



## **TECNOLOGIAS EMERGENTES NO COMBATE AS MUDANÇAS CLIMÁTICAS: UMA PROPOSTA TEÓRICA PARA O MONITORAMENTO DAS EMISSÕES ATMOSFÉRICAS INDUSTRIAIS**

*Emerging technologies in the fight against climate change: a theoretical proposal for the monitoring of industrial atmospheric emissions*

Bruna Cristina do Nascimento Silva Delanhese, Daniella Ribeiro Pacobello, Orandi Mina Falsarella, Diego de Melo Conti, Duarcides Ferreira Mariosa  
Programa de Pós-graduação em Sustentabilidade, Escola de Economia e Negócios, Pontifícia Universidade Católica de Campinas (PUC-Camp)

E-mail: [bruna\\_cns@yahoo.com.br](mailto:bruna_cns@yahoo.com.br), [danix\\_pacobello@hotmail.com](mailto:danix_pacobello@hotmail.com), [orandi.falsarella@gmail.com](mailto:orandi.falsarella@gmail.com), [diegoconti.prof@gmail.com](mailto:diegoconti.prof@gmail.com), [duarcidesmariosa@puc-campinas.edu.br](mailto:duarcidesmariosa@puc-campinas.edu.br)

### **RESUMO**

As mudanças climáticas estão diretamente relacionadas ao aquecimento global. Tal aquecimento é originado pelas altas emissões de gases de efeito estufa na atmosférica devido as atividades antrópicas. Como consequência disto, tem-se uma maior incidência de problemas de saúde na população, sem dizer os danos ao meio ambiente. Cada vez mais tem-se debatido e discutido sobre formas de reduzir as emissões de gases de efeito estufa como forma de mitigar as mudanças climáticas. Diante disto, as tecnologias de informação e comunicação são então um fator importante que pode vir a trazer benefícios e ganhos para a redução e/ou monitoramento destes gases. Sendo assim, o atual trabalho teve como objetivo identificar tecnologias da informação e comunicação (TICs) para monitoramento das emissões atmosféricas industriais que contribuem para o aumento das mudanças climáticas. No que se refere à metodologia da pesquisa, a mesma é de natureza aplicada, possui abordagem qualitativa e quanto ao seu objetivo caracteriza-se como exploratória. Com relação aos resultados foi comprovado por meio de exemplos práticos em empresas que é possível a utilização das TICs para minimização e/ou mitigação da emissão de poluentes atmosféricos. Portanto conclui-se que as tecnologias são capazes de combater as causas das mudanças climáticas no âmbito de empresas e até mesmo de cidades inteligentes.

Palavras-chave: Gases de Efeito Estufa, Mudanças climáticas, Mitigação, Poluentes atmosféricos, Tecnologias.

**ACEITO EM: 07/03/2024**

**PUBLICADO EM: 30/04/2024**



## EMERGING TECHNOLOGIES IN THE FIGHT AGAINST CLIMATE CHANGE: A THEORETICAL PROPOSAL FOR THE MONITORING OF INDUSTRIAL ATMOSPHERIC EMISSIONS

*Tecnologias emergentes no combate as mudanças climáticas: uma proposta teórica para o monitoramento das emissões atmosféricas industriais*

Bruna Cristina do Nascimento Silva Delanhese, Daniella Ribeiro Pacobello, Orandi Mina Falsarella, Diego de Melo Conti, Duarcides Ferreira Mariosa  
Programa de Pós-graduação em Sustentabilidade, Escola de Economia e Negócios, Pontifícia Universidade Católica de Campinas (PUC-Camp)

E-mail: bruna\_cns@yahoo.com.br, danix\_pacobello@hotmail.com, orandi.falsarella@gmail.com, diegoconti.prof@gmail.com, duarcidesmariosa@puc-campinas.edu.br

### ABSTRACT

Climate change is directly related to global warming. Such warming is caused by high greenhouse gases emissions into the atmosphere due to anthropogenic activities. Because of this, there is a greater incidence of health problems in the population, not to mention the damage to the environment. There has been increasing debate and discussion about ways to reduce greenhouse gas emissions as a way of mitigating climate change. Given this, information and communication technologies are an important factor that can bring benefits and gains to the reduction and/or monitoring of these gases. Therefore, the current work aimed to identify information and communication technologies (ICTs) for monitoring industrial atmospheric emissions that contribute to the increase in climate change. Regarding the research methodology, it is a applied research, has a qualitative approach and in terms of its objective, it is characterized as exploratory. Regarding the results, it was proven through practical examples in companies that it is possible to use ICTs to minimize and/or mitigate the emission of atmospheric pollutants. Therefore, it is concluded that technologies can combat the causes of climate change within companies and even smart cities.

