

PANORAMA DA MATRIZ ELÉTRICA RENOVÁVEL BRASILEIRA

AN OVERVIEW OF THE BRAZILIAN ELECTRICAL MATRIX

DANIEL FRANZ REICH MAGALHÃES¹; DOUGLAS CERQUEIRA GONÇALVES²

1 – PROF. ESP. INSTITUTO FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO – IFES; 2 – PROF. DR. PROGRAMA DE MESTRADO PROFISSIONAL EM CIÊNCIA, TECNOLOGIA E EDUCAÇÃO – FACULDADE VALE DO CRICARÉ – FVC

danielfrmagalhaes@gmail.com; douglascerqueiragoncalves@gmail.com

Resumo – Este artigo apresenta uma breve revisão bibliográfica sobre os principais tipos de geração de energia renovável e suas contribuições na matriz elétrica brasileira. Por meio desta pesquisa verificou-se o aumento da participação das energias renováveis na composição da matriz elétrica brasileira, com previsão de 86% de geração composta por hidráulica, eólica, biomassa e solar em 2024. Além disso, mostra-se um equilíbrio de participação entre fontes renováveis e não-renováveis na matriz energética nacional.
Palavras-chave: Energia Renovável. Matriz elétrica brasileira. Matriz energética nacional.

Abstract – This article presents a brief bibliographic review on the main types of renewable energy generation and their contributions to the Brazilian electrical matrix. Through this research, there was an increase in the share of renewable energies in the composition of the Brazilian electrical matrix, with a forecast of 86% of generation comprising hydro, wind, biomass and solar in 2024. In addition, there is a balance of participation between renewable and non-renewable sources in the national energy matrix.
Keywords: Renewable Energy. Brazilian electrical matrix. National energy matrix.

I. INTRODUÇÃO

De acordo com a EPE (2014), o Brasil tem buscado equilibrar crescimento econômico e necessidade de expansão de oferta de energia de uma forma ambientalmente sustentável.

Ainda de acordo com a EPE (2014), haverá um crescimento da participação das fontes de geração de energia renováveis na matriz energética brasileira, saindo de 39,4% em 2014 para 45,2% no ano de 2024, totalizando um crescimento relativo de 14,7%.

No decênio 2019-2029, se projeta uma maior diversificação da matriz elétrica brasileira que, embora ainda em sua maior parte de origem hidráulica, apresenta um crescimento expressivo de outras fontes renováveis, como a eólica e solar (EPE, 2019).

Considerando a matriz elétrica brasileira, as energias renováveis deverão representar perto de 86% em 2024. Destaque para a energia eólica que, com participação de 2% em 2014, já representa 9% em 2019 e deverá passar de 16% da matriz elétrica em 2029, devido à expansão do setor, com

redução do custo das tecnologias eólicas e preço de energia competitivo (EPE, 2019).

A partir do ano de 2014, a área de energia recebeu uma previsão de investimentos em torno de 1,4 trilhões de reais, sendo que 26,7% do montante corresponderam ao segmento de energia elétrica, totalizando 37,38 bilhões de reais previstos. Ainda no ano de 2014 se iniciou uma grande ampliação da oferta de capacidade instalada para atendimento à carga de energia elétrica do Sistema Interligado Nacional (SIN) através de leilões, e já se observam excelentes resultados no aumento da capacidade instalada (EPE, 2014).

II. METODOLOGIA

Para a construção deste artigo usou-se a pesquisa bibliográfica, através do estudo de artigos e documentos sobre energias renováveis e suas participações na matriz elétrica brasileira.

O modelo de pesquisa bibliográfica faz com que o pesquisador entre em contato direto com o tema de pesquisa, auxiliando-o na análise e/ou na manipulação das informações (MARCONI; LAKATOS, 2017).

Esta pesquisa bibliográfica fornece informações sobre os tipos de energias renováveis existentes e traz um breve panorama sobre a capacidade instalada de cada fonte na matriz elétrica brasileira e na matriz energética nacional.

III. REFERENCIAL TEÓRICO

As fontes de energia renováveis provêm de recursos inesgotáveis ou que podem ser repostos a curto ou médio prazo, espontaneamente ou por intervenção humana (REIS, 2020).

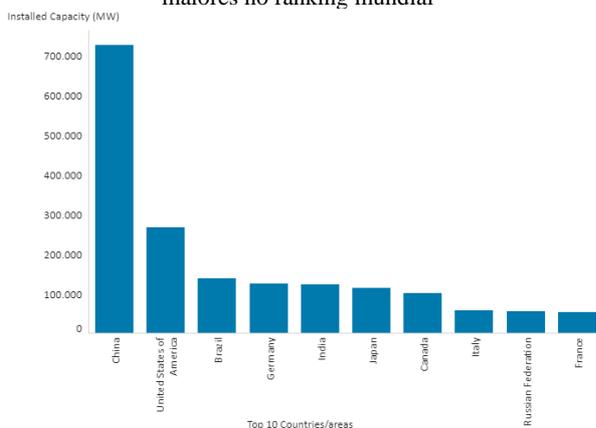
Estas fontes encontram-se já em difusão em todo o mundo e a sua importância tem vindo a aumentar ao longo dos anos representando uma parte considerável da produção de energia mundial (REIS, 2020).

Estas formas de energia citadas vêm ganhando espaço e competindo com as formas de energia tradicionais derivadas dos combustíveis fósseis (REIS, 2020).

A figura 1 apresenta um gráfico que mostra um ranking com os 10 primeiros países em capacidade instalada de geração por fontes renováveis de energia. O Brasil

aparece como 3º maior em geração renovável, atrás apenas de China e Estados Unidos (IRENA, 2018).

Figura 1: Capacidade instalada de geração renovável dos dez maiores no ranking mundial



Fonte: IRENA (2018) adaptado pelo autor.

A seguir são apresentados os principais tipos de geração de energia renovável de forma mais detalhada.

Energia eólica

A energia eólica refere-se à conversão da energia cinética do vento em energia útil, que constitui uma forma de obtenção renovável e limpa (REIS, 2019a).

O vento é composto por um grande fluxo de gás na atmosfera que varia muito ao longo do ano. Esse movimento do ar é causado pelo aquecimento irregular da atmosfera, pela rotação da Terra e pelas marés, podendo ser convertido em energia útil (REIS, 2019a).

O processo de conversão da energia cinética do vento utiliza turbinas eólicas, cata-ventos e moinhos, que utilizam o princípio da conversão eletromecânica de energia (ANEEL, 2002).

A geração eólica ocorre pelo contato do vento com as pás do cata-vento, elementos integrantes da usina. Ao girar, essas pás dão origem à energia mecânica que aciona o rotor do aerogerador, que produz a eletricidade. A quantidade de energia mecânica transferida – e, portanto, o potencial de energia elétrica a ser produzida – está diretamente relacionado à densidade do ar, à área coberta pela rotação das pás e à velocidade do vento (ANEEL, 2008).

A avaliação do potencial eólico de uma região requer trabalhos sistemáticos de coleta e análise de dados sobre velocidade e regime de ventos. Os dados são coletados em aeroportos, estações meteorológicas que fornecem uma ideia inicial do possível aproveitamento da energia eólica (ANEEL, 2002).

Em termos de disponibilidade de vento, o Brasil é muito favorecido, possuindo o dobro da média mundial e também apenas 5% de volatilidade (oscilações de velocidade), o que torna a produção de energia mais previsível. Além disso, como as velocidades dos ventos costumam ser altas durante os períodos de seca, a geração eólica pode operar como um sistema de cogeração similar à geração termelétrica, que entra em operação quando a geração de energia hidráulica diminui devido a baixa dos reservatórios em períodos secos (ANEEL, 2008).

