

PROPOSTA DE SESSÃO DIRIGIDA

Tema: A Economia Circular na Engenharia de Produção: Pesquisas e Direcionamentos Futuros

Coordenador:

Prof^a. Dr^a. Lucila Maria de Souza Campos

Professora Associada do Departamento de Engenharia de Produção e Sistemas da Universidade Federal de Santa Catarina – EPS/UFSC

Professora Permanente do Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Catarina – PPGEP/UFSC

Supervisora do Laboratório de Gestão e Avaliação Ambiental – LGAA

Campus Universitário Trindade – Trindade – Florianópolis/SC – 88.040-900

lucila.campos@ufsc.br – (48) 99971-0201

Relator:

Prof. Dr. Moacir Godinho Filho

Professor Titular do Departamento de Engenharia de Produção da Universidade Federal de São Carlos – DEP/UFSCAR

Professor Permanente do Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de São Carlos (PPGEP/UFSCAR)

Rodovia Washington Luiz, km 235 - São Carlos – SP – 13565-905

moacir@dep.ufscar.br

1. Contextualização e Objetivos

O tema de Economia Circular (EC) vem sendo um dos temas mais pesquisados e discutidos nos últimos anos. A origem do termo remonta à obra “Economia dos Recursos Naturais e do Meio Ambiente” de Pearce e Turner (1990), dois economistas britânicos, que afirmaram que a economia tradicional de sistema aberto foi implementada sem tendência interna à reciclagem, observando-se a predisposição de tratar o meio ambiente como um grande reservatório de resíduos.

Nessa mesma linha e atrelado a essa visão, pode-se destacar também a primeira lei da termodinâmica, que postula que num sistema fechado, a quantidade de energia é sempre constante, ou seja, sem desperdícios; isto posto, verifica-se que sistemas abertos podem e devem ser convertidos em sistemas circulares, com vistas à escassez de recursos e seu uso inteligente, contemplando o planeta Terra como um sistema fechado (SU et al., 2013).

Ainda sobre o conceito, segundo Winans et al. (2017), apesar das limitações de recursos naturais e do crescimento econômico exponencial, o termo economia circular foi popularizado na China, com o objetivo principal de aprimorar o fluxo de materiais reciclados, assim como harmonizar aspectos de crescimento econômico com o meio ambiente e seus recursos. Além da China, o Reino Unido, sobretudo por meio da Fundação Ellen MacArthur, e a Comunidade Europeia, de um modo geral, aderiram ao tema e às ações para difundi-lo, conceitualmente e na prática.

No campo prático, destacam-se diversas iniciativas, dentre elas, as oportunidades de se estudar os efeitos de tecnologias da indústria 4.0 na manufatura circular. O avanço para uma Economia Circular, que visa redesenhar os sistemas globais de produção e consumo, requer avanços tecnológicos e mudanças na demanda do consumidor. Esse impacto, influenciado pelo avanço tecnológico, pode trazer benefícios potenciais à sustentabilidade (GEBLER; UITERKAMP; VISSER, 2014). Tais benefícios incluem o potencial de avançar para um modelo de negócio voltado à circularidade (DESPEISSE *et al.*, 2017). Nesse contexto, o estudo mais aprofundado da relação entre indústria 4.0 e economia circular, bem como o efeito sinérgico de ambas as abordagens no desempenho das cadeias de suprimento, ainda se encontra em estágio inicial de pesquisa (JABBOUR *et al.*, 2018).

Para sustentar todos esses aspectos, novos modelos de negócios, os chamados modelos de negócios circulares (MNCs), serão fundamentais. Tais modelos podem minimizar a entrada de materiais, bem como a saída de resíduos indesejados no sistema econômico e desempenhar um papel essencial na utilização dos recursos, visando a transição para um desenvolvimento econômico mais sustentável (GALVÃO *et al.*, 2020). Esses modelos podem ter matizes diferentes, dependendo do setor e da proposta de valor, envolvendo um ou vários ciclos técnicos da EC, gerando diferentes MNCs (GUZZO *et al.*, 2020). Mais recentemente, buscando endereçar uma crítica contundente da literatura no que se refere à dimensão social (HOMRICH *et al.*, 2018), tem crescido o interesse em modelos de negócio socialmente inclusivos, em particular os que integram as comunidades vulneráveis.

