sucatas e o os indicadores de nível Macro foram percebidos pelos processos de geração de empregos, como o projeto Bioredutor e Biocoke, além das atividades de reciclagem de sucatas.

Especificamente em relação ao termo economia circular, no relatório de 2017 a empresa evidenciou que o sistema de gestão busca equilibrar os pilares econômico, social e ambiental e as práticas estão alinhadas ao conceito de economia circular. O que corrobora com os achados de diversos autores, dentre eles Zhu, Geng e Lai (2011).

Além disso, destacaram-se iniciativas como: projetos apoiados, focados em três grandes frentes: cadeia de negócios, comunidades locais – onde suas fábricas estão localizadas – e melhoria da qualidade de educação e gestão. E a joint venture Gerdau Summit, uma parceria entre Gerdau, Sumitomo Corporation e The Japan Steel Works (JSW) iniciará em 2018 o fornecimento de peças forjadas para o setor eólico.

Em 2018, a empresa divulgou que nos Estados Unidos, a unidade em Saint Paul (Minnesota) adaptou seu processo produtivo para viabilizar a instalação de fazendas de energia eólica, em parceria com a empresa americana Xcel Energy. Essas iniciativas reforçam a importância dos conceitos da economia circular, nos quais as práticas da empresa e as demandas de mercado convergem para contribuir com a transição da economia de um modelo linear para o modelo circular.

4.3 Análise dos Indicadores de Economia Circular: USIMINAS

A empresa USIMINAS diferente das demais empresas analisadas, apresentou o Relatório de Sustentabilidade e não o Relato Integrado. Foram encontrados os dois últimos relatórios divulgados, referente ao ano de 2017 e 2018. A análise dos indicadores de economia circular está evidenciada no quadro 6.

Quadro 6 – Análise dos Indicadores de Economia Circular: USIMINAS

Relatório: Relato de Sustentabilidade ano base 2017				
Indicadores de Economia Circular World Steel Association (2020)		Níveis dos Indicadores Geng e Doberstein (2008)		
		Micro	Meso	Macro
Redução	Redução do consumo de água em suas operações.	X		
	Redução aproximada de 14% no consumo do Gás Natural.	X		
	Redução do consumo de energia elétrica 1.248 MWh/ano.	X		
Reutilização	Reutilização de coprodutos para indústria do cimento e confecção de blocos de concreto e na agricultura.		X	
	Reaproveitamento das lamas geradas nos processos siderúrgicos	X		
	Recirculação de água doce nas usinas siderúrgicas atingiu 95,8%.	X		
Remanufatura	Desenvolvimento de aço para atendimento da indústria automotiva por redução de peso dos veículos e, conseqüentemente, do consumo de combustível, e aumento da segurança dos passageiros.		X	

	Readequação das instalações do processo de queima de amônia.	X		
Reciclagem	Reciclagem dos resíduos industriais internamento no processo produtivo ou comercializados para reciclagem externa.	X		
Relatório: Relato de Sustentabilidade ano base 2018				
Redução	Redução do consumo de água em suas operações.	X		
	Redução do consumo de energia elétrica 1.248 MWh/ano.	X		
Reutilização	Reutilização de coprodutos para indústria do cimento e confecção de blocos de concreto e na agricultura.		X	
	Reaproveitamento das lamas geradas nos processos siderúrgicos.	X		
	Recirculação de água doce nas usinas siderúrgicas.	X		
Remanufatura	Desenvolvimento de aço para atendimento da indústria automotiva por redução de peso dos veículos e, conseqüentemente, do consumo de combustível, e aumento da segurança dos passageiros.		X	
	Readequação das instalações do processo de queima de amônia.	X		
Reciclagem	Reciclagem dos resíduos industriais internamento no processo produtivo ou comercializados para reciclagem externa.	X		

Fonte: Elaborado pelos autores a partir dos relatórios da empresa.

Os indicadores evidenciados pela empresa Usiminas foram os mesmos nos dois relatórios de sustentabilidade analisados (2017 e 2018). Quanto aos indicadores apresentados, em relação a Redução foram sobre o consumo de água e energia. A Reutilização refere-se aos coprodutos para produção de cimento, reaproveito de rejeitos do processo como a lama e recirculação de água. Já em relação a Remanufatura, a empresa divulgou ações para aumentar a durabilidade de automóveis e readequação de instalações do processo produtivos como a queima de amônia. E o processo de Reciclagem envolveu os resíduos industriais gerados no processo produtivo.