Keywords: Greenhouse Gases, Climate Change, Mitigation, Atmospheric Pollutants, Technologies.

## INTRODUÇÃO

Desde a época da Revolução Industrial o ser humano vem alterando o Planeta em que vive e não apenas para sua sobrevivência. O mesmo vai muito além, de modo a explorar incansavelmente o meio ambiente de forma a satisfazer suas necessidades, de acordo com seus interesses individuais e econômicos (Silva, Vieira, 2017).

O intenso tráfego de veículos e os processos industriais geram resíduos os quais sem tratamento correto e destinação adequada originam danos ao meio ambiente, assim como para os seres humanos. O lançamento de poluentes no meio ambiente gera consequências tanto sociais quanto econômicas em um curto período de tempo. A poluição atmosférica tem um grande impacto quando se refere às doenças respiratórias, ou seja, traz grandes danos saúde da população (Silva, Vieira, 2017).

Vale ressaltar que, em consequência das atividades antrópicas, um dos fatores que está fazendo com que haja o aumento do efeito estufa é a emissão exacerbada de poluentes da atmosfera, resultantes da queima de combustíveis fósseis. E o aumento na concentração de gases de estufa está diretamente ligado ao aquecimento global (Freitas et al., 2015). Segundo Kawashima (2015, p. 16), “Este aquecimento do planeta, induzido pelo aumento de emissões de gases poluentes, poderá resultar em uma mudança climática global a longo prazo”.

No que se diz respeito às consequências que as mudanças climáticas trarão ao planeta, pode-se dizer que a maior é relacionada a perda dos direitos das gerações futuras de um meio ambiente sustentável e saudável (Andrade; Cosenza; Rosa, 2013).

Sendo assim, um dos maiores problemas enfrentados na atualidade refere-se as mudanças climáticas devido ao aquecimento global, principalmente devido as emissões de gases poluentes no meio ambiente (Andrade; Cosenza; Rosa, 2013).

A discussão em relação as mudanças climáticas globais têm feito então parte de diversos setores sociais. Lideranças empresariais, atores sociais integrantes de ambientes científicos e acadêmicos, governantes de países, assim como de estados e cidades, entre outros, todos tem procurado maneiras de reduzir os efeitos de algo que já vem sendo anunciado – as mudanças climáticas (Ventura; Andrade; Almeida, 2011).

Ainda de acordo com Ventura, Andrade e Almeida (2011), embora muitos ainda creiam que não passa de um exagero, as previsões de diversas situações como inundações, secas, falta de alimentos, entre outros efeitos devido à grande concentração de gases de efeito estufa na atmosfera, ainda assim há um consenso de que algo deva ser feito para minimizar tais impactos, os quais já vem sendo sentidos em diversos locais do mundo.

Logo, é de extrema importância, mais do que nunca, tratar e implementar ações referentes à mitigação das mudanças climáticas. De acordo com Feitosa (2018, p. 60) “na mitigação, são incentivadas mudanças e substituições tecnológicas que reduzam o uso de recursos e emissões por unidade de produção, bem como a implementação de medidas gerais que reduzam as emissões de GEE”.

A relevância e a força das tecnologias de informação e comunicação – as TICs – para a minimização das emissões de gases de efeito estufa, tem sido levada em consideração mundialmente, seja qual for seu motivo, pela questão de eficiência energética, pela melhoria na gestão de riscos climáticos ou outros motivos (FGVces, 2013).

Diante disto, o atual estudo tem como objetivo identificar as tecnologias da informação e comunicação (TICs) para monitoramento das emissões atmosféricas industriais que contribuem para o aumento das mudanças climáticas.

## 1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 1.1 Mudanças climáticas – emissões de poluentes atmosféricos

Após a Revolução Industrial surgem sérios problemas ambientais, dessa forma ocorrem diversos debates sobre os impactos ambientais, a qualidade de vida e a prosperidade da economia (Blank, 2015). Essa intensa atividade humana durante a era industrial fez com que houvesse mudança na composição química da atmosfera (Lombardo, 1994).