Questões relacionadas também ao grau de conscientização, atitudes e comportamentos do público com relação à economia circular começam a merecer especial atenção à medida que podem impulsionar o conceito e sua aplicação. A transição para a economia circular deve ser iniciada por uma mudança de paradigmas e comportamentos, sendo amparada por modelos de negócios circulares que tenham adesão pelos elos das cadeias de suprimentos, incluindo empresas e pessoas (EBERHARDT *et al.*, 2019). Nessa linha, Smol *et al.* (2018) enfatizam que o comportamento das pessoas é um fator significativo para a passagem da economia linear para circular.

Cabe ainda destacar, que o conceito de economia circular, em sua essência, busca minimizar e até eliminar a geração de resíduos, seja aumentando a vida útil do produto, ou redefinindo seus projetos de produtos. A avaliação, por meio de índices e indicadores, do nível de circularidade dos produtos, mas sobretudo de resíduos, também vem crescendo em termos de interesse de estudos e aplicações, sobretudo aqueles que buscam avaliações multicritério (NOURI *et al.*, 2018; SANTOS *et al.*, 2017). Nessa mesma linha, Bernardo e Silva (2017) e Ak e Braida (2015) consideram que a gestão de resíduos sólidos só pode ser realizada quando ações de melhoria são tomadas a partir de indicadores de performance. Ou seja, a avaliação da performance é a base da gestão de resíduos sólidos e consequentemente dos planos de ação posteriores.

Visando mudanças e ações nesse sentido, uma das questões que se vem trabalhando é o uso de técnicas de modelagem e a simulação para gestão de resíduos. Torna-se cada vez mais importante quantificar os fluxos diretos e reversos de material ao longo da cadeia de suprimentos de tal forma a analisar os potenciais impactos da adoção de diferentes estratégias

de economia circular em variáveis econômico-financeiras, ambientais e sociais (COSENZ; RODRIGUES; ROSATI, 2019). Com o uso adequado de simulação, é possível desenhar diferentes cenários, focando em perguntas “e se?” para avaliar os efeitos de políticas para gestão adequada de resíduos nos mais variados setores (ASIF; LIEDER; RASHID, 2016).

Em um contexto em que somente 20% dos resíduos eletroeletrônicos são reciclados de forma adequada no mundo (BALDÉ *et al.*, 2017), o setor tem sido o centro de diversos esforços de empresas, governos e pesquisadores. As cadeias de eletroeletrônicos são particularmente desafiadoras devido ao intenso grau tecnológico, às rápidas mudanças e atualizações técnicas e ao intensivo uso de múltiplos componentes e matérias-primas escassas. Em particular, é preciso entender como as decisões de consumo (e.g. vida útil do produto, lançamento de novos modelos, políticas de retorno e reciclagem para consumidores etc.) e decisões de produção (e.g. infraestrutura de remanufatura, reciclagem e reuso, capacidade instalada para processamento etc.) impactam os níveis de circularidade da cadeia de eletroeletrônicos. Essas investigações permitem também informar políticas públicas e desenhar metas adequadas para arranjos institucionais, como por exemplo o acordo setorial do setor de eletroeletrônicos no Brasil (MMA *et al.*, 2019).

Nesse sentido, essa sessão dirigida se propõe a três desafios principais:

- Debater textos que se dediquem ao estudo da economia circular, com o apoio dos conhecimentos e pesquisas no campo da engenharia de produção, e sua interface com demais áreas do conhecimento;
- Caracterizar e discutir os principais fatores que impedem ou dificultam sensivelmente a transição sistêmica para a economia circular no Brasil, explorando as principais barreiras institucionais, técnicas e culturais;
- Caracterizar e refletir sobre os direcionamentos futuros para as pesquisas sobre o tema, desenvolvidas pela comunidade de Engenharia de Produção no Brasil.

2. Aspectos Teóricos-Metodológicos

A estrutura metodológica pensada para esse SD possui o seguinte encadeamento. Apresentaremos inicialmente uma breve conceituação do que vem a ser a Economia Circular, sua origem e seus princípios. Esperamos ter trabalhos submetidos que abordem essa questão mais conceitual, sejam esses estudos teóricos, de bibliometria ou de revisão sistemática. Caso não haja trabalhos submetidos, a coordenação do SD se encarregará de preparar uma breve apresentação introdutória.