A figura 2 mostra um parque eólico em Brotas de Macaúbas-BA. O estado da Bahia foi o primeiro colocado em geração (MW médio) no ano de 2019 (ABEELICA, 2019).

Figura 2: Parque eólico em Brotas de Macaúbas-BA



Fonte: OLIVEIRA (2015) adaptado pelo autor.

Energia solar

A energia solar é dividida basicamente em dois tipos, térmica e fotovoltaica, que apresentam finalidades diferentes (REIS, 2019b).

A energia solar térmica consiste na transformação da irradiação solar direta em energia térmica para aquecimento de água para chuveiros ou piscinas, aquecimentos de ambientes ou até em processos industriais. As temperaturas alcançadas podem ser elevadas devido à concentração dos raios solares diretos (REIS, 2019b). A figura 3 mostra painéis solares térmicos.

Figura 3 – Painéis solares térmicos



Fonte: REIS (2019b) adaptado pelo autor.

A forma de se obter a energia solar fotovoltaica é através de células de silício. A luz solar, ao incidir sobre as placas, converte-se em eletricidade. O efeito fotovoltaico gera corrente elétrica (ANEEL, 2002).

Apesar de vários benefícios do uso da energia solar, em relação à modalidade fotovoltaica, ainda apresenta pouca representação na geração centralizada da matriz elétrica brasileira, porém com perspectiva para o crescimento, devido a redução do custo da tecnologia, incentivos fiscais, linhas de crédito com juros atrativos e preço de energia mais competitivo (SOLARIX, 2018).

O Brasil apresenta atualmente uma capacidade instalada de 4,5 GW, ocupando a 16ª posição no ranking mundial em capacidade instalada fotovoltaica em 2019, porém com evolução dos investimentos, já que em 2017 ocupava a 26ª posição no mesmo ranking (ABSOLAR, 2019). A figura 4 mostra a maior usina solar da América do Sul, localizada em São Gonçalo-PI (MARIA, 2020).

Figura 4: Planta Solar em São Gonçalo-PI



Fonte: MARIA (2020) adaptado pelo autor.

Energia hidráulica

A energia hidráulica foi uma das primeiras formas de energia utilizadas no Brasil. Entre suas características energéticas mais importantes, destacam-se o custo baixo por unidade energética gerada (R\$/MWh), a disponibilidade, facilidade de aproveitamento e sua renovabilidade (ANEEL, 2002).

A energia hidráulica necessita do aproveitamento do potencial energético de rios. Para sua obtenção é necessário construir usinas com certo volume de água em reservatórios para então aproveitar este potencial e converter em eletricidade. As hidrelétricas são classificadas de acordo com a potência instalada e área alagada, conforme detalhado a seguir (HIDROENERGIA, 2018a).

UHE

UHE significa usina hidrelétrica, empreendimento de grande porte com capacidade instalada acima de 30 MW e com áreas alagadas para reservatório acima de 13 km² (HIDROENERGIA, 2018a). A figura 5 mostra a usina de Belo Monte, a segunda maior do Brasil e a terceira maior do mundo em potência instalada (ITAIPU, 2020).

Figura 5: Usina de Belo Monte em Altamira-PA



Fonte: REVISTA OE (2020) adaptado pelo autor.

PCH

PCH significa pequena central hidrelétrica. Esses empreendimentos têm, obrigatoriamente, entre 5 e 30 MW de potência e menos de 13 km² de área de reservatório. A figura 6 mostra uma PCH no município de Santa Maria de Jetibá-ES (HIDROENERGIA, 2018b).

Figura 6: PCH Rio Bonito em Santa Maria de Jetibá-ES



Fonte: STATKRAFT (2020) adaptado pelo autor.

CGH

CGH significa central geradora hidrelétrica. A diferença entre CGH e PCH se dá tanto em termos de área alagada quanto de potência, sendo as CGH's menores. Esses empreendimentos podem ter o potencial de gerar até 5 MW de energia (HIDROENERGIA, 2018c). A figura 7 apresenta uma CGH no Parque Barigui em Curitiba-PR.

Figura 7: CGH Nicolau Klüppel no Parque Barigui em Curitiba-PR



Fonte: ABRAPCH (2019) adaptado pelo autor

Energia da Biomassa

Biomassa define a massa biológica, detritos de organismos vivos ou em decomposição, que é utilizada na produção de energia elétrica. Essa massa biológica pode ser de origem animal ou vegetal, como restos de alimentos, cascas de frutas, madeira, entre outros. A geração elétrica a partir da biomassa se dá por meio da termoeletricidade: a energia térmica, oriunda da combustão da biomassa é convertida em energia mecânica, e depois, em energia elétrica (CBIE, 2019).

Existem algumas tecnologias utilizadas para transformar a biomassa em energia elétrica. Todas fazem a conversão da matéria-prima em um produto intermediário que será utilizado em uma máquina motriz que produzirá a energia mecânica que acionará o gerador de energia elétrica (CBIE, 2019). As duas principais tecnologias são:

-Combustão: a queima direta da biomassa em caldeiras é realizada a altas temperaturas na presença abundante de oxigênio, produzindo vapor a alta pressão que é usado para mover turbinas de geradores elétricos. É uma das formas mais comuns do uso energético da biomassa. Sua eficiência energética situa-se na faixa de 20 a 25% (CBIE, 2019).

-Gaseificação: a biomassa é aquecida na ausência do oxigênio, originando como produto-final um gás inflamável. Esse gás ainda pode ser filtrado, visando à remoção de alguns componentes químicos residuais. A gaseificação não exige altas temperaturas, fazendo a biomassa resultar apenas em biogás, que ou é usado como energia mecânica que ativa um gerador ou em caldeiras para queima direta e cogeração

de energia térmica (CBIE, 2019). A figura 8 apresenta a maior usina termelétrica movida a biogás no Brasil.

Figura 8: Termelétrica movida a biogás em Caieiras-SP



Fonte: RIBEIRO (2016) adaptado pelo autor.

Energia geotérmica

Energia geotérmica é a energia obtida a partir do calor da Terra, que pode ser aproveitado em locais com atividade vulcânica, onde existam águas ou rochas a temperatura elevada. Esta fonte de energia não é explorada no Brasil, mas é bastante utilizada em países como a Islândia, que apresentam intensas atividades geotermiais. O calor provoca a evaporação de grandes quantidades de água nas camadas profundas do solo e a sua saída de forma intensa para a superfície (CAMPOS et al., 2017).

A produção de eletricidade é feita através de uma turbina movida a vapor de água, que é produzido pelo aquecimento do interior da terra. Este potencial é usado para produção de energia elétrica e como fonte de calor em estufas ou em bombas de calor, para aquecimento ou arrefecimento de edifícios (CAMPOS et al., 2017). A figura 9 mostra uma usina geotérmica na Islândia.

Figura 9: Usina geotérmica na Islândia



Fonte: HELGASON (2017) adaptado pelo autor.

Energia das ondas e marés

Gerada por meio da movimentação das ondas, a energia ondomotriz ou energia das ondas é uma fonte de energia alternativa, limpa e renovável para a geração de energia elétrica, mas que ainda é pouco explorada no mundo (BORGES, 2020).

As pesquisas da geração ondomotriz ainda estão em fase piloto. Na Europa, existem alguns protótipos de usinas de ondas na Dinamarca, Portugal e Reino Unido (BORGES, 2020).

O Brasil é o único país da América do Sul a possuir um projeto piloto de usina de ondas que fica no estado do Ceará, conforme mostra a figura 10 (GUERRA, 2020).

Figura 10: Usina de ondas no porto do Pecém-CE



Fonte: GUERRA (2020) adaptado pelo autor.