Quanto ao nível desses indicadores, apenas dois indicadores de Reutilização e Remanufatura apresentaram nível Meso, ao envolver ações com outros setores produtivos e instalações do parque industrial. Os demais foram todos indicadores de impacto Micro, ou seja, seus reflexos são na empresa, seus produtos ou seus consumidores. E a empresa não evidenciou indicadores de economia circular de impacto Macro, que pudessem de alguma forma impactar na sociedade.

Em relação às demais práticas que poderiam ser consideradas como iniciativas de economia circular, no relatório de sustentabilidade referente ao ano de 2017, a empresa divulgou que a diretiva Restriction on Hazardous Substances (RoHS) estabelece ações necessárias para proteção do meio ambiente e da saúde das pessoas que trabalham com equipamentos elétricos e eletrônicos. A End of Life Vehicles (ELV) define a regulamentação para veículos de passeio comercializados na União Europeia visando à redução de impactos ambientais pela coleta, reuso e reciclagem de componentes desses veículos após sua vida útil. E destacou que desde 2007, a USIMINAS mantém essas certificações emitidas pelo Bureau Veritas.

Em 2018, a empresa destacou que pauta sua atuação pelo respeito ao meio ambiente e pela qualidade de vida nas comunidades onde a empresa está inserida. A empresa evidenciou ainda que mantém um programa de controle ambiental, além de realizar investimentos frequentes na melhoria dos seus processos e em avanços que permitam reduzir ou mitigar os impactos ambientais. O resultado desse trabalho aparece no beneficiamento do minério de ferro e do aço, na redução do consumo de água e energia, no aumento da quantidade de materiais

reaproveitados em suas plantas industriais, na redução e emissão de poluentes e na destinação correta dos resíduos gerados durante a produção.

Ainda no mesmo relatório, a empresa divulgou que possui reservas legais e áreas de preservação nas regiões onde está presente, garantindo a manutenção da flora e da fauna nativa, além de manter um viveiro de mudas, onde são cultivadas árvores de diversas espécies utilizadas em campanhas junto à comunidade, arborização urbana, reposição de exemplares nas plantas e na recuperação de áreas diversas.

Apesar de ter evidenciado processos que podem ser considerados como indicadores de economia circular, não foram encontrados nos relatórios divulgados pela empresa o termo economia circular.

5. Considerações Finais

Nos últimos anos, o termo economia circular ganhou espaço principalmente entre as empresas do setor produtivo, como o setor siderúrgico. Apesar de diversas práticas terem sido adotadas pelas empresas, antes mesmo da popularização do termo, o desenvolvimento de indicadores, permite analisar e medir não apenas as classificações destes processos, mas também o nível desses indicadores em relação aos impactos econômicos, sociais e ambientais.

Após a análise das empresas foi possível concluir que de forma geral, o setor evidencia indicadores que podem ser considerados como processos de economia circular conforme os 4 R's. E a maioria dos indicadores evidenciados estão relacionados aos processos de Redução e Reutilização. A Redução envolve principalmente os custos com energia, consumo de água e gases. E a Reutilização abrange basicamente sucatas como matéria prima, e rejeitos do processo para produção de outros produtos, como a fabricação de cimentos.

Quanto ao nível desses indicadores nos aspectos econômicos, sociais e ambientais, os resultados revelaram uma maior evidência de indicadores de nível Micro, ou seja, os impactos gerados por estes processos beneficiaram apenas a empresa, seus produtos ou consumidores. Foram evidenciadas iniciativas de nível Meso, como parcerias entre empresas que atuam em um mesmo processo, e poucas ainda foram as ações que geraram indicadores de nível Macro, que podem refletir na sociedade, como a reciclagem, geração de emprego e infraestrutura.

Estes resultados, permitem concluir ainda que apesar do setor siderúrgico estar aplicando os conceitos de economia circular em seus processos, passando de um processo produtivo em economia linear para economia circular, os indicadores evidenciados concentram-se em processos inerentes as atividades produtivas do setor, como por exemplo, o uso de sucatas para a produção do aço e o reuso da água. Estas medidas podem estar mais relacionadas as características do processo siderúrgico do que com o processo de economia circular em sua essência. Portanto, ainda falta um longo caminho para que este ciclo se feche e cumpra os princípios definidos pelos conceitos de circularidade.

