

Propostas para a redução de emissões de gases de efeito estufa no setor de energia urbana: um estudo de caso em Ponta Grossa, PR

Proposals for the reduction of greenhouse gas emissions in the urban energy sector: a case study in Ponta Grossa, PR

Isabella de Oliveira¹, Matheus Slompo², Daniel Poletto Tesser³, Jonathan Vinicius da Silva⁴, Regina Negri Pagani⁵

RESUMO

Com o rápido crescimento urbano, observa-se um aumento expressivo nas emissões de GEE (Gases de Efeito Estufa) provenientes de atividades humanas. Essas emissões contribuem para o fenômeno do aquecimento global, que, caso não seja controlado, terá consequências sérias tanto ambientais quanto socioeconômicas. Portanto, torna-se imperativo desenvolver estratégias eficazes para reduzir as emissões de GEE nas áreas urbanas, com um plano de ação bem concebido. Este trabalho tem como objetivo apresentar medidas específicas para a redução das emissões de GEE na cidade de Ponta Grossa. Para alcançar essa meta, adotou-se uma abordagem metodológica com pesquisa bibliográfica, utilizando o método Methodi Ordinatio, visando aprofundar o entendimento sobre o assunto e consolidar as melhores práticas de redução de emissões. Além disso, foram analisados dados de emissões de GEE em Ponta Grossa, resultando na formulação de propostas específicas alinhadas às necessidades da cidade. As propostas concentram-se no setor de energia (representando 61% das emissões). Elas incluem incentivos ao uso de bicicletas como meio de transporte, a implementação de um transporte público coletivo eficiente com veículos de baixa emissão e outras medidas destinadas a reduzir o consumo de combustíveis. A aplicação dessas ações na cidade possui um substancial potencial para a redução das emissões de GEE.

PALAVRAS-CHAVE: gases de efeito estufa; GEE; redução de emissões; smart cities.

ABSTRACT

With rapid urban growth, there is a significant increase in greenhouse gas emissions from human activities. These emissions contribute to the phenomenon of global warming, which, if not controlled, will have serious environmental and socioeconomic consequences. Therefore, it is imperative to develop effective strategies to reduce GHG emissions in urban areas, with a well-designed action plan. This study aims to propose specific measures to reduce GHG emissions in the city of Ponta Grossa. To achieve this goal, a methodological approach was adopted with bibliographical research, using the Methodi Ordinatio methodology, aiming to deepen the understanding of the subject and consolidate the best practices for reducing emissions. Furthermore, GHG emissions data in Ponta Grossa were analyzed, resulting in the formulation of specific proposals aligned with the city's needs. The proposals focus on the energy sector (representing 61% of emissions). They include incentives for the use of bicycles as a means of transport, the implementation of efficient public transport with low-emission vehicles and other measures aimed at reducing

¹ Aluna PIVIT. Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Ponta Grossa, Paraná, Brasil. E-mail: isabellaoliveira1108@gmail.com. ID Lattes: <https://lattes.cnpq.br/4643855003958417>.

² Aluno PIVIT. Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Ponta Grossa, Paraná, Brasil. E-mail: slompo@alunos.utfpr.edu.br ID Lattes: <https://lattes.cnpq.br/6988114683221377>.

³ Docente no Curso de Engenharia de Produção/Departamento Acadêmico de Engenharia de Produção. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, Paraná, Brasil. E-mail: danieltesser@utfpr.edu.br. ID Lattes: 8749567905228147.

⁴ Bolsista do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC) Fundação Araucária. Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Ponta Grossa, Paraná, Brasil. E-mail: jonathansilva.2018@alunos.utfpr.edu.br. ID Lattes: <http://lattes.cnpq.br/1529149824987436>.

⁵ Docente no Departamento Acadêmico de Engenharia de Produção (DAENP) e Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção (PPGEP), Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Ponta Grossa, Paraná, Brasil. E-mail: reginapagani@utfpr.edu.br. ID Lattes: <http://lattes.cnpq.br/7472869600330564>.



fuel consumption. The application of these actions in the city has substantial potential for reducing GHG emissions.

KEYWORDS: greenhouse gases; emissions reduction; smart cities.

INTRODUÇÃO

As cidades, como complexos núcleos de convivência humana, desempenham um papel de destaque na dinâmica global contemporânea. Elas são verdadeiros cenários de interações sociais, econômicas e culturais, onde uma miríade de indivíduos e comunidades se encontram e se entrelaçam (JR; BRUNA, 2019).

No entanto, este protagonismo urbano também traz consigo desafios significativos, que reverberam muito além dos limites das áreas metropolitanas. O crescimento urbano vertiginoso desde a Revolução Industrial trouxe consigo uma consequência notável e preocupante: o aumento exponencial das emissões de GEE, resultado das atividades humanas (AGUIAR et al., 2016). Este fenômeno, de caráter global, coloca cidades como Ponta Grossa diante de desafios prementes.