Energias renováveis e sustentabilidade

As energias renováveis reduzem substancialmente os impactos ambientais, além de contribuírem com a redução de emissão de gases de efeito estufa. Após sucessivos fóruns mundiais e debates sobre a grande dependência de combustíveis fósseis por parte da maioria dos países no planeta, há uma busca maior por fontes de energia renováveis e limpas, que apresentam menor impacto no ambiente e que geram desenvolvimento sustentável (BERMANN, 2008).

O desenvolvimento sustentável deve possibilitar crescimento socioeconômico e cultural, fazendo uso razoável dos recursos naturais de forma a não esgotá-los para as próximas gerações. Para isso é necessário planejamento e entendimento de que os recursos são finitos (MENDES, 2018).

O pensamento sustentável promove o equilíbrio entre os focos econômico, social e ambiental (MENDES, 2018).

A sustentabilidade econômica é a manutenção do montante de investimentos públicos e privados, equilíbrio entre produção e consumo, é garantia de acesso à ciência e tecnologia com utilização eficiente dos ativos naturais (JHUNIOR; VILELA, 2018).

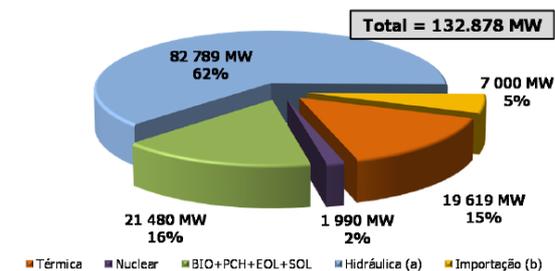
A sustentabilidade social visa o bem-estar da sociedade a partir de uma distribuição mais equilibrada da renda e dos ativos. Pode-se usar de políticas públicas que conduzam a um padrão estável de crescimento, assegurando uma melhoria dos direitos de grande parte da população e uma redução das atuais diferenças entre os seus níveis de bem-estar (JHUNIOR; VILELA, 2018).

A sustentabilidade ambiental relaciona-se à capacidade de manutenção dos ecossistemas existentes e correlaciona-se com diversos setores da sociedade. Como exemplo de sua aplicação tem-se a adoção de fontes de energia limpas (JHUNIOR; VILELA, 2018).

IV. RESULTADOS

A capacidade instalada em 2014 no Sistema Interligado Nacional (SIN) mostrou uma representatividade de 16% na matriz elétrica brasileira relativa a energias renováveis provenientes de centrais hidrelétricas (PCH's e CGH's), biomassa, eólica e solar (EPE, 2014). Somando-se a capacidade instalada hidráulica de 62% (UHE's), totalizou um montante de 78% de representação de energia renovável na matriz elétrica brasileira, um número extremamente expressivo. A figura 11 apresenta as informações com mais detalhes.

Figura 11 – Capacidade instalada por tipo de fonte no SIN em dezembro de 2014

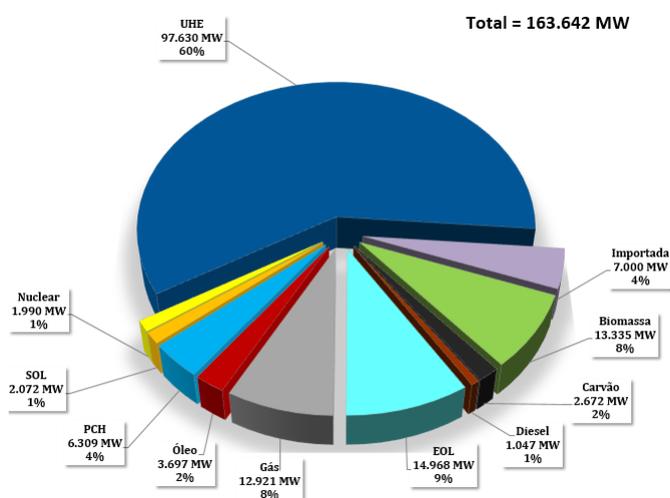


(a) Inclui a parte brasileira da UHE Itaipu (7.000 MW).
 (b) Importação da parcela Paraguai da UHE Itaipu.

Fonte: EPE (2014) adaptado pelo autor.

A capacidade instalada em 2019 no SIN mostrou um acréscimo de 23,15% de energia elétrica em relação ao ano de 2014. Considerando as energias provenientes de centrais hidrelétricas (PCH's e CGH's), biomassa, eólica e solar, houve um acréscimo de 37,5% em relação ao ano de 2014 (EPE, 2019). A figura 12 apresenta com mais detalhes a capacidade instalada por tipo de fonte.

Figura 12 – Capacidade instalada por tipo de fonte no SIN em maio de 2019

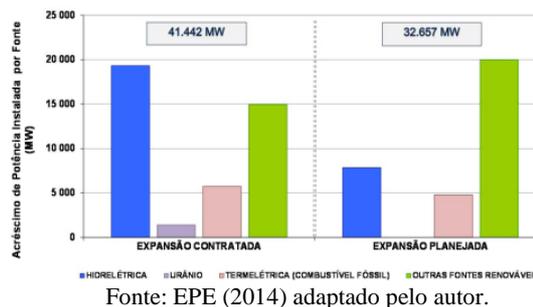


Fonte: EPE (2019) adaptado pelo autor.

Considerando a potência total já contratada e também a planejada prevista até 2024, haverá um acréscimo de mais de 73 mil MW ao SIN, representando um aumento de 55% na oferta de eletricidade em relação ao ano de 2014 (EPE, 2014).

A figura 13 apresenta detalhamento deste acréscimo de energia (aproximadamente 73,6 mil MW) que fará parte do SIN até 2024, com uma grande participação das fontes de energia renováveis, composta pelas termelétricas à biomassa, PCH, usinas eólicas e solares (EPE, 2014). Ainda conforme se observa na figura 13, dos mais de 41 mil MW da expansão já contratada, 15 mil MW correspondem à biomassa, eólica, PCH e solar juntos, representando 36,2% do total contratado na expansão, número extremamente expressivo (EPE, 2014). Dos mais de 32 mil MW da expansão planejada, 20 mil MW são destas últimas fontes acima citadas, representando 61,2%, número que mostra que o Brasil está priorizando o investimento em energias renováveis de forma consistente (EPE, 2014).

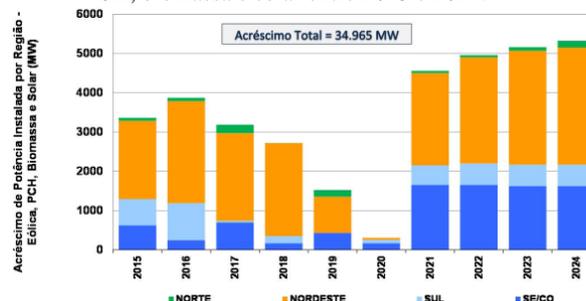
Figura 13 – Acréscimo de capacidade instalada contratada e planejada até 2024



Fonte: EPE (2014) adaptado pelo autor.

Em relação às fontes renováveis de geração eólica, PCH, termelétrica a biomassa e solar, nota-se uma expansão média anual de cerca de 10%, em relação a capacidade instalada total dessas fontes. A região Nordeste contribui com a maior participação na expansão dessas fontes ao longo do período, como pode ser visto na figura 14 (EPE, 2014).

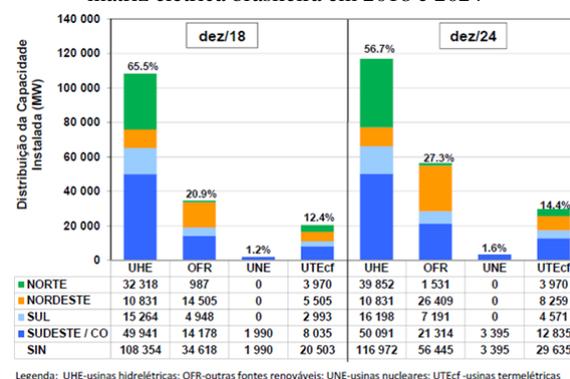
Figura 14 – Acréscimo de capacidade instalada de eólica, PCH, biomassa e solar entre 2015 e 2024.