Em seguida, apresentaremos questões associadas à relação entre Economia Circular e a Engenharia de Produção, sobretudo aspectos relacionados aos efeitos de tecnologias da indústria 4.0 na manufatura circular e os avanços tecnológicos necessários.

Nesse sentido, abordaremos também questões relacionadas aos modelos de negócios circulares, suas características, suas demandas e seus aspectos positivos, destacando inclusive aspectos relacionados à dimensão social, que como apresentado anteriormente, tem crescido em termos de interesse.

Nesse sentido de modelos de negócios, associados à manufatura e também a dimensões sociais, abordaremos ainda questões relacionadas à necessidade de se avaliar e

medir, por meio de índices e indicadores, o nível ou o grau de circularidade de produtos e principalmente de resíduos sólidos, visando demonstrar com mais clareza os reais ganhos de reintrodução de produtos em fim de vida ou de suas partes, em outras cadeias de produção.

Por fim, abordaremos o uso de técnicas de modelagem e a simulação para gestão de resíduos, mostrando que tais técnicas podem auxiliar na quantificação dos fluxos diretos e reversos de material ao longo da cadeia de suprimentos, analisando assim os potenciais impactos da adoção de diferentes estratégias de economia circular em variáveis econômico-financeiras, ambientais e sociais.

Cabe ainda salientar que um dos nossos objetivos é atrair trabalhos que olhem a economia circular de forma crítica - ressaltando as principais dificuldades e barreiras, especialmente por se tratar de uma transição sistêmica, que exige coordenação, envolvimento de múltiplos *stakeholders* e aspectos de governança/custos que são muito importantes, porém negligenciados - e não só como uma oportunidade de se realizar mudanças, baseado na “esperança” de que estudos de casos e documentações de experiência motivem outros atores e países a se engajar.

Sendo assim, nosso fluxo metodológico pode e será alterado caso outras perspectivas advenham de trabalhos enviados por outros pesquisadores, interessados em apresentar suas pesquisas nesse tema.

3. Pesquisadores envolvidos

O Quadro 1 apresenta, resumidamente, os pesquisadores inicialmente envolvidos, de Instituições distintas, que estão dispostos a colaborar no desenvolvimento da Sessão Dirigida.

Quadro 1 – Listagem dos Docentes que contribuiriam no processo

Pesquisador	Resumo do Currículo Lattes
Prof^a. Dr^a. Lucila Maria de Souza Campos Coordenador da Sessão Dirigida - PPGEP/UFSC	É graduada em Engenharia de Produção - Materiais pela UFSCar, Mestre e Doutora em Engenharia de Produção pela UFSC, tendo feito um período de estudos no seu doutorado na <i>Stanford University</i>. É Professora Associada do Departamento de Engenharia de Produção e Sistemas (EPS) e Professora Permanente do Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção (PPGEP) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Foi <i>Visiting Professor</i> na <i>Royal Holloway University of London</i> (2015-2016) na área de <i>Sustainability</i>. É Pesquisadora Produtividade em Pesquisa Nível 1D do CNPq. É supervisora do LGAA (Laboratório de Gestão e Avaliação Ambiental) da UFSC. Tem coordenado e participado de projetos de pesquisa financiados por órgãos de fomento nacionais e internacionais como CNPq, CAPES, FAPESC, <i>GCRF</i> e <i>British Council</i>. Tem parceria com pesquisadores nacionais e internacionais. Foi coordenadora do PPGEP/UFSC nos mandatos 2013-2015 e 2017-2019. É diretora de Eventos da ANPEPRO (mandato 2018-2020). Atuou como Gerente de Meio Ambiente e Saúde e Segurança do Parque Hopi Hari e como Analista Ambiental da ERM (<i>Environmental Resources Management</i>) Brasil. Áreas de atuação na docência e pesquisas: <i>Circular Economy</i>, <i>Supply Chain</i>, <i>Environmental Management</i> e <i>Sustainability</i>.
Prof. Dr. Moacir Godinho Filho Relator da Sessão Dirigida - PPGEP/UFSCar	Possui graduação em Engenharia de Produção - Materiais pela UFSCar, MBA na Fundação Getúlio Vargas, mestrado e doutorado em Engenharia de Produção pela UFSCar, possui 3 pós-doutorados: i) em <i>Quick Response Manufacturing</i> - QRM (Manufatura Responsiva) na Universidade de Wisconsin em Madison (USA), ii) em aplicação de <i>System Dynamics</i> e <i>Factory Physics</i> à gestão de sistemas de produção na <i>North Carolina State University</i> (USA), e iii) e em Gestão da Cadeia de Suprimentos no <i>Kellogg School of Management</i>, <i>Northwestern University</i> (USA). Atualmente é professor titular da Universidade Federal de São Carlos e pesquisador