Surge assim as mudanças climáticas provenientes do fenômeno denominado efeito estufa que pode levar a secas, derretimento das calotas polares, extinção de animais e plantas, aumento do nível do mar e etc. Isso acontece quando há o aumento dos gases geradores do efeito estufa, comumente proveniente de ações antrópicas, onde é formado uma camada de poluentes que retém a temperatura, aquecendo assim o planeta (Oliveira, 2015).

Comprovou-se atualmente que a temperatura da terra está realmente aumentando, o que provoca a diminuição na população de espécies, o aumento de furacões e tornados, efeitos biológicos e socioeconômicos (Artaxo, 2014). Como exemplo disso, a temperatura no hemisfério norte variou de 9 a 11°C nos períodos glaciais e cresceu nos períodos interglaciais de 14 a 16°C (Lombardo, 1994).

Segundo Blank (2015, p. 158), a Terra sempre passou por ciclos naturais de aquecimento e resfriamento, da mesma forma que períodos de intensa atividade geológica lançaram à superfície quantidades colossais de gases que formaram de tempos em tempos uma espécie de bolha gasosa sobre o planeta, criando um efeito estufa natural. Ocorre que, atualmente, a atividade industrial está afetando o clima terrestre na sua variação natural, o que sugere que a atividade humana é um fator determinante no aquecimento.

Um dos maiores desafios da atualidade refere-se as emissões de gases de efeito estufa pós-industrialização. Tal questão tornou-se um fator de esforços internacionais com o objetivo de mitigar os efeitos das mudanças climáticas (Araujo; Costa, Makuch, 2022).

Para mitigar os efeitos das mudanças climáticas, é necessário compreender a política e o contexto sociocultural de cada país, porém considerando o objetivo global do problema (Lombardo, 1994).

A poluição do ar interfere no bem-estar humano, podendo impactar negativamente na saúde das pessoas e ao meio ambiente (Lacava, 2003). Além disso, os poluentes atmosféricos podem prejudicar a vegetação, gerar deposições ácidas, danos aos materiais e odores (Montali, 2010).

O poluente atmosférico pode ser definido como um tipo de energia e matéria cujas características estão em desacordo com os padrões estabelecidos pela legislação (CETESB, 2023).

Os poluentes podem ser classificados como primários, onde a forma de emissão pela fonte pode impactar o meio ambiente e secundário que são obtidos a partir de reações dos poluentes primários e compostos encontrados naturalmente no ambiente (Montali, 2010).

No quesito de categoria, as fontes de emissão de poluentes podem ser naturais, como por exemplo emissões vulcânicas, incêndios florestais, aerossóis dos oceanos, processos microbiológicos, etc (Kawashima, 2015).

Há também a fonte de emissão de poluentes antropogênica na qual a origem se deve as atividades humanas, são elas: refino de petróleo, queima de combustíveis fósseis e não fósseis, indústrias de transformação, indústrias extrativistas e a ressuspensão de poeira pelos meios de transporte (Kawashima, 2015).

Ainda segundo Kawashima (2015), a legislação brasileira exige controle dos poluentes: material particulado (MP), dióxidos de enxofre (SO<sub>x</sub>), monóxido de carbono (CO), oxidantes fotoquímicos como o ozônio (O<sub>3</sub>), hidrocarbonetos (HC) e óxidos de nitrogênio (NO<sub>x</sub>).

A tabela a seguir apresenta a origem dos poluentes atmosféricos controlados pela legislação brasileira.

**Tabela 1 – Origem dos poluentes atmosféricos controlados pela legislação brasileira**

<b>Poluentes</b>	<b>Origem</b>
Dióxidos de enxofre (SO <sub>x</sub> )	Queima de combustível que contém enxofre, como óleo diesel, óleo combustível industrial e gasolina
Monóxido de carbono (CO)	Reação de CO com CO <sub>2</sub> não se completa, principalmente pela deficiência de oxigênio próximo às moléculas de hidrocarbonetos durante a combustão
Oxidantes fotoquímicos como o ozônio (O <sub>3</sub> )	Mistura de poluentes secundários formados por reações entre os óxidos de nitrogênio e compostos orgânicos voláteis, na presença de luz solar, sendo estes últimos liberados na queima incompleta e evaporação de combustíveis e solventes
Hidrocarbonetos (HC)	Resultado da queima incompleta dos combustíveis
Óxidos de nitrogênio (NO <sub>x</sub> )	Formados durante o processo de combustão