Fonte: EPE (2014) adaptado pelo autor.

Na figura 15 observa-se a expansão de outras fontes renováveis de energia – biomassa, PCH, eólica e solar – sendo sua participação no SIN em 2018 de 20,9% da matriz elétrica brasileira e no ano de 2024 uma previsão já contratada de 27,3% da matriz, consolidando um aumento relativo de 30,6% frente a uma redução da participação da geração hidráulica (UHE) de 13,4%, ratificando o crescimento das termelétricas a biomassa, eólica, PCH, CGH e solar (EPE, 2014).

Figura 15 – Participação das fontes de geração de energia na matriz elétrica brasileira em 2018 e 2024



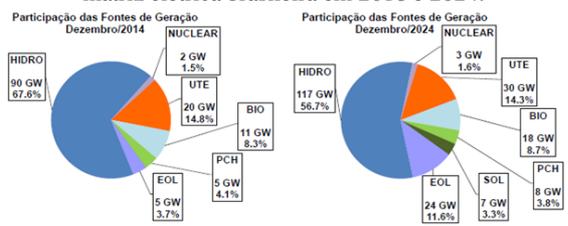
Legenda: UHE-usinas hidrelétricas; OFR-outras fontes renováveis; UHE-usinas nucleares; UTEcf-usinas termelétricas

Fonte: EPE (2014) adaptado pelo autor.

Considerando o valor acumulado previsto no período 2015-2024, a expansão da geração envolverá investimentos da ordem de 268 bilhões de reais. Cabe ressaltar que grande parte destes investimentos refere-se às usinas já autorizadas,

entre elas, as usinas com contratos assinados nos leilões de energia nova (EPE, 2014). O montante a investir em novas usinas é da ordem de 165 bilhões de reais, sendo, aproximadamente, 33% em hidrelétricas, 59% no conjunto de outras fontes renováveis (PCH + biomassa + eólica + solar) e 8% em termelétricas. A figura 16 apresenta a participação das fontes por capacidade instalada em 2014 e a projeção para 2024 já considerando os investimentos (EPE, 2014).

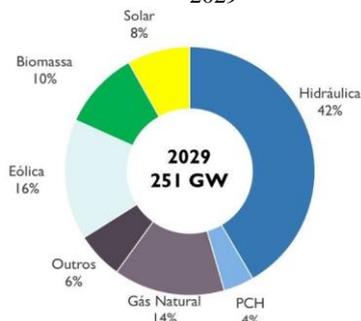
Figura 16 – Participação das fontes de geração de energia na matriz elétrica brasileira em 2018 e 2024.



Fonte: EPE (2014) adaptado pelo autor.

A figura 17 apresenta a previsão de capacidade instalada por fonte em 2029. Considerando a expansão já contratada e também a planejada, a energia solar terá um acréscimo em torno de 800% e a energia eólica de 77,8% em relação ao ano de 2019 (EPE, 2019).

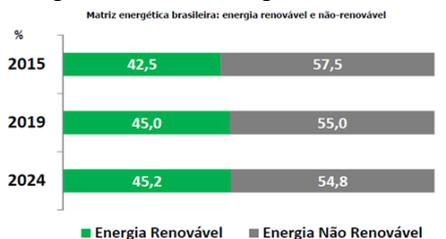
Figura 17 – Previsão de capacidade instalada por fonte em 2029



Fonte: EPE (2019) adaptado pelo autor.

Entre os anos de 2015 e 2019 houve um aumento de 5,8% na contribuição das fontes renováveis na matriz energética nacional. Entre 2019 e 2024 há uma previsão de incremento de 0,4% da contribuição das renováveis, mostrando equilíbrio na matriz energética (EPE, 2014). A figura 18 mostra a previsão da matriz energética brasileira para 2024.

Figura 18 – Matriz energética brasileira.

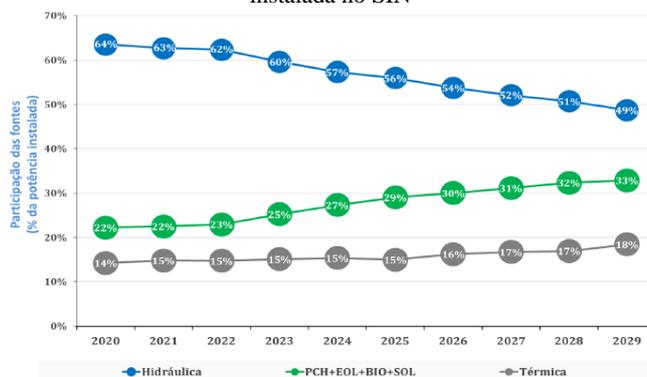


Fonte: EPE (2014) adaptado pelo autor.

De acordo com a EPE (2019), entre 2020 e 2029 haverá um aumento de 50% da participação das fontes de energia renováveis compostas por PCH, CGH, termelétricas a biomassa, eólica e solar e uma diminuição de 23% da participação da energia hidráulica (UHE) no SIN. A figura

19 mostra com detalhes a participação das fontes em porcentagem da capacidade instalada no SIN.

Figura 19: Participação das fontes em porcentagem da capacidade instalada no SIN



Fonte: EPE (2019) adaptado pelo autor.

V. CONCLUSÃO

Nesta pesquisa verificou-se que, apesar da projeção de diminuição da participação da energia hidráulica (UHE) na matriz elétrica nacional, as fontes renováveis eólica, solar, biomassa e PCH apresentam previsão de crescimento de 50% até 2029 (EPE, 2019).

O Brasil apresenta grande crescimento na geração de energia renovável, com previsão de 86% de participação na matriz elétrica brasileira para o ano de 2024 (EPE, 2014).

Através desta pesquisa destaca-se o crescimento da energia eólica (9% em 2019) e a projeção para 2029 de aumento da participação das energias solar e eólica, com 8% e 16% respectivamente (EPE, 2019).

Com relação à matriz energética nacional, há uma previsão de 45,2% de participação das energias renováveis frente a 54,8% de não renováveis para o ano de 2024, o que mostra um equilíbrio entre as energias alternativas frente às fósseis, focando na sustentabilidade (EPE, 2014).

Esta revisão bibliográfica apresentou de forma resumida as principais fontes de energia renováveis bem como um panorama simplificado sobre a participação de cada fonte na matriz elétrica brasileira.

VI. REFERÊNCIAS

- (ANEEL) Agência nacional de energia elétrica. **Atlas de energia elétrica do Brasil**. 2002. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/arquivos/pdf/livro_atlas.pdf>. Acesso em: 12 ago. 2020.
- (ANEEL) Agência nacional de energia elétrica. **Atlas de energia elétrica do Brasil**. 2008. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/arquivos/PDF/atlas3ed.pdf>>. Acesso em: 12 ago. 2020.
- (ABSOLAR) Associação brasileira de energia solar fotovoltaica. **Infográfico Absolar**. 2019. Disponível em: <<http://www.absolar.org.br/infografico-absolar.html>>. Acesso em: 16 ago. 2020.
- (ABEEOLICA) Associação brasileira de energia eólica. **Boletim anual de geração eólica**. 2019. Disponível em: <<http://abeeolica.org.br/dados-abeeolica/>>. Acesso em: 16 ago. 2020.
- (ABRAPCH) Associação brasileira de PCH's e CGH's. **Curitiba inaugura primeira usina em Unidade de Conservação do Brasil**. 2019. Disponível em: <<https://abrapch.org.br/2019/10/01/curitiba-inaugura-primeira->>

