

não se reduz a quantidade de matéria consumida e perde-se parte da qualidade do material quando ele é retornado para o processo [1]. Entretanto, esses dois processos são necessários no curto prazo para a diminuição de resíduo gerado e para práticas de conscientização popular.

Para o longo prazo, a Indústria 4.0 tem um papel vital ao processo, pois através da tecnologia *RFID* aplicada nos resíduos descartados é possível obter um volume de dados sobre o status e monitoramento em tempo real do resíduos [2], e assim, o alto volume de informação, ou seja, o *big data* é usado em sistemas inteligentes de avaliação do ciclo de vida dos materiais, afim de informar qualidade, comportamento dos resíduos e disponibilidade de material a serem reaproveitados [3].

Através da *IoT* de avaliação de ciclo de vida, é possível selecionar os materiais de modo a expandir ao máximo seu ciclo de vida. Paralelamente, deve-se adotar produtos que utilizam conceitos como o *redesign*, cujos produtos são desenvolvidos a partir de princípios circulares de modo a facilitar o reaproveitamento ao máximo do material [4]. Para um uso eficiente dos resíduos sólidos é incentivada a simbiose industrial com vistas a criar uma rede de compartilhamento de resíduos sólidos e *trade-waste*[5]. Desta forma, é possível facilitar a logística reversa e os reprocessos são feitos de maneira eficiente e os custos de armazenagem e transporte diminuem [6].

Todo o processo deve ser acompanhado de uma pressão governamental (*enforcement*) para acelerar a transição, viabilizar economicamente as mudanças e criar ações de conscientização da população para incentivo ao novo sistema econômico[7].

A partir dessas análises foi elaborado um *framework* teórico que indica algumas diretrizes aos *stakeholders* a partir da proposição de atividades a serem implementadas (Figura 2), com intuito de criar um cidade inteligente utilizando com princípios circulares.

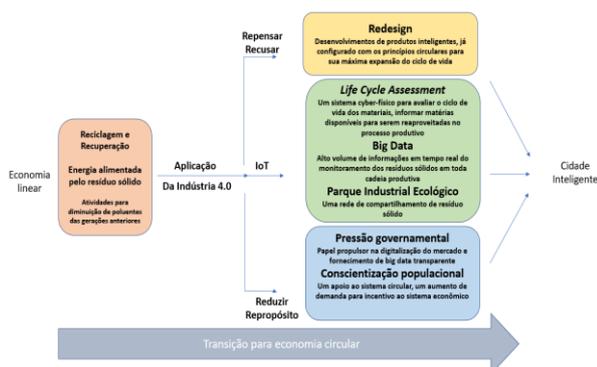


Figura 2 - Diretriz para a transição para cidade inteligente

4. Conclusões

A pesquisa permitiu a elaboração de um *framework* com recomendações de digitalização para uma cidade inteligente. O estudo foi direcionado principalmente para países em desenvolvimento, onde a etapa da

reciclagem não demandaria tanto investimento como a implantação de novas tecnologias. À medida que a prática fosse difundida e houvesse uma movimentação do mercado e de demanda, o país, então, se prepararia economicamente para aquisição e implementação de equipamentos para usar o resíduo como fonte de energia. Assim, a aplicação de monitoramento dos resíduos juntamente ao apoio da esfera privada e por meio de uma pressão governamental coerciva aceleraria o desenvolvimento das cidades inteligentes.

5. Referências

[1] GARCIA-MUIÑA, Fernando et al. **Industry 4.0-based dynamic Social Organizational Life Cycle Assessment to target the social circular economy in manufacturing.** Journal of Cleaner Production, 2021.

[2] TURNER, Chris. OYEKAN, John. STERGIOLAS, Lampros. **Distributed manufacturing: A new digital framework for sustainable modular construction.** Sustainability (Switzerland), 2021

[3] LANGLEY, David. **Digital Product-Service Systems: The Role of Data in the Transition to Servitization Business Models.** Sustainability (Switzerland), 2022.

[4] GARCIA-MUIÑA, Fernando et al. **Identifying the equilibrium point between sustainability goals and circular economy practices in an Industry 4.0 manufacturing context using eco-design.** Social Sciences, 2019.

[5] GHISELLINI, Patrizia. CIALANI, Catia. ULGIATI, Sergio. **A review on circular economy: The expected transition to a balanced interplay of environmental and economic systems.** Journal of Cleaner Production, 2016.

[6] BIWEI, Su et al. **A review of the circular economy in China: Moving from rhetoric to implementation.** Journal of Cleaner Production, 2013.

[7] BAG, Surajit et al. **Role of institutional pressures and resources in the adoption of big data analytics powered artificial intelligence, sustainable manufacturing practices and circular economy capabilities.** Technological Forecasting and Social Change, 2021.

Agradecimentos

À instituição FEI e ao CNPQ pelo apoio ao estudo, disponibilidade das bases e *softwares* de pesquisa.

¹ Aluno de IC do CNPq . Projeto com vigência de 10/2021 a 09/2022.