Source: adaptado de CETESB (2023) e Kawashima (2015)

Nota-se, conforme apresentado no quadro anterior que os poluentes atmosféricos controlados pela legislação brasileira são gerados principalmente por fontes antropogênicas. Diante desse contexto, diretrizes precisam ser criadas para minimizar a geração de poluentes atmosféricos, como por exemplo, a aplicação de tecnologias.

### 1.1.1 Tecnologias aplicáveis ao controle de emissões atmosféricas

Nas últimas décadas, houveram avanços tecnológicos que impactaram a sociedade nos contextos social, político e econômico. É possível afirmar que é a Sociedade da Informação e do Conhecimento devido as inovações propostas pelas Tecnologias de Informação e Comunicação - TICs (Pereira; Silva, 2010).

O termo Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC) refere-se à conjugação da tecnologia computacional ou informática com a tecnologia das telecomunicações e tem na Internet (Miranda, 2007, p. 43).

As TICs passaram a ser notadas no Brasil no início do século XXI, onde foram criadas políticas públicas para impulsionar a criação de potenciais novas tecnologias (Pereira; Silva, 2010).

Diante do exposto sobre tecnologias, a *IoT - Internet of Things* surgiu diante do aperfeiçoamento de outras tecnologias, como por exemplo sistemas embarcados, microeletrônica, comunicação e sensoriamento (Loureiro et al., 2013).

A *IoT* é um mecanismo que possibilita que os objetos possam ser acessados como provedores de serviços, podendo ser usada em diferentes atividades humanas e é um prolongamento da internet atual a qual gera diversas melhorias nos setores industriais e acadêmicos (Loureiro et al., 2013).

No âmbito industrial a *IoT* gera uma rede eficiente entre sistemas, equipamentos e indivíduos na empresa como um todo por meio do ciclo de vida do produto Carvalho; Gomes, 2018).

Como exemplo prático, a *IoT* possibilita o monitoramento da temperatura de determinado equipamento e caso haja alguma irregularidade na temperatura programada, é possível disparar alertas via internet para o próprio equipamento ou até mesmo para aos gestores responsáveis (Sacomano et al., 2018).

Já a tecnologia *Big Data* foi criada através de investimentos e avanços técnicos dos últimos anos, com o intuito de gerenciar dados, de maneira que este seja independente no âmbito físico e lógico e que o custo seja o menor possível (Agrawal et al. 2011).

Para Sacomano et al., (2018, p. 37) *Big Data* pode ser definido como:

Massa de informações geradas por todo sistema, seja ele produtivo, comercial, marketing e outros, que precisa ser bem analisada, pois há riquezas de detalhes que podem significar o sucesso de qualquer empresa, desde que bem utilizados.

A *Big Data* é comumente encontrada em mídias sociais (LinkedIn, Facebook, Instagram e etc), call center, pesquisa biológica e pesquisa no campo da medicina. No caso das mídias sociais, é possível medir o sentimento do consumidor e com relação a equipamentos é possível prevenir potenciais manutenções de um motor a jato por exemplo (Davenport, Barth; Bean, 2012).

Para Agrawal et al. (2011), a *Big Data* proporcionou a tomada de decisões com base em dados efetivos que podem ser aplicados em diversas áreas. Caso haja investimentos contínuos, a *Big Data* será aperfeiçoada cada vez mais pelas futuras gerações que darão continuidade aos avanços tecnológicos.

Os sistemas cyber físicos – *cyber-physical systems (CPS)* são sistemas que controlam dados diversos (Sacomano et al., 2018). Os CPS podem ser sistemas de energia elétrica, aeronáutica, gerenciamento ambiental, estruturas inteligentes, monitoramento de processos, telepresença e etc. (Chandy, 2010).

Esses sistemas permitem o gerenciamento de dados em tempo real por meio da comunicação com o ambiente virtual com a utilização de interfaces gráficas fáceis de interpretação, levando assim a reprogramação ou tomada de ação em um sistema produtivo (Sacomano et al., 2018).