Autores como Feng e Zhang (2012) revelam que as cidades consomem quase 75% da energia mundial e contribuem com mais de 80% das emissões de GEE do planeta, apesar de ocuparem apenas 2% da superfície terrestre. Nesse contexto, emerge a necessidade premente de abordar as questões relacionadas ao consumo de energia e emissões de GEE de maneira efetiva e sustentável, desta forma, este trabalho tem como objetivo central apresentar propostas para a redução destas emissões.

MATERIAIS E MÉTODOS

A revisão bibliográfica sistematizada (RBS) deste estudo empregou a metodologia de pesquisa *Methodi Ordinatio*. (PAGANI et al., 2015; PAGANI et al., 2017; PAGANI et al., 2022).

As bases de dados Web of Science, Science Direct e Scopus foram definidas como fontes para a pesquisa. Inicialmente, as buscas foram conduzidas com base em títulos, artigos revisados e anos de publicação, sendo configuradas da seguinte maneira:

- "Sustainable Smart Cities" E "Emissions," com artigos revisados pela Sustainable Cities and Society-Journal of Cleaner Production, no período de 2022 a 2019.
- "IPCC" E "Climate Change," com artigos revisados pela Sustainable Cities and Society-Journal of Cleaner Production, no período de 2022 a 2019.
- "EMISSION MITIGATION" E "CITIES," com artigos revisados pela Sustainable Cities and Society-Journal of Cleaner Production, no período de 2022 a 2019.

A pesquisa se limitou a um período específico, permitindo assim o uso dos dados mais atualizados disponíveis na literatura para embasar a fundamentação teórica. A seleção dos periódicos foi pautada na maior correlação destes com o tema da pesquisa e em sua qualidade.

Os resultados das buscas seguem apresentados no Quadro 1.

Quadro 1 – Resultado das buscas através do *Methodi Ordinatio*

Sintaxe da pesquisa	Web of Science	Science Direct	Scopus	Total
---------------------	----------------	----------------	--------	-------

<i>“Sustainable Smart Cities” AND “Emissions”</i>	7	4	8	19
<i>“IPCC” AND “Climate Change”</i>	9	5	29	43
<i>“EMISSION MITIGATION” AND “CITIES”</i>	5	14	25	44

Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

Durante a execução do processo de filtragem, foram retiradas duplicatas, livros e conferências. Como resultado, definiu-se 35 artigos para compor o conjunto final para leitura.

EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA EM PONTA GROSSA

Os dados de emissões de GEE em Ponta Grossa foram obtidos da plataforma SEEG (Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa), desenvolvida pelo Observatório do Clima em 2013 para estimar as emissões anuais de GEE em cidades brasileiras. Os dados mais recentes são apresentados no Quadro 2.

Quadro 2 - Classificação e quantificação de emissões em setores de Ponta Grossa em TCO2e

Setores	Emissões de 2019 (TCO2e)	Percentual (%)
Agropecuária	132.738,0	12,96%
Energia	620.915,1	60,61%
Mudança de Uso da Terra e Florestas	123.237,0	12,03%
Resíduos	147.491,7	14,40%
Total Geral	1.024.381,8	100,00%

Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Conforme indicado no Quadro 2, a maioria das emissões em Ponta Grossa provém do setor de energia (61%), abrangendo tanto o consumo energético nos meios de transporte quanto o consumo de energia elétrica. Portanto, é nesse contexto que se deve concentrar a principal atenção no planejamento de estratégias de redução.

De acordo com dados compilados pela plataforma SEEG (2019) no âmbito do Setor de Energia, observa-se que a principal fonte de emissões é o setor de transporte, com 87,14%. Tal fenômeno é atribuído ao uso de combustíveis fósseis nos veículos, como diesel de petróleo e gasolina automotiva. Em segundo lugar, o consumo de energia residencial representa 6,48% das emissões, um valor relativamente baixo, devido à predominância de fontes de energia renovável no estado do Paraná. De acordo com os dados fornecidos pelo Balanço Energético Nacional (2022), as principais formas de geração de energia no estado incluem hidroelétricas (81,5%) e energia eólica (9%).

PROPOSTAS PARA REDUÇÃO DE EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA

Em Ponta Grossa, o transporte individual motorizado é a principal modalidade de deslocamento. De acordo com a contagem volumétrica realizada no Plano de Mobilidade de Ponta Grossa (2019), o automóvel é o modal de transporte predominante, representando 85% do total. Em contraste, o uso de motocicletas corresponde a apenas 6,9%, o transporte público por ônibus a 2,5%, e o uso de bicicletas a meros 0,6%.



