

# Desafios e oportunidades da indústria 4.0 na produção de bioenergia

*Resumo – O termo Indústria 4.0 representa uma nova revolução na maneira com a qual as empresas pensam seu processo produtivo. O conceito e as tecnologias relacionadas a indústria 4.0 podem ser aplicadas em todos os tipos de produção ou serviços. A bioenergia é a energia limpa, produzida a partir de fontes renováveis e resíduos de processos produtivos. Uma forma de amenizar os impactos do uso de combustíveis fósseis e reduzir as emissões de gases de efeito estufa é aumentar a produção de bioenergia. Desta forma, os conceitos da indústria 4.0 irá proporcionar muitas oportunidades para o desenvolvimento desse setor, contudo muitos desafios terão que ser superados. Esta pesquisa investiga os principais desafios e oportunidades da aplicação das tecnologias da indústria 4.0 na produção de bioenergia.*

**Palavras-chaves – Indústria 4.0, Bioenergia, Produção.**

## I. INTRODUÇÃO

No atual cenário econômico mundial para que uma empresa se mantenha competitiva no mercado é necessário alcançar níveis altos de eficiência operacional e produtividade, desta forma a indústria moderna está passando por uma quarta revolução industrial, conhecida como indústria 4.0. O conceito de indústria 4.0 engloba uma variedade de tecnologias que permitem um ambiente de fabricação inteligente, digital e automatizado (OESTERREICH; TEUTEBERG, 2016). A indústria 4.0 tem a produção baseada em sistemas físicos cibernéticos (CPS), com base em dados heterogêneos e integração de conhecimento, sendo composta por tecnologias que incluem a identificação por rádio frequência (RFID), Enterprise Resource Planning (ERP) e internet das coisas (IoT) (LU, 2017). O desenvolvimento para a Indústria 4.0 tem atualmente uma influência substancial na indústria de manufatura. Baseia-se no estabelecimento de fábricas inteligentes, produtos inteligentes e serviços inteligentes embutidos em uma internet de coisas ou internet industrial (STOCK; SELIGER, 2016). A internet industrial permite uma troca contínua de informações não só entre seres humanos e máquina, mas também entre as próprias máquinas (ROBLEK; MEŠKO; KRAPEŽ, 2016).

Desde a primeira revolução industrial observa-se que conforme a indústria evolui o consumo de energia também aumenta. Com a quarta revolução industrial é fundamental encontrar um equilíbrio entre o aumento do consumo de energia e a redução das emissões de gases de efeito estufa (GEE). O caminho para melhorar a eficiência dos sistemas produtivos e reduzir as emissões de GEE é aumentar a utilização de fontes renováveis de energia. Estudos em bioenergia são realizados em todo o mundo com o objetivo de superar os desafios do uso de fontes renováveis para a produção de energia (VASSILEV; BAXTER; VASSILEVA, 2014).

O Brasil possui grande disponibilidade de recursos para geração de energia limpa. Dentre os recursos renováveis disponíveis, a biomassa possui grande potencial para a produção de energia devido a condições climáticas favoráveis no país. Dentre as quais podem-se citar o bagaço e palha derivados da cana-de-açúcar. A área cultivada no Brasil com cana-de-açúcar que deverá ser colhida e destinada à atividade sucroalcooleira na safra 2017/18 é de 8.84 milhões de hectares, sendo o estado de São Paulo o maior produtor nacional (CONAB, 2017). A projeção para 2020 é que o Brasil irá produzir 119 milhões de toneladas de bagaço de cana-de-açúcar, que podem ser destinados à produção de energia limpa (MME, 2007).

A aplicação das tecnologias da indústria 4.0 na produção e distribuição de energia será fundamental para controlar as emissões de GEE no novo cenário energético. Desta forma, esse trabalho tem como objetivo apresentar os principais desafios e oportunidades da quarta revolução industrial no setor de bioenergia. Saliento que o tema deste ano do Congresso Internacional de Bioenergia será “Bioenergia 4.0”, o que mostra que o tema estudado nesta pesquisa é atual.

O trabalho está dividido em duas seções principais. Na primeira seção apresenta-se um estudo experimental sobre o potencial energético da biomassa como fonte de energia. A segunda seção apresenta um estudo conceitual sobre as oportunidades e desafios das tecnologias da indústria 4.0 no setor de bioenergia.

Apresentar uma visão geral sobre a produção de bioenergia a partir do bagaço de cana-de-açúcar e quais os principais desafios e oportunidades das tecnologias da

indústria 4.0 no setor de bioenergia. Os objetivos específicos incluem:

- Determinar o potencial energético do bagaço de cana-de-açúcar;
- Identificar as tecnologias associadas ao conceito de Indústria 4.0;
- Estudar a aplicabilidade das tecnologias da indústria 4.0 no setor de bioenergia;
- Definir os principais desafios e as oportunidades da aplicação dessas tecnologias no setor de bioenergia.

## II. SÍNTESE BIBLIOGRÁFICA

### II.A. BIOMASSA E BIOENERGIA

Biomassa é termo dado ao combustível proveniente de fontes renováveis, sendo definida por matéria orgânica não fóssil, de origem animal ou vegetal, que pode ser utilizada na produção de calor e geração de eletricidade (ANEEL, 2008; PORTAL BRASIL, 2014).