Percebe-se que de forma geral, as empresas do setor siderúrgico empregam esforços que geraram indicadores de nível Micro, e que de certa forma são indicadores de atividades já regulamentadas pelas legislações ambientais. E poucos esforços para gerar indicadores de níveis Meso e Macro, o que poderia melhorar seus resultados como por exemplo, a parceria com parques industriais, no sentido de desenvolvimento de novos produtos, que possam a partir do processo siderúrgico planejar ações de logística reversa ao final da vida útil deste produto. Além de ações de nível Macro, que possam minimizar suas externalidades na sociedade e meio ambiente.

Como limitações deste estudo, destacam-se o fato de a amostra ter sido composta por apenas três empresas, entretanto esta limitação pode ser minimizada pelo fato da população do estudo ser composta por cinco empresas. Por fim, como sugestões para estudos futuros, sugere-se a aplicação desta metodologia de análise dos relatórios a outros setores como mineração, petroquímico e outros, bem como a análise de outros indicadores como por exemplo os

indicadores propostos por Ellen Macarthur Foundation. E ainda a análise de empresas a nível mundial comparando os indicadores em diversos países.

Referências

ANDRADE, M. L. A. DE; CUNHA, L. M. DA S. BNDES 50 Anos - Histórias Setoriais: O Setor Siderúrgico, 2002.

ANDREWS, D. The circular economy, design thinking and education for sustainability. *Local Economy*, v. 30, n. 3, p. 305–315, 2015.

B3 - Brasil, Bolsa, Balcão – Empresas Listadas. Disponível em: <http://www.b3.com.br/pt_br/produtos-e-servicos/negociacao/renda-variavel/empresas-listadas.htm>. Acesso em: 25 maio de 2020.

BORGES, L. A. C.; DE REZENDE, J. L. P.; PEREIRA, J. A. A. Evolução da legislação ambiental no Brasil. *Revista em Agronegocio e Meio Ambiente*, v. 2, n. 3, p. 447–466, 2009.

CARVALHO, P. S. L.; MESQUITA, P. P. D.; ARAÚJO, E. D. G. Sustentabilidade da siderurgia brasileira: eficiência energética e competitividade. *BNDES Setorial*, v. 41, p. 181–236, 2016.

COSTA, N. R. Economia Circular Como Proposta para o Processo Industrial Siderurgico Nacional. p. 52, Monografia de Pós-Graduação em Economia do Meio Ambiente. Universidade Federal do Paraná. 2017.

CRESWELL, J. W. *Investigação Qualitativa e Projeto de Pesquisa: Escolhendo entre Cinco Abordagens*. Tradução Sandra Mallmann da Rosa. Rev. Técnica: Dirceu da Silva. 3.ed. VitaBook: Penso, 2014.

DAS, B. et al. An overview of utilization of slag and sludge from steel industries. *Resources, Conservation and Recycling*, v. 50, n. 1, p. 40–57, 2007.

DUTHIE, A. C. R.; LINS, F. A Economia Circular e o Papel da Mineração Circular Economy and the Role of Mining. VI Jornada do Programa de Capacitação Institucional – PCI/CETEM, p. 7–14, 2017.

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. Circular Economy 100 Brasil. p. 1–9, 2015a. Disponível em: <<https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/ce100/FAQ-CE100-Brasil.pdf>>. Acesso em 20 de Março de 2020.

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. Circularity Indicators: An Approach to Measuring Circularity. 2015. Disponível em: <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/insight/Circularity-Indicators_Project-Overview_May2015.pdf>. Acesso em 28 de Fevereiro de 2020.

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. Rumo À Economia Circular: O Racional De Acelerar a transição. 2015. Disponível em: <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/Rumo-a%CC%80-economia-circular_Updated_08-12-15.pdf> Acesso em: 15 de Março de 2020.

EUROPEAN COMMISSION. Closing the loop - An EU action plan for the Circular Economy. Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. Brussels, 2.12.2015. COM(2015) 614 final. v. 2, n. 12, 2015.

EUROPEAN COMMISSION. Report from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions on.

Archives of The Roentgen Ray, v. 10, n. 5, p. 145–145, 2019.

FOSTER, A.; ROBERTO, S. S.; IGARI, A. T. Economia Circular E Resíduos Sólidos: Uma Revisão Sistemática Sobre a Eficiência Ambiental E Econômica. ENGEMA - Encontro Internacional sobre Gestão Empresarial e Meio Ambiente, p. 17, 2016.

GENG, Y.; DOBERSTEIN, B. Developing the circular economy in China: Challenges and opportunities for achieving “leapfrog development”. International Journal of sustainable Development & world Ecology, v. 15,3, n. 917036417, p. 231–239, 2008.