- usina-em-unidade-de-conservacao-do-brasil/>. Acesso em 16 ago. 2020.
- BERMANN, C. Crise Ambiental e as Energias Renováveis. **Ciência e cultura**. 2008. Disponível em: <<http://cienciaecultura.bvs.br/pdf/cic/v60n3/a10v60n3.pdf>>. Acesso em: 15 ago. 2020.
- BORGES, L. **Você sabe como funciona a energia das ondas?** 2020. Disponível em: <<https://autossustentavel.com/2020/04/ondomotriz-energia-ondas.html>>. Acesso em 14 ago. 2020.
- CAMPOS, A.F.; SCARPATI, C.B.L.; SANTOS, L.T.; PAGEL, U.R.; SOUZA, V.H.A. Um panorama sobre a energia geotérmica no Brasil e no mundo: Aspectos ambientais e econômicos. **Revista Espacios**, vol. 38, nº 01, pág. 8. 2017. Disponível em: <<https://www.revistaespacios.com/a17v38n01/a17v38n01p08.pdf>>. Acesso em 15 ago. 2020.
- (CBIE) Centro Brasileiro de Infraestrutura. **Como a Biomassa se transforma em Energia Elétrica?** 2019. Disponível em: <<https://cbie.com.br/artigos/como-a-biomassa-se-transforma-em-energia-eletrica/>>. Acesso em: 16 ago. 2020.
- (EPE) Empresa de pesquisa energética. 2014. **Plano Decenal de Expansão de Energia (PDE) 2024**. Disponível em: <<https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/Plano-Decenal-de-Expansao-de-Energia-2024>> Acesso em: 30 Ago. 2020.
- (EPE) Empresa de pesquisa energética. 2019. **Plano decenal de expansão de energia (PDE) 2029**. Disponível em: <<https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/plano-decenal-de-expansao-de-energia-2029>>. Acesso em: 30 Ago. 2020.
- GUERRA, Y. **Usina de Ondas do porto do Pecém, no Ceará**. 2020. Disponível em: <<https://asmetro.org.br/portalsn/2020/05/11/usina-de-ondas-do-porto-do-pecem-no-ceara/>>. Acesso em: 17 ago. 2020.
- HELGASON, V. **Iceland champions the power of geothermal energy for the environment and businesses**. 2017. Disponível em: <<https://www.theneweconomy.com/energy/iceland-champions-the-power-of-geothermal-energy-for-the-environment-and-businesses>>. Acesso em: 15 ago. 2020.
- HIDROENERGIA. **O que é uma UHE (Usina Hidrelétrica)?** 2018a. Disponível em: <<https://www.hidroenergia.com.br/o-que-e-uma-uhe-usina-hidreletrica/>>. Acesso em: 17 jul. 2020.
- HIDROENERGIA. **O que é uma PCH (Pequena Central Hidrelétrica)?** 2018b. Disponível em: <<https://www.hidroenergia.com.br/o-que-e-uma-pequena-central-hidreletrica-pch/>>. Acesso em: 17 jul. 2020.
- HIDROENERGIA. **O que é uma CGH (Central Geradora Hidrelétrica)?** 2018c. Disponível em: <<https://www.hidroenergia.com.br/o-que-e-uma-pequena-central-hidreletrica-pch/>>. Acesso em: 17 jul. 2020.
- (IRENA) International renewable energy agency. 2018. **Country Rankings**. Disponível em: <<https://www.irena.org/Statistics/View-Data-by-Topic/Capacity-and-Generation/Country-Rankings>>. Acesso em: 17 ago. 2020.
- ITAIPU. **Comparações**. Disponível em: <<https://www.itaipu.gov.br/energia/comparacoes>>. Acesso em: 15 ago. 2020.
- JHUNIOR, R.O.S.; VILELA, N.G.S. Sustentabilidade ambiental, econômica e social: ações e práticas de pequenas e médias empresas brasileiras. **Organizações e Sustentabilidade**. 2018. Disponível em: <<http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/ros/article/view/31605>>. Acesso em: 15 ago. 2020. DOI: <<http://dx.doi.org/10.5433/2318-9223.2018v6n2p59>>.
- MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de metodologia científica**. 8ª ed. São Paulo: Atlas, 2017.
- MARIA, A. **Maior usina solar da América do Sul inicia operação no Piauí**. 2020. Disponível em: <<https://piauihoje.com/noticias/economia/maior-usina-solar-da-america-do-sul-inicia-operacao-no-piaui-342134.html>>. Acesso em: 17 ago. 2020.
- MENDES, G. **O que é desenvolvimento sustentável?** 2018. Disponível em: <<https://cebds.org/desenvolvimento-sustentavel/#.X2VwevZKjIU>>. Acesso em: 14 ago. 2020.
- OLIVEIRA, W. **Bahia torna-se o segundo maior produtor de energia eólica do País**. 2015. Disponível em: <<https://www.iguaiabahia.com.br/2015/07/17/bahia-torna-se-o-segundo-maior-produtor-de-energia-eolica-do-pais/>>. Acesso em: 17 ago. 2020.
- REIS, P. **Energia Eólica**. 2019a. Disponível em: <<https://www.portal-energia.com/energia-eolica/>>. Acesso em 13 ago. 2020.
- REIS, P. **Energia Solar – Tudo o que deve saber**. 2019b. Disponível em: <<https://www.portal-energia.com/energia-solar/>>. Acesso em 13 ago. 2020.
- REIS, P. **Quais as fontes de energia? Tudo sobre energias renováveis**. 2020. Disponível em: <<https://www.portal-energia.com/fontes-de-energia/>>. Acesso em: 17 ago. 2020.
- REVISTA OE. **Norte energia faz doação aos indígenas da região da UHE Belo Monte**. 2020. Disponível em: <<https://revistaoe.com.br/norte-energia/>>. Acesso em: 17 ago. 2020.
- RIBEIRO, C. **Conheça a maior termelétrica que transforma lixo em energia do Brasil**. 2016. Disponível em: <<https://engenharia360.com/conheca-a-maior-termeletrica-que-transforma-lixo-em-energia-do-brasil/>>. Acesso em: 16 ago. 2020.
- SOLARIX. **Incentivos fiscais na geração distribuída de energia solar**. 2018. Disponível em: <<http://www.solarix.eco.br/incentivos-fiscais-na-geracao-distribuida-de-energia-solar/>>. Acesso em 16 ago. 2020.
- STATKRAFT. **Rio Bonito hydropower plant**. 2020. Disponível em: <<https://www.statkraft.com/about-statkraft/where-we-operate/brazil/rio-bonito-hydropower-plant/>>. Acesso em 16 ago. 2020.

VI. COPYRIGHT

Direitos autorais: Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluído no artigo.

TECNOLOGIAS DA INDÚSTRIA 4.0

INDUSTRY TECHNOLOGIES 4.0

DANIEL FRANZ REICH MAGALHÃES¹; DOUGLAS CERQUEIRA GONÇALVES²

1 – PROF. ESP. INSTITUTO FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO – IFES; 2 – PROF. DR. PROGRAMA DE MESTRADO PROFISSIONAL EM CIÊNCIA, TECNOLOGIA E EDUCAÇÃO – FACULDADE VALE DO CRICARÉ – FVC

danielfrmagalhaes@gmail.com; douglascerqueiragoncalves@gmail.com

Resumo – O crescimento e a manutenção das empresas em um mercado global competitivo torna a busca por conhecimento e inovação tecnológica algo contínuo na atualidade. Temas como Indústria 4.0 já fazem parte do cotidiano de empresas, especialmente quando se fala daquelas que buscam gestão de excelência na produção de bens ou serviços. Sendo assim, este artigo apresentará uma breve revisão bibliográfica sobre o tema mencionado objetivando fornecer uma visão geral do assunto.

Palavras-chave: Indústria 4.0. Gestão. Tecnologia.