A biomassa é oriunda de florestas, culturas e resíduos agrícolas, dejetos animais e a matéria orgânica que é contida nos rejeitos industriais e urbanos. É um combustível com energia armazenada e esta energia pode ser liberada através de processos de combustão (ANEEL, 2008).

A biomassa pode ser utilizada de forma direta pela queima ou indiretamente após a sua conversão, através de processos físicos, bioquímicos e termoquímicos, em combustíveis sólidos, líquidos e gasosos, para uso em sistemas motores automotivos ou estacionários, sendo esses processos de conversão objeto de vários estudos (AL-SHEMMERI; YEDLA; WARDLE, 2015; KUMAR et al., 2015; KWON et al., 2011; PEREGO; BOSETTI, 2011). A figura 1 apresenta os processos de conversão da biomassa em energia.

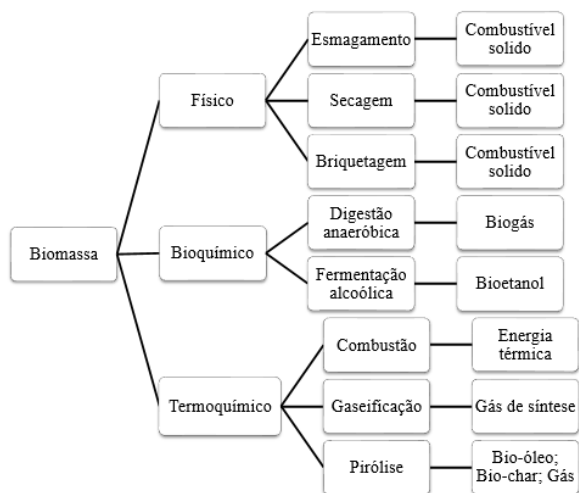


Figura 1- Processos de conversão da biomassa

Como apontado por Vassilev et al. (2013), cerca de 95 % da bioenergia produzida no mundo é oriunda da combustão direta da biomassa. Algumas vantagens sobre a utilização da biomassa em processos de conversão em bioenergia são descritas por (VASSILEV; VASSILEVA; VASSILEV, 2015):

- Geração de energia renovável disponível em grandes quantidades e com custo relativamente baixo;
- Emissão de CO2 de forma sustentável;
- Baixo teor de cinzas;
- Elevadas quantidades de matéria volátil;
- Alta reatividade e baixa temperatura de ignição;
- Diversificação do abastecimento de combustível e segurança energética.

O Brasil dispõe de uma variedade significativa de biomassas, dentre as quais podem-se citar o bagaço e palha derivados da cana-de-açúcar. O bagaço de cana-de-açúcar é o resíduo sólido resultante do processo de moagem da cana-de-açúcar. As principais fontes geradoras de bagaço de cana no Brasil são as usinas de açúcar e destilarias de álcool. Como o Brasil é o maior produtor de cana-de-açúcar do mundo, consequentemente, é o maior gerador de bagaço de cana-de-açúcar, o qual é a biomassa de maior representatividade na matriz energética brasileira (FAO, 2013). Do total de bagaço gerado na usina, cerca de 90 % é queimado em caldeiras para a geração de vapor (CONAB, 2011).

O bagaço de cana é um importante resíduo para a geração de bioenergia, podendo ser facilmente convertido através da combustão direta em sistema de geração de energia elétrica (LOPES SILVA et al., 2014). No processo de combustão, a energia química do bagaço é transformada em calor, por meio da oxidação completa do material, e através de uma máquina motriz é convertido em energia mecânica, podendo esta energia acionar geradores de energia elétrica (LOPES SILVA et al., 2014).

A energia obtida através da conversão do bagaço de cana-de-açúcar é utilizada para suprir a demanda da própria usina de açúcar ou etanol, o excedente de energia elétrica pode ser comercializado nas distribuidoras. A capacidade instalada para a geração de eletricidade a partir do bagaço de cana em 2014 foi de 9.881 MW, o que representou 10,8 % do consumo final de energia no país e 18,5 % do consumo das indústrias (EPE, 2015).

### II.B. INDÚSTRIA 4.0

Indústria 4.0 ou quarta revolução industrial é um termo utilizado para caracterizar o aumento do uso de tecnologias da informação e automação em processos industriais. Diferentemente dos conceitos tradicionais conhecidos no ambiente produtivo, como produção enxuta e *Lean manufacturing*, o termo indústria 4.0 ainda é um conceito em desenvolvimento e se diferencia dependendo do contexto em

que está inserido. O termo indústria 4.0 surgiu na Alemanha em 2011 como uma proposta para o desenvolvimento da economia alemã em um ambiente de alta tecnologia, com um intercâmbio contínuo de informações em tempo real entre cliente e indústria (ROBLEK; MEŠKO; KRAPEŽ, 2016). A indústria 4.0 baseia-se na fusão de sistemas físicos e virtuais, chamados de sistemas ciberfísicos (CPS- Cyber-physical Systems), internet das coisas e Internet dos serviços (ALMADA-LOBO, 2016). Os sistemas ciberfísicos são sistemas nos quais o espaço físico está integrado aos sistemas virtuais, proporcionando a capacidade autônoma de controle e autogerenciamento das máquinas industriais (BAGHERI et al., 2015).