GRI. Global Reporting Initiative. How is GRI founded?. Disponível em: <<https://www.globalreporting.org/information/FAQs/Pages/About-GRI.aspx>>. Acesso em: 19 Maio de 2020.

HISLOP, H.; HILL, J. Reinventing the wheel: A circular economy. Disponível em: <<https://www.green-alliance.org.uk/resources/Reinventing%20the%20wheel.pdf>>. Acesso em: 18 de Março de 2020.

INSTITUTO AÇO BRASIL. Aço Construindo um Futuro Sustentável. n. 21, 2019. Disponível em: <<http://acobrasil.org.br/site%5Cportugues%5Cbiblioteca%5CIABr%20Folder%20Meio%20Ambiente.pdf>>. Acesso em 23 de abril de 2020.

INSTITUTO AÇO BRASIL. Parque Siderúrgico. Disponível em: <<https://institutoacobrasil.net.br/site/parque-siderurgico/>>. Acesso em: 19 maio de 2020.

INSTITUTO AÇO BRASIL. Reciclagem do Aço. Disponível em: <<https://institutoacobrasil.net.br/site/reciclagem-do-aco/>>. Acesso em: 15 set. 2019.

INSTITUTO AÇO BRASIL. Reciclagem do Aço. Disponível em: <<https://institutoacobrasil.net.br/site/reciclagem-do-aco/>> Acesso em: 19 maio de 2020.

KALMYKOVA, Y.; SADAGOPAN, M.; ROSADO, L. Circular economy - From review of theories and practices to development of implementation tools. Resources, Conservation and Recycling, v. 135, n. October 2017, p. 190–201, 2018.

LEHTORANTA, S. et al. Industrial symbiosis and the policy instruments of sustainable consumption and production. Journal of Cleaner Production, v. 19, n. 16, p. 1865–1875, 2011.

MA, S. H. et al. Mode of circular economy in China’s iron and steel industry: A case study in Wu’an city. Journal of Cleaner Production, v. 64, p. 505–512, 2014.

NACHMANY, M. et al. The 2015 Global Climate Legislation Study. A Review of Climate Change Legislation in 99 Countries. Summary for Policy-makers. p. 1–45, 2015.

OLIVEIRA, E. M. Transformações no Mundo do Trabalho, da Revolução Industrial aos nossos dias. Caminhos de Geografia - Revista on line, v. 6, n. 11, p. 84–96, 2004.

RAUPP, Fabiano Maury; BEUREN, Ilse Maria. Metodologia da Pesquisa Aplicável às Ciências Sociais. In: BEUREN, Ilse Maria (Org.) Como Elaborar Trabalhos Monográficos em Contabilidade: Teoria e Prática. 3.ed. São Paulo: Atlas, 2013.

SECCO, C. Identificação de Aspectos Prioritários para apoiar o Desenvolvimento Sustentável Organizacional : Uma Aplicação na Cadeia Produtiva Suinícola. Dissertação de Mestrado em engenharia de produção. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. 2019.

SEGERSON, K.; PEARCE, D. W.; TURNER, R. K. Economics of Natural Resources and the Environment. Land Economics, v. 67, n. 2, p. 272, 1991.

SAMPIERI, R. H.; COLLADO, C. F.; LUCIO, M. P. B. Metodologia de pesquisa. 5 ed. Porto

Alegre: Penso, 2013.

WBCSD. World Business Council for Sustainable Development The New Big Circle. p. 1–42, 2018. Disponível em: <https://docs.wbcsd.org/2018/01/The_new_big_circle.pdf> Acesso em: 14 de Janeiro de 2020.

ZHU, Q.; GENG, Y.; LAI, K. HUNG. Environmental supply chain cooperation and its effect on the circular economy practice-performance relationship among Chinese manufacturers. *Journal of Industrial Ecology*, v. 15, n. 3, p. 405–419, 2011.

WORLD STEEL ASSOCIATION. Steel's contribution to a low carbon future and climate resilient societies - worldsteel position paper. Disponível em: <https://www.worldsteel.org/en/dam/jcr:7ec64bc1-c51c-439b-84b8-94496686b8c6/Position_paper_climate_2019_vfinal.pdf>. Acesso em: 15 de setembro de 2019.

WORLD STEEL ASSOCIATION. STEEL – The permanente material in the circular economy. Disponível em: <<https://circulareconomy.worldsteel.org>>. Acesso em: 19 de maio de 2020.