Abstract - The growth and maintenance of companies in a competitive global market makes the search for knowledge and technological innovation something continuous today. Themes such as Industry 4.0 are already part of the daily lives of companies, especially when it comes to those that seek excellence management in the production of goods or services. Therefore, this article will present a brief bibliographic review on the mentioned subject in order to provide an overview of the subject.

Keywords: Industry 4.0. Management. Technology.

I. INTRODUÇÃO

Na Engenharia de Desenvolvimento, a inovação é elemento essencial de sobrevivência a médio e longo prazo das organizações, devendo então ser administrada e disseminada na organização por estratégias, estrutura, processos e cultura organizacionais bem definidos (EPSTEIN; DAVILA; SHELTON, 2007). A inovação pode ser definida como uma ideia que modele um produto ou um processo que resulte em algo novo ou diferente do que já existe (KEELEY; PIKKEL; QUINN, 2015).

Um grande exemplo de inovação é a Indústria 4.0, que introduz uma grande transformação na cadeia produtiva mundial e transforma as relações trabalhistas (KAGERMANN; WAHLSTER; HELBIG, 2013). A Indústria 4.0 pode ser considerada também uma estratégia de integração da manufatura produtiva com a internet, comunicando de forma mais ágil pessoas e sistemas de produção (ANDERL, 2015).

Este artigo apresenta uma breve revisão bibliográfica sobre o tema Indústria 4.0 e suas tecnologias.

II. METODOLOGIA

O modelo de pesquisa bibliográfica faz com que o pesquisador entre em contato direto com o tema de pesquisa, auxiliando-o na análise e/ou na manipulação das informações (MARCONI; LAKATOS, 2005). Esta pesquisa bibliográfica traz um pequeno levantamento sobre as tecnologias da Indústria 4.0.

III. REVISÃO DE LITERATURA

Indústria 4.0

As revoluções industriais foram marcadas, em distintas épocas, por grandes progressos em inovação tecnológica disruptiva, que remodelaram os processos produtivos, como exemplos têm-se a introdução da máquina a vapor em fins do século XVIII (Revolução 1.0), com o sistema de produção em massa fordista no início do século XX (Revolução 2.0) e com a automação e sistema de produção toyotista no pós 2º guerra mundial até meados dos anos 1970 e 1980 (Revolução 3.0) e agora com a Revolução 4.0 dos anos 1990, 2000 até a atualidade (FARIA et al., 2017; SCHWAB, 2018). A figura 1 representa as quatro revoluções industriais.

Figura 1: As revoluções industriais.



Fonte: Firmo (2020) adaptado pelo autor

A Indústria 4.0 modifica não somente os sistemas produtivos, mas também todas as relações entre a sociedade e empresas em geral. Conhecida também como a revolução da internet, esse conjunto de tecnologias está transformando a integração entre máquinas, logística e suprimentos (FARIA et al., 2017; SCHWAB, 2018).

A Indústria 4.0 surgiu para transformar as interações entre a sociedade e a indústria, a partir de

tecnologias inovadoras de controle interligadas pela internet. A Revolução 4.0 pode ser definida também como uma integração de sistemas avançados controlados via tecnologias com uso de internet, fornecendo fácil interoperabilidade entre humanos, produtos e sistemas (FARIA et al., 2017; SCHWAB, 2018). A Revolução 4.0 surgiu na Alemanha, que buscava aumentar a competitividade a partir do aumento de investimentos em inovação, a fim de promover então um salto tecnológico (FARIA et al., 2017; SCHWAB, 2018).

A alta expertise alemã em P&D e como consequência produzindo novas tecnologias, tanto na área de manufatura como na área industrial de uma forma geral tornou o setor secundário produtivo alemão extremamente competitivo no mundo e faz da Alemanha uma das líderes globais em equipamentos manufaturados (FARIA et al., 2017).

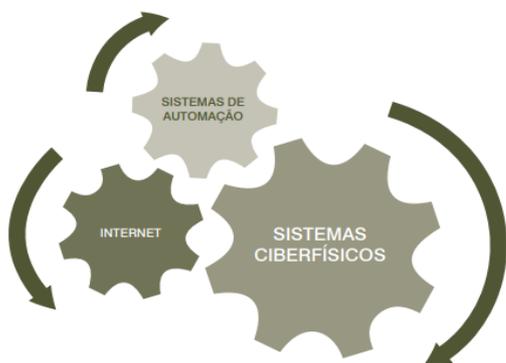
Com o advento da internet e de tecnologia de controle específicas denominadas sistemas ciber-físicos, haverá uma transformação profunda das organizações e também das relações trabalhistas e produtivas, além das relações com clientes e fornecedores e sociedade de uma forma geral (SCHWAB, 2018).

Desde a Revolução 2.0, a indústria procura criar formas de proporcionar maior eficiência no setor produtivo e como desenvolvimento da automação isso se tornou possível e real. A necessidade dos clientes aumentou e tornou-se mais seletiva exigindo desenvolvimento personalizado de produtos pelas empresas e forçando as corporações a se adaptarem às novas demandas para se manterem competitivas (SCHWAB, 2018).

Segundo Faria et al. (2017), os sistemas produtivos se tornarão altamente flexíveis devido a uma produção mais individualizada. A cadeia de suprimentos deverá possuir configurações, tempos e rotas flexíveis. Os níveis de estoque e o *setup* de processo deverão continuar baixos para que os processos continuem ágeis (FARIA et al., 2017).

Segundo Reinhart et al. (2013), sistemas de produção ciber-físicos são integrados na área produtiva, criando as chamadas fábricas inteligentes (*smart factories*). A integração desses sistemas à produção aumentará a produtividade e a satisfação dos clientes (FARIA et al., 2017). A figura 2 ilustra a integração dessas tecnologias o que constitui a própria Indústria 4.0 (SEBRAE, 2017).

Figura 2: Integração na Indústria 4.0



Fonte: Sebrae (2017) adaptado pelo autor.

Os constantes *upgrades* tecnológicos e aplicação de recursos financeiros em inovação têm abreviado o tempo de lançamento de novos produtos ou serviços. Com maior rapidez na inserção de novidade no mercado, as empresas

passam a disputar melhores posições no mercado (FARIA et al., 2017; SCHWAB, 2018). A figura 3 ilustra as etapas da cadeia de valor desde o P&D até o pós-venda, sendo que a quarta revolução irá impactar todo o processo (SEBRAE, 2017).

Figura 3: Integração da cadeia de valor de um produto



Fonte: Sebrae (2017) adaptado pelo autor

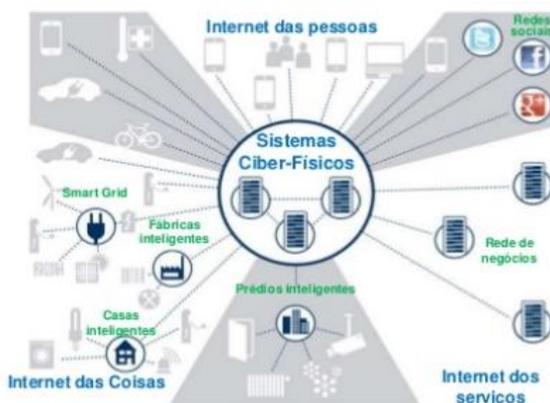
A modificação da estrutura dos modelos organizacionais produtivos também é possível com o uso das tecnologias 4.0. A redução do ciclo de desenvolvimento de produtos exige uma gestão mais ágil, exigindo redução da burocracia e modificação da estrutura hierárquica (LASI et al., 2014). Apesar da necessidade de mudança, a maioria das indústrias atuais ainda possui arquitetura centralizada e são bastante hierárquicas (FORSTNER; DUMMLER, 2014).