Diante desses dados é essencial aprimorar o transporte público na cidade, aumentando a disponibilidade de ônibus em circulação e reduzindo a dependência dos automóveis particulares. (IPLAN, 2019). Desta forma, foram identificadas ações que podem ser implementadas para tornar o transporte público de Ponta Grossa mais atrativo e aumentar sua utilização, são elas:

Quadro 3 - Ações adicionais que podem ser implementadas para tornar o transporte público de Ponta Grossa mais atrativo

Ação	Sobre	Dificuldades e soluções
Proporcionar qualidade para o sistema de transporte público coletivo. (SEEG, 2023).	Para promover a adesão ao transporte público, é imprescindível garantir sua qualidade, conforto e eficiência.	Os ônibus em Ponta Grossa sofrem com superlotação em horários específicos. Uma solução viável seria reavaliar e ajustar as rotas e horários para melhor distribuir a demanda ao longo do dia.
Redução do valor das tarifas cobradas ao usuário do sistema de transporte público coletivo. (SEEG, 2023).	Em Ponta Grossa, o financiamento do transporte público é baseado nas tarifas pagas pelos usuários, o que encarece o serviço. É reavaliar a remuneração das concessionárias para evitar que um sistema superlotado seja vantajoso para o operador.	O principal desafio são as restrições orçamentárias, e a redução das tarifas pode afetar as receitas das empresas operadoras. Uma alternativa viável é buscar subsídios, utilizando a cobrança de externalidades negativas do transporte individual motorizado como fonte de receita adicional.
Implementação de faixas exclusivas e corredores de ônibus. (SEEG, 2023).	A criação de faixas exclusivas e corredores de ônibus reduz a competição por espaço viário entre ônibus e automóveis, resultando em viagens mais rápidas, economia de combustível e menor emissão de poluentes.	Os desafios são o alto custo e a falta de espaço nas ruas. Propõe-se conduzir um estudo detalhado do sistema viário existente para identificar trechos onde faixas exclusivas possam ser criadas, mesmo que parcialmente.
Promover a conscientização da população. (SEEG, 2023).	A conscientização dos cidadãos sobre a diminuição do uso de veículos particulares é essencial.	O desafio central é incentivar a mudança de comportamento em direção a práticas de transporte mais sustentáveis. Isso envolve um processo contínuo de educação e conscientização.
Tornar o transporte público mais inteligente	O aprimoramento do transporte público pode ser alcançado por meio de medidas como monitoramento em tempo real, aplicativos móveis, pagamento eletrônico, integração de diferentes modos de transporte e infraestrutura inteligente.	Em Ponta Grossa, o sistema de transporte público atualmente não dispõe de opções de pagamento eletrônico, dependendo exclusivamente de dinheiro nos ônibus. Além disso, a recarga e consulta de saldo dos cartões exigem presença física no terminal e espera em filas. Para abordar essas questões, uma solução viável seria o desenvolvimento de um aplicativo que centralizasse todos os serviços relacionados ao cartão de ônibus.

Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Outra alternativa para reduzir as emissões de poluentes na cidade é a adoção de veículos elétricos, esses veículos utilizam a energia armazenada em suas baterias internas para acionar o motor elétrico responsável pela locomoção. As baterias podem ser recarregadas por meio de conexão com carregadores externos ou pela rede elétrica, possibilitando a reposição de energia para futuras viagens. Esse conceito é abordado por Lima, Silva e Neto (2019), e suas vantagens e desafios são detalhadas no Quadro 4 a seguir.

Quadro 4 - Vantagens e desvantagens dos ônibus elétricos

Ônibus totalmente Elétrico	
Vantagens	Redução da poluição ambiental e sonora; menor custo operacional a longo prazo; maior eficiência energética; menor necessidade de manutenção; maior conforto para os passageiros devido à menor vibração e ruído, e a possibilidade de integração com fontes de energia renovável, como a energia solar. (LIMA; SILVA; NETO, 2019)..
Desafios	Alto custo inicial de investimento, tanto no veículo quanto na infraestrutura de carregamento. Além disso, eles dependem de diferentes opções de carregamento, o que dificulta sua incorporação em rotas muito longas ou que operam por 24 horas. Falta de flexibilidade e experiência operacional em comparação com os ônibus a diesel, além da dificuldade de revenda dos veículos para cidades menores. Os operadores também podem apresentar aversão ao risco em relação a uma nova tecnologia. (LIMA; SILVA; NETO, 2019). Outro desafio se relaciona às baterias instaladas nos veículos, as de íons de lítio são amplamente utilizadas devido à sua alta energia específica e eficiência na operação. Embora possam ser recicladas, os custos ainda são elevados. (LIMA; SILVA; NETO, 2019).

Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

A bicicleta se caracteriza por sua sustentabilidade ambiental, sua promoção da atividade física e sua eficiência espacial em comparação com o automóvel. A promoção do uso da bicicleta demanda a implementação de políticas de comunicação e educação, bem como a provisão de infraestrutura segura, notadamente ciclovias e ciclofaixas com delimitações adequadas. Além disso, a criação de infraestrutura de apoio, como bicicletários e sistemas de compartilhamento de bicicletas, se revela essencial para facilitar a integração desse modal no contexto do sistema de transporte urbano. (PEREIRA, 2018).

Um estudo conduzido pelo Plano de Mobilidade de Ponta Grossa (2019) revelou que 70% da população avalia negativamente a qualidade das ciclovias da cidade. Além disso, 50% dos ciclistas as utilizam como meio de transporte para o trabalho e 60% dos ciclistas utilizam mais de três vezes por semana. Diante desses dados, surge a oportunidade de expandir e aprimorar o sistema de ciclovias em Ponta Grossa.

Uma proposta viável seria a construção de ciclovias que conectem áreas periféricas ao terminal central da cidade. Isso contribuiria significativamente para melhorar a mobilidade e promover o uso da bicicleta como meio de transporte sustentável. Isso permitirá que a população dessas regiões utilize bicicletas próprias ou compartilhadas para chegar ao terminal central, facilitando a combinação com o transporte público, se necessário.

CONCLUSÃO

Neste estudo, identificou-se que o setor de energia é o principal contribuinte para as emissões de GEE em Ponta Grossa. Como solução, é necessário direcionar esforços para melhorar o transporte público e promover o uso de bicicletas como alternativas sustentáveis.

A expansão das ciclovias na cidade é essencial para incentivar o uso da bicicleta como meio de transporte, reduzindo a dependência de veículos movidos a combustíveis fósseis. Além disso, melhorar o transporte público requer planejamento estratégico, incluindo a implantação de faixas exclusivas para ônibus e a transição para uma frota mais sustentável.

No entanto, este estudo enfrentou limitações de tempo, o que restringiu a profundidade das propostas. Portanto, para futuros trabalhos, é recomendável realizar estudos detalhados em colaboração com a Prefeitura, levando em consideração aspectos topográficos e econômicos.

Em resumo, a implementação das propostas pode ter um impacto significativo na redução das emissões de GEE em Ponta Grossa, mas requer esforços coordenados de várias partes interessadas, incluindo o poder público e a sociedade civil, para garantir o sucesso das ações.

Agradecimentos

Este estudo foi financiado pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior e Brasil (CAPES), pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), e pela Fundação Araucária.

Conflito de interesse

Não há conflito de interesse.

REFERÊNCIAS

AGUIAR, L. V.; FORTES, J. D. N.; MARTINS, E. Neutralização compensatória de carbono - estudo de caso: indústria do setor metal mecânico, Rio de Janeiro (RJ). **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 21, n. 1, p. 197–205, mar. 2016.

BALANÇO Energético Nacional 2022. **EPE**. 2022. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-2022>. Acesso em: 10 maio. 2023.

EMISSÕES de GEE de Ponta Grossa - Plataforma SEEG. **SEEG**. 2023. Disponível em: <https://plataforma.seeg.eco.br/territories/pr-ponta-grossa/card?year=2019&cities=true>. Acesso em: 01 maio. 2023.

FENG, Y. Y.; ZHANG, L. X. Scenario analysis of urban energy saving and carbon abatement policies: a case study of Beijing city, China. **Procedia Environmental Sciences**, v. 13, p. 632-644, 2012.

JR, A.; BRUNA, G.C. **Gestão urbana e sustentabilidade**. Editora Manole, 2019.

LIMA, S. G.; SILVA, G.; NETO, G. Mobilidade elétrica: o ônibus elétrico aplicado ao transporte público no Brasil. **Revista dos Transportes Públicos - ANTP**, v. 41, p. 2º, 2019.

PAGANI, R.; KOVALESKI, J.; RESENDE, L. Avanços na composição da Methodi Ordinatio para revisão sistemática de literatura. **Ciência da Informação**, v. 46, n. 2, 2017.

PAGANI, R.; KOVALESKI, J.; RESENDE, L. Methodi Ordinatio: a proposed methodology to select and rank relevant scientific papers encompassing the impact factor, number of citation, and year of publication. **Scientometrics**, v. 105, p. 2109- 2135, 2015.

PEREIRA, P. A mobilidade nas Smart Cities: **aplicação de um modelo no bairro da Trindade**. 2018. Trabalho de Conclusão do Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2018.

RELATÓRIO do Plano de Mobilidade Urbana de Ponta Grossa – PlanMob. **IPLAN**. 2019. Disponível em: <https://iplan.pontagrossa.pr.gov.br/projetos/plano-de-mobilidade/>. Acesso em: 10 maio. 2023.

PLATAFORMA SEEG. **SEEG**. 2023. Disponível em: <https://seeg.eco.br/>. Acesso em: 01 maio. 2023.