Pesquisador	Resumo do Currículo Lattes
	nível 1B do CNPQ. Tem experiência na área de Engenharia de Produção, com ênfase em Gerência de Produção, atuando principalmente nos seguintes temas: Gerência da Produção, Planejamento e Controle da Produção (PCP), Estratégia de Manufatura, <i>Quick Response Manufacturing</i>, Manufatura Enxuta, Paradigmas de gestão sustentável, Indústria 4.0, digitalização, Logística, Pesquisa Operacional aplicada ao PCP e à logística, Simulação aplicada ao PCP e à Logística, <i>Factory Physics</i>, <i>scheduling</i>, e <i>System Dynamics</i> aplicado à gestão de sistemas de produção. Relativo à experiência prática em empresas, já ministrou cursos e participou de projetos de consultoria nas áreas de PCP, logística, <i>lean manufacturing</i> e redução de <i>lead time</i> em diversas empresas no Brasil e no exterior.
Prof.^a. Dr.^a. Marly Monteiro de Carvalho - PPGEP/USP	Graduada em Engenharia de Produção pela EESC/USP, mestre e doutora em Engenharia de Produção pela UFSC. Possui livre docência pela Escola Politécnica da USP, pós-doutoramento em Engenharia Gestional pelo Politécnico de Milão (Itália). É professora titular da Escola Politécnica da USP, atuando na graduação e pós-graduação do Departamento de Engenharia de Produção, desde 1992. Desenvolve e coordena projetos de pesquisa, com apoio de órgãos de fomento, tais como CAPES, CNPq, FAPESP e FAPESP-Newton Fund, entre outros. É Pesquisadora Produtividade em Pesquisa Nível 1D do CNPq. Tem parceria com pesquisadores nacionais e internacionais. Foi vice-coordenadora de pesquisa da Escola Politécnica. Foi membro da diretoria da Associação Brasileira de Engenharia de Produção (ABEPRO), por duas gestões consecutivas, ocupando o cargo de Diretora Técnica e de 2ª Vice-Presidência. Participou do comitê de avaliação das Engenharias III da CAPES, triênio 2001-2003 e 2004-2006. Foi pesquisadora do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. Áreas de interesse em pesquisa: gestão de projeto e da inovação, gestão da qualidade e estratégia competitiva.
Prof. Dr. Vinícius Picanço Rodrigues - Insper	É graduado em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) e especialista em <i>Logistics and Supply Chain Management</i> pelo Massachusetts Institute of Technology (MIT), além de Mestre em Engenharia de Produção (Pesquisa Operacional) pela UFSCar. É Doutor em Engenharia Mecânica (<i>Engineering Design & Product Development</i>) pela Technical University of Denmark (DTU), tendo atuado no grupo de <i>System Dynamics</i> da <i>Sloan School of Management</i> do MIT. Atualmente é Professor Assistente no Insper e Pesquisador Afiliado na Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (USP). É membro ativo da <i>System Dynamics Society</i> (SDS), da <i>Design Society</i> (DS) e da <i>European Operations Management Association</i> (EurOMA). Tem interesse em pesquisa quantitativa aplicada nos seguintes temas: Sustentabilidade, Pesquisa Operacional, Dinâmica de Sistemas (<i>System Dynamics</i>), Gestão de Operações e Logística, Gestão da Cadeia de Suprimentos e <i>Design</i>.

4. Resultados Esperados

No desenvolvimento dessa sessão dirigida, espera-se fomentar a compreensão do conceito de economia circular e de sua utilização na gestão de operações e da cadeia de suprimentos, bem como incentivar pesquisadores da área de Engenharia de Produção a aplicarem o conceito, por meio de novas técnicas e métodos científicos. Há a oportunidade de alinhar importantes iniciativas de pesquisa no Brasil com o que está sendo discutido e pesquisado em centros internacionais de pesquisa no tema, contribuindo com as particularidades do país e suas múltiplas potencialidades e desafios. A pesquisa científica atrelada ao novo conceito de circularidade poderá trazer importantes benefícios não apenas para o Brasil, mas internacionalmente.