No sistema industrial tradicional, o modelo organizacional é visto como uma pirâmide dividida em três setores, que são o operacional (base), tático (meio) e estratégico (topo) (SCHWAB, 2018). A comunicação entre os setores se dá de tal forma que atualmente é vista como um processo ultrapassado (SCHWAB, 2018). Com o advento das tecnologias da Indústria 4.0, haverá um rearranjo organizacional, descentralizando o modelo de gestão, fazendo o intercâmbio direto entre os *stakeholders* e o sistema produtivo, trocando informações de forma independente através da Internet das Coisas (FARIA et al., 2017; SCHWAB, 2018).

Cyber Physical Systems (CPS)

Sistemas ciber-físicos são sistemas baseados em tecnologia computacional embarcada, responsáveis por monitorar e controlar quaisquer processos físicos, sendo que estes enviam e recebem informações aos computadores (BAGHERI et al., 2015; STOYANOV; GLUSHKOVA; DOYCHEV, 2020). A figura 4 exemplifica a integração dos sistemas ciber-físicos com a internet das coisas e demais sistemas.

Figura 4: Sistemas ciber-físicos e integração com demais sistemas



Fonte: Lepikson (2020) adaptado pelo autor

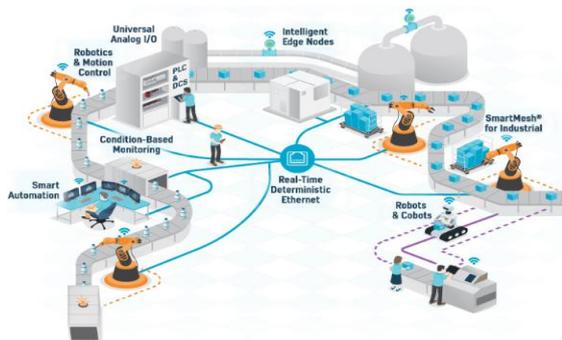
Os sistemas produtivos ciber-físicos são compostos por máquinas inteligentes, centros de produção e armazenamento de informações digitais, integrando logística, suprimentos, marketing, produção e serviços em geral (KAGERMANN; WAHLSTER; HELBIG, 2013; STOYANOV; GLUSHKOVA; DOYCHEV, 2020). Isso proporciona maior flexibilidade na produção e também oferece informações para uma gestão de processos mais eficiente (FARIA et al., 2017).

Fábricas Inteligentes (*Smart Factories*)

Segundo Kagermann; Wahlster; Helbig (2013), as fábricas inteligentes possibilitam a interação entre os recursos produtivos, a máquina e o ser humano. Nestas fábricas, os produtos são dotados de inteligência e sabem minuciosamente como foram produzidos e quais deverão ser seus destinos e, desta forma, os produtos controlam a sua própria produção de forma totalmente autônoma (YÁÑEZ, 2017). A manufatura passa a ser extremamente flexível e capaz de se autoconfigurar de acordo com a produção (FARIA et al., 2017; YÁÑEZ, 2017).

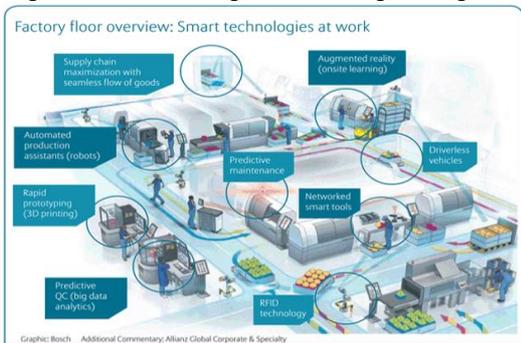
De acordo com Anderl (2015), a *smart factory* é flexível e adaptada aos processos produtivos. Essa fábrica inteligente utiliza automação, combinando *softwares*, *hardwares* ou mecanismos que aperfeiçoam a manufatura, promovendo maior eficiência da produção e otimização dos recursos (YÁÑEZ, 2017). A *smart factory* basicamente possui sensores e sistemas inteligentes que monitoram e controlam todo o processo industrial de forma autônoma e eficiente (YÁÑEZ, 2017). As figuras 5 e 6 ilustram fábricas inteligentes.

Figura 5: Fábrica inteligente com integração entre CPS e IoT.



Fonte: Analog Devices (2018) adaptado pelo autor

Figura 6: Fábrica inteligente e tecnologias integradas



Fonte: Insurance Gateway (2016) adaptado pelo autor

Internet das Coisas (*Internet of Things - IoT*)

Internet das Coisas promove a comunicação entre produtos da linha de produção e dispositivos através de diferentes tecnologias. A IoT é utilizada tanto no meio industrial como também no cotidiano social (WORTMANN; FLUECHTER, 2015). Como exemplo de tecnologia IoT já pode-se citar estabelecimentos de entretenimento que utilizam uma pulseira com *chips* de identificação por radiofrequência (RFID) que funcionam como ticket e que também possibilitam a compra de produtos, conectando clientes com uma central de dados, que recebe todas as informações dos usuários (WORTMANN; FLUECHTER, 2015). Nas indústrias, produtos já recebem identificações (*tag*) com tecnologia RFID, capazes de informar a um *software* de gestão de produção suas especificações e processamentos pelos quais já passou ou irá passar (LEE; LEE, 2015; WORTMANN; FLUECHTER, 2015).

Segundo Lee e Lee (2015), a tecnologia RFID é composta basicamente de ondas de rádio, uma *tag* e um leitor. Essa tecnologia possibilita então a identificação e captação de dados. As *tags* geralmente são utilizadas em *supply chains*, em monitoramento e rastreamento de objetos, em sensores de temperatura, pressão, de processos químicos e outras (LEE; LEE, 2015). As figuras 7 e 8 mostram a tecnologia RFID.

Figura 7: Tecnologia RFID e sua integração



Fonte: Costa (2016) adaptado pelo autor

Figura 8: Tecnologia RFID na indústria



Fonte: Haddad; Rizzotto; Uriona (2016) adaptado pelo autor

Outra tecnologia utilizada pela IoT é a *Wireless Sensor Networks (WSN)*, formada por uma rede sem fio de sensores, com um grande número de nós, sendo que cada nó é capaz de detectar uma variável física, tais como luz, temperatura, pressão e calor, entre outras variáveis (FARIA et al., 2017). A utilização da tecnologia WSN irá aumentar a eficiência e robustez dos sistemas, sendo considerada uma tecnologia inovadora na captação de informações de campo (FARIA et al., 2017).

A tecnologia WSN é extremamente vantajosa por não possuir fios, o que a torna uma solução extremamente

flexível. Além disso, redes de sensores sem fio são de simples implementação (FARIA et al., 2017). A rede de sensores sem fio (WSN) apresenta diferentes aplicações, podendo ser utilizada para medir temperatura de produtos perecíveis que estão em transporte e ser monitorada ao longo da cadeia logística, pode também, por exemplo, ser usada em sistemas de rastreamento de mercadorias ou veículos e também em manutenção preditiva e/ou centrada em confiabilidade de máquinas e equipamentos (FARIA et al., 2017). As figuras 9 e 10 mostram aplicações da tecnologia WSN.

Figura 9: Tecnologia WSN na indústria



Fonte: National Instruments (2020) adaptado pelo autor

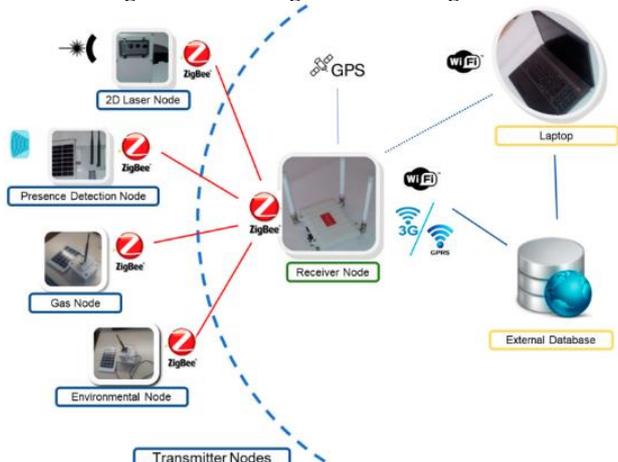
Figura 10: Tecnologia WSN em geral



Fonte: Zigbee (2008) adaptado pelo autor

Na figura 11 observa-se a integração de diversos protocolos sem fio.