O termo internet das coisas (Internet of things – IoT) é considerado o iniciador do conceito de indústria 4.0. O conceito de internet das coisas visa conectar sistemas com o objetivo de integralizar e disponibilizar informações em tempo real, transformando os processos de produção comuns em processos inteligentes e com auto-gestão (HOFMANN; RÜSCH, 2017). Recentemente houve a inserção do termo internet dos serviços (Internet of services - IoS) com o objetivo de disponibilizar serviços através da internet, sendo serviço definido como uma transação em que uma parte concede acesso temporário aos recursos de outra parte, a fim de desempenhar uma função prescrita e um benefício relacionado, permitindo uma colaboração mútua entre empresas e usuários (HOFMANN; RÜSCH, 2017).

A indústria 4.0 irá modificar a indústria em três pontos principais com o objetivo de aumentar a competitividade da empresa (ROBLEK; MEŠKO; KRAPEŽ, 2016):

- Digitalização dos sistemas de produção;
- Implantação de sistemas de automação para a aquisição de dados no sistema produtivo;
- Intercâmbio de dados na cadeia de suprimentos.

A indústria 4.0 é caracterizada por processos de automatização e digitalização através de recursos de tecnologia da informação e poderá proporcionar maior flexibilidade e reduzir os tempos e custos de produção (LU, 2017).

## V. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com o mercado em constante expansão os processos industriais precisam ser cada vez mais econômicos e sustentáveis para que uma empresa se mantenha competitiva. As tecnologias da indústria 4.0 possibilitam a integração das informações em todo processo produtivo e permite a otimização desses processos. Com o desenvolvimento da indústria o consumo de energia tende a aumentar. Desta forma, o uso de fontes renováveis de energia é o caminho para atender a demanda e reduzir as emissões de gases de efeito estufa.

Aplicar o conceito da indústria 4.0 no setor de bioenergia poderá tornar o modelo de negócio mais eficiente e inteligente, possibilitando o aumento da produção de biocombustíveis em larga escala e da participação da bioenergia na matriz energética.

Devido as condições climáticas favoráveis o Brasil tem grande potencial para a utilização da biomassa como fonte de energia. Desta forma as tecnologias da indústria 4.0 possibilitam muitas oportunidades para desenvolver o setor de bioenergia e também muitos desafios.

Este trabalho contribui para preencher uma lacuna na literatura e se justifica porque pretende fornecer uma visão geral das tecnologias relacionadas a Indústria 4.0, atualmente pesquisadas e adotadas especificamente para o setor de bioenergia.

## REFERÊNCIAS

- [1]
- [2] ALMADA-LOBO, F. The Industry 4.0 revolution and the future of Manufacturing Execution Systems (MES). **Journal of Innovation Management**, v. 3, n. 4, p. 17, 2016.
- [3] BAGHERI, B. et al. Cyber-physical Systems Architecture for Self-Aware Machines in Industry 4.0 Environment. **IFAC-PapersOnLine**, v. 48, n. 3, p. 1622–1627, 2015.
- [4] GARCÍA, R. et al. Spanish biofuels heating value estimation. Part II: Proximate analysis data. **Fuel**, v. 117, n. PARTB, p. 1139–1147, 2014.
- [5] HOFMANN, E.; RÜSCH, M. Computers in Industry Industry 4.0 and the current status as well as future prospects on logistics. **Computers in Industry**, v. 89, p. 23–34, 2017.
- [6] LU, Y. Industry 4.0: A survey on technologies, applications and open research issues. **Journal of Industrial Information Integration**, v. 6, p. 1–10, jun. 2017.
- [7] OESTERREICH, T. D.; TEUTEBERG, F. Understanding the implications of digitisation and automation in the context of Industry 4.0: A triangulation approach and elements of a research agenda for the construction industry. **Computers in Industry**, v. 83, p. 121–139, dez. 2016.
- [8] ROBLEK, V.; MEŠKO, M.; KRAPEŽ, A. A Complex View of Industry 4.0. **SAGE Open**, v. 6, n. 2, p. 1–11, 2016.
- [9] SHARMA, A.; PAREEK, V.; ZHANG, D. Biomass pyrolysis—A review of modelling, process parameters and catalytic studies. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 50, p. 1081–1096, out. 2015.
- [10] STOCK, T.; SELIGER, G. Opportunities of Sustainable Manufacturing in Industry 4.0. **Procedia CIRP**, v. 40, n. Icc, p. 536–541, 2016.
- [11] VASSILEV, S. V.; BAXTER, D.; VASSILEVA, C. G. An overview of the behaviour of biomass during combustion: Part II. Ash fusion and ash formation mechanisms of biomass types. **Fuel**, v. 117, p. 152–183, jan. 2014.
- [12]
- [13]
- [14]
- [15]