REFERÊNCIAS

- AK, H.; BRAIDA, W. Sustainable municipal solid waste management decision making: development and implementation of a single score sustainability index. **Management Environmental Quality: An International Journal**, v. 26, n. 6, p. 909-928, 2015.
- ASIF, F. M. A.; LIEDER, M.; RASHID, A. Multi-method simulation based tool to evaluate economic and environmental performance of circular product systems. **Journal of Cleaner Production**, [S. l.], 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.08.122>
- BALDÉ, C. P. *et al.* **The global e-waste monitor 2017. E-book**. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.proci.2014.05.148>
- BERNARDO, M.; SILVA, R.S. Using action research to implement selective waste collection program in a Brazilian city. **Systemic Practice Action Research**, v. 30, n. 6, p. 593-608, 2017.
- COSENZ, F.; RODRIGUES, V. P.; ROSATI, F. Dynamic business modeling for sustainability: Exploring a system dynamics perspective to develop sustainable business models. **Business Strategy and the Environment**, [S. l.], n. September, p. bse.2395, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/bse.2395>
- DESPEISSE, M. *et al.* Unlocking value for a circular economy through 3D printing: A research agenda. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 115, p. 75–84, 2017.
- EBERHARDT, L.C.M.; BIRGISDÓTTIR, H.; BIRKVED, M. Life cycle assessment of a Danish office building designed for disassembly. **Building Research and Information**, 47(6), 666–680, 2019.
- GALVÃO, G.D.A.; HOMRICH, A.S.; GEISSDOERFER, M.; EVANS, S.; FERRER, P.S.S.; CARVALHO, M.M. Towards a value stream perspective of circular business models. **Resources, Conservation & Recycling**, v. 162, 105060, 2020.
- GBLER, M.; UITERKAMP, A.J.M.S.; VISSER, C. A global sustainability perspective on 3D printing technologies. **Energy Policy**, v. 74, p. 158–167, 2014.
- GUZZO, D.; COSTA, J.; BALKENENDE, R.; CARVALHO, M.M. Circular business models in the medical device industry: paths towards sustainable healthcare. **Resources Conservation and Recycling**, v. 160, p. 104904, 2020.
- HOMRICH, A.S.; GALVÃO, G.D.A.; ABADIA, L.G.; CARVALHO, M.M. The circular economy umbrella: Trends and gaps on integrating pathways. **Journal of Cleaner Production**, v. 175, p. 525-543, 2018.
- JABBOUR, A.B.S.J., JABBOUR, C.J.C., GODINHO FILHO, M., ROUBAUD, D. Industry 4.0 and the circular economy: a proposed research agenda and original roadmap for sustainable operations. **Annals Operations Research**, v. 270, 273-286, 2018.
- MMA *et al.* **Acordo setorial para implantação de sistema de logística reversa de produtos eletroeletrônicos de uso doméstico e seus componentes**. [S. l.: s. n.].
- NOURI, D.; SABOUR, M.R.; GHANBARZADEHLAK, M. Industrial solid waste management through the application of multi-criteria decision-making analysis: a case study of Shamsabad industrial complexes. **Journal of Material Cycles and Waste Management**, v. 20, n. 1, p. 43-58, 2018.
- PEARCE, D.W.; TURNER, R.K. Economics of Natural Resources and the Environment. **Harvester Wheatsheaf**, London, 1990.
- SANTOS, S.M.; SILVA, M.M.; MELO, R.M.; GAVAZZA, S.; FLORENCIO, L.; KATO, M.T. Multi-criteria analysis for municipal solid waste management in a Brazilian metropolitan area. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 189, n. 1, p. 561-574, 2017.
- SMOL, M.; AVDIUSHCHENKO, A.; KULCZYCKA, J.; NOWACZEK, A. Public awareness of circular economy in southern Poland: Case of the Malopolska region. **Journal of Cleaner Production**, v. 197, p. 1035-1045, 2018
- SU, B.; HESHMATI, A.; GENG, Y.; YU, X. A review of the circular economy in China: moving from rhetoric to implementation. **Journal of Cleaner Production**, v. 42, p. 215-227, 2013.
- WINANS, K.; KENDALL, A.; DENG, H. The history and current applications of the circular economy concept. **Renewable & Sustainable Energy Reviews**, v. 68, n. 1, p. 825-833, 2017.