Figura 11: Tecnologias sem fio integradas



Fonte: Lozano et al. (2019) adaptado pelo autor

IV. CONCLUSÃO

A inovação tem se mostrado um elemento primordial para sustentação da vantagem competitiva das empresas. Sob este aspecto, saber gerir o processo de inovação se torna um grande diferencial no que tange uma gestão moderna e de alto desempenho (OLIVEIRA; PROENÇA; MANSUR, 2017).

O processo de desenvolvimento de produtos tem se tornado cada vez mais desafiador, com necessidade de inovação, com busca e aquisição de novos conhecimentos e tecnologias sendo, portanto, um setor vital, responsável pelo sucesso ou fracasso das organizações na atualidade (DAHLANDER; GANN, 2010).

De acordo com Schwab (2018), a Indústria 4.0 é um exemplo de inovação, sendo resultado do aumento de investimentos em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) em empresas e universidades.

De um modo geral, pode-se afirmar que as tecnologias da Indústria 4.0 farão parte de mudanças de diversas organizações, através da implementação de novos processos ou produtos, que garantirão competitividade às empresas e sua sobrevivência no mercado.

V. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANALOG DEVICES. **Accelerating the Path to Industry 4.0**, 2018. Disponível em: <<https://www.analog.com/en/applications/markets/industrial-automation-technology-pavilion-home/industry-4-pt-0.html>>. Acesso em: 10 ago. 2020.

ANDERL, R. Industrie 4.0 – technological approaches, use cases, and implementation. **Automatisierungstechnik**, p. 1-2, 2015.

BAGHERI, B.; YANG, S.; KAO, H.A.; LEE, J. Cyber-physical Systems Architecture for Self-Aware Machines in Industry 4.0 Environment. *International Federation of Automatic Control, IFAC-PapersOnLine*, v.48, n.3, p.1622-1627, 2015.

COSTA, L.H. **RFID**, 2016. Disponível em: <https://www.gta.ufrj.br/ensino/eel878/redes1-2016-1/16_1_2/RFID/RFID/html/funcionamento.html>. Acesso em: 10 ago. 2020.

DAHLANDER, L.; GANN, D.M. How open is innovation? **Research Policy Elsevier**, v.39, p.699-709, 2010.

EPSTEIN, M.J; DAVILA, T.; SHELTON, R.D. **As Regras da Inovação: como gerenciar, como medir e como lucrar**. São Paulo: Pearson Education, 2007.

FARIA, L.B.C.; ANDRADE, E.P.; AMARAL, S.F.; LIMA, M.A.C.; ASSIS, W.S. Indústria 4.0: como conciliar avanço tecnológico e capacitação de pessoas? **Encontro Nacional de Engenharia de Produção**. Joinville, SC, Brasil, 10 a 13 de outubro de 2017.

FIRMO, A. **5G e a Indústria 4.0**, 2020. Disponível em: <<https://medium.com/embedded-ufcg/5g-e-a-ind%C3%BAstria-4-0-2601ddeb27c9>>. Acesso em: 10 ago. 2020.

FORSTNER, L.; DUMMLER, M. Integrierte Wertschöpfungsnetzwerke – Chancen und Potenziale durch Industrie 4.0. **Elektrotechnik & Informationstechnik**, 2014.

- HADDAD, C.R.; RIZZOTTO, F.H.; URIONA, M. Revisão Estruturada da Literatura sobre RFID e suas Aplicações na Cadeia de Suprimentos. **Revista Espacios**, v.37, n.8, p.19, 2016. Disponível em: <<https://www.revistaespacios.com/a16v37n08/16370820.html>>. Acesso em: 10 ago. 2020.
- INSURANCE GATEWAY. **Smart factories and the future of risk**, 2016. Disponível em: <<https://www.insurancegateway.co.za/ShorttermConsumers/PressRoom/ViewPress/Irn=13103&URL=Smart+factories+and+the+future+of+risk#.XzNPD8BKjIV>>. Acesso em: 10 ago. 2020.
- KAGERMANN, H.; WAHLSTER, W.; HELBIG, J. Recommendations for Implementing the Strategic Initiative Industrie 4.0. **Final report of the Industrie 4.0 Working Group**, 2013.
- KEELEY, L.; PIKKEL, R.; QUINN, B. **Dez Tipos de Inovação**. DVS Editora, 1ª ed, 2015.
- LASI, H.; FETTKKE, P.; KEMPER, H.G.; FELD, T.; HOFFMANN, M. Industry 4.0. **Business & Information Systems Engineering**, 2014. DOI: <<https://doi.org/10.1007/s12599-014-0334-4>>.
- LEE, I.; LEE, K. The Internet of Things (IoT): Applications, investments, and challenges for enterprises. **Business Horizons**, 2015.
- LEPIKSON, H. **Tendências: Tecnologia e Automação**. Instituto SENAI de Inovação, 2020. Disponível em: <<https://pt.slideshare.net/labbrasil/tendencias-tecnologia-e-automao>>. Acesso em: 10 ago. 2020.
- LOZANO, J.J.; BERTIZ, C.A.; RUIZ, J.A.; CEREZO, A.G. Integration of a Mobile Node into a Hybrid Wireless Sensor Network for Urban Environments. **Sensors**, 2019. DOI: <<https://doi.org/10.3390/s19010215>>.
- MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de metodologia científica**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2005.
- NATIONAL INSTRUMENTS. **Guia para Seleção de Dispositivos de Medição Sem Fio**, 2020. Disponível em: <<https://www.ni.com/pt-br/innovations/white-papers/10/wireless-measurement-device-selection-guide.html>>. Acesso em: 10 ago. 2020.
- OLIVEIRA, A.R.; PROENCA, A.P.; MANSUR, H. Uma proposta de orientações projetuais para concepção de sistemas de medição de desempenho para gestão da pesquisa e desenvolvimento. **Encontro Nacional de Engenharia de Produção**, Joinville, SC, de 10 a 13 de outubro de 2017.
- REINHART, G.; SCHOLZ-REITER, B.; WAHLSTER, W.; WITTENSTEIN, M.; ZÜHLKE, D. Cyber-Physische Produktionssysteme - Produktivitäts- und Flexibilitätssteigerung durch die Vernetzung intelligenter Systeme in der Fabrik. **Werkstattstechnik Jahrgang**, 2013.
- SEBRAE. **O Que É uma Startup?**, 2017. Disponível em: <<https://www.sebrae.com.br>>. Acesso em: 10 ago. 2020.
- SCHWAB, K. **A Quarta Revolução Industrial**. Edipro, 1º ed., 2018.
- STOYANOV, S.; GLUSHKOVA, T.; DOYCHEV, E. **Sistemas e Aplicações Ciber-Físicos-Sociais**. Novas Edições Acadêmicas, 2020.
- YÁÑEZ, F. **The 20 Key Technologies of Industry 4.0 and Smart Factories: The Road to the Digital Factory of the Future**, 2017.
- WORTMANN, F.; FLUECHTER, K. Internet of Things Technology and Value Added. **Business & Information Systems Engineering**: Vol. 57, 2015.
- ZIGBEE. **Aplicações do Zigbee**, 2008. Disponível em: <https://www.gta.ufrj.br/grad/10_1/zigbee/aplicacoes.html>. Acesso em: 10 ago. 2020.

VI. COPYRIGHT

Direitos autorais: Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluído no artigo.