Para Chandy (2010) os *CPS* podem proporcionar mais segurança aos veículos, através da incorporação da inteligência aos carros e diminuir as emissões dos gases de efeito estufa com a eficiência energética em projetos de sistemas de iluminação e ar condicionado.

No que se refere a adaptação às mudanças climáticas, não existem estudos consideráveis e significativos sobre a utilização das tecnologias de informação e comunicação (TICs) para o monitoramento e resposta às modificações do clima por consequência das empresas no Brasil (FGVces, 2013).

Porém, existem casos de empresas/organizações/indústrias que vem progredindo no desenvolvimento de soluções de tecnologias de informação e comunicação para monitoramento de dados climáticos. Como alguns exemplos de empresas que fizeram o uso das TICs e relataram o desenvolvimento de soluções que colaboraram para a gestão das emissões de GEE e/ou riscos climáticos, tem-se: a Telefônica Vivo, a Braskem, Anglo American e Natura (FGVces, 2013).

A Telefônica Vivo desenvolveu um dos projetos mais interessantes no que se refere a Smart Logistics no Brasil, o chamado Smart Bus. Este projeto refere-se à implantação da tecnologia High Speed Packet Access (HSPA) no transporte público da cidade de Curitiba. Este projeto oferece conexão 3G aos ônibus, permite aos cidadãos recarregarem seus cartões de transporte em qualquer estação de ônibus e permite que os motoristas façam trajetos mais curtos fazendo com que haja a redução da emissão de CO<sub>2</sub>. Ou seja, este projeto traz contribuições sociais, econômicas e ambientais, uma vez que diminui o congestionamento das cidades, o consumo de combustível, e assim, reduz a emissão de carbono (FGVces, 2013).

Já a Braskem faz a utilização das TICs para a realização de Avaliações do Ciclo de Vida (ACV) dos seus produtos, a qual engloba uma vasta coleta de dados além de um amplo conjunto de cálculos e conceitos. Como benefícios tem-se a redução significativa das emissões devido as inovações em processos e substituição de matérias-primas, entre outras vantagens (FGVces, 2013).

Outras duas empresas que fazem o uso de tecnologias para controlar suas emissões é a Anglo American e a Natura. A primeira utiliza o Sistema Enablon, que monitora os dados de consumo e produção e mede as emissões da empresa através dos fatores de emissão. Já a Natura, faz o uso da planilha de Excel a qual auxilia na elaboração do inventário de gases de efeito estufa da indústria (FGVces, 2013).

Vale ressaltar que as tecnologias são meios para resolver os mais diversos problemas, no entanto, a tomada de decisões deve ser realizada pelo ser humano a qual possui inteligência para isso (Sacomano et al., 2018).

## 2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Este artigo optou pela abordagem qualitativa, pesquisa aplicada com relação a natureza e de objetivo exploratório.

A pesquisa qualitativa realiza a coleta de dados em campo sobre o tema estudado na qual todos os agentes envolvidos são considerados, na sequência os dados são analisados de forma integrada para a compreensão de determinado fenômeno (GODOY, 1995).

O método qualitativo utiliza a compreensão de dados de forma não-métrica, ou seja, busca-se analisar e interpretar as informações para a explicação de algo, mas sem comprovação alguma de determinado fato (Gerhardt; Silveira, 2009).

Ainda de acordo com Gerhardt e Silveira (2009) a pesquisa qualitativa possui algumas características, tais como resultados precisos, explicação e compreensão de algo, diferenciação entre o mundo natural e social de um fato, etc.

Já a pesquisa aplicada tem como foco situações reais, normalmente voltados a determinados problemas, considerando situações locais (Gerhardt; Silveira, 2009).

A pesquisa exploratória tem como intuito apresentar determinado fenômeno de forma abrangente e é comumente empregado nesse tipo de pesquisa estudos de caso, entrevistas e busca por documentos e material bibliográfico (GIL, 2008).

De acordo com Gil (2008) a pesquisa exploratória cria possibilidades para estudos posteriores, pois em alguns casos estuda assuntos que não são muito explorados, delimitando assim uma primeira etapa de pesquisa.

Este trabalho contou com o levantamento de artigos, dissertações, livros e informações de fontes governamentais. A pesquisa é do tipo documental e bibliográfica, onde optou-se pela busca em plataformas

conhecidas e que possuem alto nível de referencial teórico e documental, tais como Periódico Capes, Scielo e Google acadêmico.

Os resultados foram obtidos por meio da fundamentação teórica a qual relacionou o conceito de mudanças climáticas e poluição atmosférica com as tecnologias da informação e comunicação - TICs.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

É comprovado por meio de estudos que as mudanças climáticas existem e que trazem consequências negativas para a saúde, seres humanos e ao meio ambiente. Quando se trata de mudanças climáticas, um fator preocupante são os gases de efeito estufa – GEE que advém dos poluentes atmosféricos.

Os poluentes atmosféricos são decorrentes de origem natural tais como incêndios florestais e de origem antropogênica como por exemplo a queima de combustíveis fósseis.

Foi comprovado também que as tecnologias da informação e comunicação – TICs são úteis para minimização e/ou mitigação dos poluentes atmosféricos, como evidenciado em casos reais das empresas Telefônica Vivo, a Braskem, Anglo American e Natura.

As TICs são tecnologias que vieram para solucionar problemas em diversos segmentos. Acredita-se que haverá investimentos nas TICs nos próximos anos e que serão aperfeiçoadas com o passar do tempo pelas futuras gerações.

Com a IoT, no ramo industrial é possível cadastrar os parâmetros de emissão dos poluentes correspondentes aos equipamentos existentes na empresa conforme regulamentação das legislações aplicáveis. Os parâmetros a serem cadastrados devem considerar os limites médios para que a primeira alerta seja um indicativo de que o parâmetro está próximo ao limite aceitável. E a segunda alerta seria quando houver o atingimento do limite máximo aceitável.

A IoT pode ser incorporada no âmbito das cidades sustentáveis e inteligentes, onde todos os tipos de veículos (ônibus, caminhões, carros e motocicletas) podem ser controlados para que emitam menos poluentes, contribuindo assim para a minimização das mudanças climáticas.

A utilização da *Big Data* em indústrias e frotas de transporte pode intensificar as manutenções preventivas de maneira a reduzir as manutenções corretivas de máquinas, equipamentos e veículos, gerando assim impactos positivos no quesito de emissões. Outra colaboração, seria com relação ao meio ambiente, pois haverá menos quebra de equipamentos e veículos, gerando menos resíduos advindos destes, menor consumo de energia, consumo de matérias primas e prevenção de possíveis vazamentos de óleos e outros produtos químicos.

A *Big Data* também pode ser implementada nas cidades de maneira que toda a frota de transporte passe por manutenções periódicas com o intuito de preservar as condições do veículo, emitindo assim uma quantidade menor de poluentes.

Os sistemas *CPS* possibilitam o monitoramento do processo produtivo em tempo real, permitindo o acompanhamento de emissões a todo momento, o que facilita a tomada de decisões com base em dados e de forma rápida.

Com os sistemas *CPS*, é possível a construção de sistemas voltados para projetos de iluminação e ar condicionado diminuindo o consumo de energia elétrica, minimizando assim a emissão de gases de efeito estufa gerados a partir da queima de combustíveis fósseis.

A tabela a seguir apresenta de forma resumida a aplicação das tecnologias para minimizar a geração de poluentes atmosféricos principalmente no ramo industrial.

**Tabela 2 – Tecnologias para minimizar a geração de poluentes atmosféricos**

TICS	Sugestão de aplicabilidade	Referência Bibliográfica
IoT	Equipamentos emissores de gases que contribuem com as mudanças climáticas: Programação de parâmetros médios e máximos de emissões de poluentes para controle de potenciais desvios.	(Sacomano <i>et al.</i> , 2018).
IoT	Transporte de mercadorias: Programação dos parâmetros médios e máximos de emissões de poluentes para controle de potenciais desvios.	(Sacomano <i>et al.</i> , 2018).
Big Data	Manutenções preventivas de equipamentos diversos da indústria e veículos.	adaptado de (Davenport; Barth; Bean, 2012)
Big Data	Manutenções preventivas da frota de transporte de mercadorias e colaboradores.	adaptado de (Davenport; Barth; Bean, 2012)
CPS	Monitoramento de processos produtivos em tempo real.	(Sacomano <i>et al.</i> , 2018)
CPS	Sistemas de energia elétrica e ar condicionado.	(Chandy, 2010).

Source: From authors (2023)

Vale salientar que as TICs (IoT, Big Data e CPS) devem ser aplicadas conforme a necessidade desejada, no caso de uma indústria, deve-se prever os recursos necessários conforme o segmento e o planejamento estratégico.

## CONCLUSÃO

A intensa produção de bens após as revoluções industriais causou uma série de problemas ambientais, como por exemplo, a intensa emissão de poluentes atmosféricos que modificaram a composição da atmosfera gerando o aumento da temperatura da terra.

O material particulado (MP), dióxidos de enxofre (SOX), monóxido de carbono (CO), oxidantes fotoquímicos como o ozônio (O3), hidrocarbonetos (HC) e óxidos de nitrogênio (NOX) são os poluentes atmosféricos controlados pela legislação brasileira e sua geração advém em grande parte de fontes antropogênicas.

Os poluentes atmosféricos dão origem as mudanças climáticas que trazem danos à saúde, podem gerar deposições ácidas e danos materiais. Ações globais devem ser criadas para combater as mudanças climáticas, levando em consideração a realidade de cada país.

Por outro lado, os avanços tecnológicos foram se desenvolvendo ao mesmo tempo que os problemas climáticos, surgindo assim as TICs – tecnologia da informação e comunicação que deram origem a tecnologias como IoT, Big data e Sistemas cyber físicos.

Estes possibilitam o gerenciamento de equipamentos, transportes, manutenções, processo produtivo, sistemas de energia elétrica e solar com um único propósito, minimizar e/ou mitigar as emissões.

O artigo comprovou também que existem exemplos práticos de uso de tecnologias para resolução de diversos problemas ambientais. Dessa forma conclui-se que as tecnologias são capazes de combater as causas das mudanças climáticas, seja no âmbito de empresas ou até de cidades inteligentes.

Como sugestão de artigos futuros, recomenda-se o aprofundamento de outras tecnologias que possam ser favoráveis as mudanças climáticas, ampliando assim o debate sobre esse tema.

## AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.



## REFERÊNCIAS

- ANGELIDOU, MARGARITA. et al. Aprimorando o desenvolvimento urbano sustentável por meio de aplicativos de cidades inteligentes. *Journal of Science and Technology Policy Management*, 2017.
- APPIO, F. P.; LIMA, M.; PAROUTIS, S. Understanding Smart Cities: Innovation ecosystems, technological advancements, and societal challenges. *Technological Forecasting and Social Change*, v. 142, p. 1-14, 2019.
- ARAÚJO, C. A. A. Bibliometria: evolução histórica e questões atuais. *Em Questão*, v. 12 (1), 2006.
- BECK, D. F.; CONTI, D. M. The Role of Urban Innovativeness, Smart Governance, and Smart Development in the Urban Smartness. *Humanidades & Inovação*, v. 8, n. 49, p. 141-151, 2021.
- BENTO, S. C.; CONTI, D. M.; BAPTISTA, R. M.; GHOBRI, C. N. As novas diretrizes e a importância do planejamento urbano para o desenvolvimento de cidades sustentáveis. *Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade*, v. 7, n. 3, p. 469-488, 2018.
- BIRIBI, S. E.; KROGSTIE, J. The emerging data-driven Smart City and its innovative applied solutions for sustainability: the cases of London and Barcelona. *Energy Informatics*, v. 3, n. 1, 2020.
- BISCOLI, F.R.V.; SILVEIRA, A.D.; CARVALHO, A.P.; CUNHA, S.K. Dimensões daecoinovação em empresas instaladas nos parques tecnológicos do estado do Paraná. *Revista Competitividade e Sustentabilidade - ComSuS*. V3. N1. 2016.
- CHÁFER, M. et al. Trends and gaps in global research of greenery systems through a bibliometric analysis. *Sustainable Cities and Society*, v. 65, n. October 2020, 2021.
- CHEN, Z.; DONG, B.; PEI, Q.; ZHANG, Z. The impacts of urban vitality and urban density on innovation: Evidence from China's Greater Bay Area. *Habitat International*. V119. 2022.
- COMISSÃO MUNDIAL SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO - CMMAD. *Nosso Futuro Comum*. 2 ed. Rio de Janeiro: Editora da Fundação Getúlio Vargas, 1991.
- CONTI, D. M.; GUEVARA, A. J. H.; HEINRICHS, H.; SILVA, L. F.; QUARESMA, C. C.; BETÉ, T. S. Collaborative governance towards cities sustainability transition. *URBE. Revista Brasileira de Gestão Urbana*, v. 11, 2019.
- CORREIA, S. É. N. et al. Inovação Social para o Desenvolvimento Sustentável: um caminho possível. *Administração Pública e Gestão Social*, v. 10, n. 3, p. 199-212, 2018.
- DENYER, D.; TRANFIELD, D. *Producing a Systematic Review The SAGE Handbook of Organizational Research Methods*, 2009.
- FUSCO GIRARDI, L. Toward a smart sustainable development of port cities/areas: The role of the "Historic Urban Landscape" approach. *Sustainability*, v. 5, n. 10, p. 4329-4348, 2013.
- JAIN, M; ROHRACHER, H. Assessing transformative change of infrastructures in urban areas redevelopments. *Cities*. V124. 2022.
- KNISS C. T.; AGUIAR A. O.; CONTI, D. M.; PHILLIPPI Jr., A. Inovação urbana e recursos humanos para gestão de cidades sustentáveis. *Estudos Avançados*, v. 33, p. 119-136, 2019.
- KORONEOS, C. J.; ROKOS, D. Sustainable and integrated development—A critical analysis. *Sustainability*, v. 4, n. 1, p. 141-153, 2012.
- MORA, L.; DEAKIN, M.; REID, A. Strategic principles for smart city development: A multiple case study analysis of European best practices. *Technological Forecasting and Social Change*, v. 142, n. March 2018, p. 70–97, 2019.
- PAPA, A. et al. E-health and wellbeing monitoring using smart healthcare devices: An empirical investigation. *Technological Forecasting and Social Change*, v. 153, p. 119226, Apr. 2020.
- PEREIRA, G. V.; LUNA-REYES, L. F.; GIL-GARCIA, J. R. Governance innovations, digital transformation and the generation of public value in Smart City initiatives. *Proceedings of the 13th International Conference on Theory and Practice of Electronic Governance*. New York, NY, USA: ACM, 23<sup>rd</sup> Sept. 2020. Available at: <https://dl.acm.org/doi/HYPERLINK>  
<https://dl.acm.org/doi/10.1145/3428502.3428592>
- SANTOS, B. A.; BRANDÃO, M. *Redalyc. Estudo bibliométrico: orientações sobre sua aplicação*. 2016.

- SAROSH, P. et al. Secret Sharing-based Personal Health Records Management for the Internet of Health Things. *Sustainable Cities and Society*, v. 74, 2021.
- SAXENIAN, A. *Regional advantage: Culture and competition in Silicon Valley and route 128*. Harvard University Press. 1996.
- SCHAFFERS, H.; RATTI, C.; KOMINOS, N. Special issue on smart applications for smart cities - new approaches to innovation: Guest editors' introduction. *Journal of Theoretical and Applied Electronic Commerce Research*, v. 7, n. 3, 2012.
- SCHUMPETER, J. *A teoria do desenvolvimento econômico*. Nova Cultural, São Paulo, 1988.
- SILVEIRA, L.M.; DALMARCO, G.; PETRINI, M.; NEUTZLING, D.M. *Inovação e Desenvolvimento Sustentável: uma análise sistemática da produção científica internacional*. Developed by: *Revista de Gestão UNILASALLE*. V5. N1. 2016.
- SOE, R. M.; SARV, L.; GASCO-HERNANDEZ, M. Systematic Mapping of Long-Term Urban Challenges. *Sustainability*, v. 14, n. 2, p. 817, 12 Jan. 2022.
- UN-HABITAT. *WORLD CITIES REPORT 2020 – The Value of Sustainable Urbanization*. Available at: <https://bit.ly/3mZrKWw>>. (Accessed: 15 May 2022).
- WEISS, M.C. *Cidades Inteligentes: proposição de um modelo avaliativo de prontidão de tecnologias da informação e comunicação aplicáveis à gestão urbana*. *Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional*. V15. N4. P. 243- 265. Taubaté, SP, Brasil. 2019.
- XIAO, Y.; WATSON, M. Guidance on Conducting a Systematic Literature Review. *Journal of Planning Education and Research*, v. 39, n. 1, p. 93–112, 2019.