

*Anais da VII Mostra de Docentes em RJJ*

## EMISSÕES ATMOSFÉRICAS E SEUS IMPACTOS AMBIENTAIS: MITIGAÇÃO, COMPENSAÇÃO E MONITORAMENTO

PEREIRA, F.A.C.

*Fatec São Paulo – Departamento de Automação de Escritórios e Turismo fernanda.pereira@fatec.sp.gov.br*

*Atmospheric Emissions and Their Environmental Impacts: Mitigation, Compensation and Monitoring*

Eixo Tecnológico: Ambiente e Saúde

### Resumo

A sobrevivência da espécie humana no planeta foi possível graças a intensa alteração do meio ambiente promovida pelos *Homo sapiens*. Há aproximadamente 300 mil anos atrás, homínídeos primitivos aprenderam a controlar o fogo, esse fato permitiu proteção contra o frio, afastamento de predadores, cocção de alimentos. Estudos indicam que a habilidade de cozinhar e a melhoria do status de saúde decorrente desse evento constituíram fatores determinantes para desenvolvimento cognitivo de nossa espécie. Nosso ancestral primitivo, capaz de administrar o fogo, foi o primeiro homínídeo a poluir a atmosfera. As exposições de que trata este estudo foram divididas em duas frentes: exposição aos poluentes no ambiente externo, grandemente influenciada pela queima de combustíveis em veículos automotores, principal fonte emissora no Estado de São Paulo na atualidade, destacando as emissões decorrentes da atividade turística que em muitos dos casos ocorre em localidades remotas nas quais não é realizado o monitoramento pela agência ambiental do estado (CETESB); e a exposição nos ambientes de trabalho, decorrentes da queima de combustíveis ou da dissipação de partículas e gases causados pelos processos industriais. Foram ainda contemplados no estudo a geração de energia limpa pelas matrizes hídrica e corantes naturais. Foi feita a avaliação da compensação ambiental no município de Vinhedo obtendo que é necessário o plantio de 115 árvores para compensar as emissões veiculares em 24 horas. Foi aplicado um questionário piloto aos alunos do curso de soldagem que já atuam na indústria e os 11 respondentes relataram já haver inalado os fumos de solda. As microssinas hidrelétricas estão sendo estudadas pelos alunos do curso de Instalações Elétricas e os corantes naturais estão em análise no curso de Materiais. Os resultados obtidos até o momento permitiram a divulgação do projeto nos meios acadêmicos e na sociedade, através de artigo científico já publicado no qual foram abordados os impactos dos fumos de solda, exposição recorrente no ambiente ocupacional e que demonstra grande periculosidade para os trabalhadores expostos; e coluna no jornal "Semanário da Zona Norte" que permite informar corretamente a população. Espera-se agir localmente para mudar globalmente. O projeto relaciona-se diretamente com o ODS 3, e indiretamente com os ODSs 7, 8, 11 e 13

**Palavras-chave:** *Emissões Atmosféricas, Poluição do Ar, Saúde Pública.*

### Abstract

Survival of human species on the planet was possible thanks to the intense alteration of the environment promoted by *Homo sapiens*. Approximately 300,000 years ago, primitive hominids learned to control fire, this fact allowed protection against cold, distance from predators and cooking food. Studies indicate that the ability to cook and the improvement in health status resulting from this event are determining factors for the cognitive development of our species. Our primitive ancestor, capable of managing fire, was the first hominid that polluted the atmosphere. The exposure in analysis in this study were divided into two fronts: exposure to pollutants in the external environment, greatly influenced by the burning of fuel in motor vehicles, the main source of emissions in State of São Paulo now a days, highlighting the emissions resulting from tourism that in many of the cases occur in remote locations where monitoring by the state environmental agency (CETESB) is not carried out; and exposure in work environments, resulting from the burning of fuels or the dissipation of particles and gases caused by industrial processes. This study also contemplated the generation of clean energy by the water matrix and natural dyes. An assessment of environmental compensation in the municipality of Vinhedo was carried out, finding that it is necessary to plant 115 trees to compensate for vehicle emissions in 24 hours. A pilot questionnaire was applied to welding course students who already work in the industry and 11 respondents reported having already inhaled

### *Anais da VII Mostra de Docentes em RJJ*

welding fumes. Micro hydroelectric power plants are being studied by students of the Electrical Installations course and natural dyes are being analyzed in the Materials course. Results obtained so far have made possible to disseminate the project in academic circles and in society, through a scientific article published in which the impacts of welding fumes, recurrent exposure in the occupational environment and which demonstrates great danger for exposed workers, were addressed; and a article in the newspaper “Semanário da Zona Norte”, which allows population to be correctly informed. Acting locally is expected to change globally. Project is directly related do SDG 3, and indirectly to SDGs 7, 8, 11 and 13.

**Key-words:** *Atmospheric Emissions, Air Pollution, Public Health.*

## 1. Introdução

O homem sempre transformou a natureza no intuito de adequá-la às suas necessidades. Esta capacidade do ser humano, talvez, tenha sido o diferencial que garantiu ao *Homo sapiens* sua sobrevivência neste planeta, considerando-se seus poucos atributos físicos na competição pela vida. Com sua pele que não protege do frio nem, tampouco, do calor excessivo, sua prole que é dependente por longo período dos progenitores, sua fragilidade em geral, somente com uma inteligência privilegiada e grande capacidade de adaptação esta espécie pôde sobreviver (Cangerana Pereira, 2005). Há 300 mil anos hominídeos primitivos dominaram o fogo o que permitiu proteção contra o frio e predadores, além da possibilidade de cozinhar alimentos. Segundo Gibbons (2007) a cocção de alimentos possibilitou o desenvolvimento cognitivo dos humanos garantido seu sucesso evolutivo e sobrevivência. Por milênios estamos alterando o planeta, criamos vestimentas e abrigos adequados ao frio, inventamos a roda, organizamos sociedades e criamos as regras para regê-las, desenvolvemos escrita e possibilitamos a passagem do conhecimento de geração para geração. Fomos muito além, e desenvolvemos sensibilidade artística, aprendendo a admirar o belo. A revolução industrial acelerou o processo de alteração do meio através da intensa extração de matérias-primas e consequente deposição de rejeitos. Esta profunda transformação da natureza teve seus efeitos adversos. A extinção acelerada de algumas espécies animais e vegetais, a transformação de florestas em pastos, a sobrecarga do meio ambiente com resíduos sólidos, a poluição da água, do ar, e do solo. Por um lado as alterações do ambiente garantiram a sobrevivência da espécie, por outro estas mesmas alterações causaram danos ao meio trazendo inúmeros prejuízos para a saúde humana (Cangerana Pereira, 2005). Considera-se poluente atmosférico qualquer substância presente no ar e que, por sua concentração, possa torná-lo impróprio, nocivo ou ofensivo à saúde, causando inconveniente ao bem estar público, danos aos materiais, à fauna e à flora ou seja prejudicial à segurança, ao uso e gozo da propriedade e às atividades normais da comunidade. A concentração de poluentes atmosféricos é medida por sua quantidade no ar. A variedade das substâncias que podem ser encontradas na atmosfera é muito grande, o que torna difícil a tarefa de estabelecer uma classificação. Para facilitar esta classificação, os poluentes atmosféricos são divididos em duas categorias, os poluentes primários que são lançados diretamente pelas fontes de emissão e os poluentes secundários que são formados na atmosfera através da reação química entre as diversas substâncias presentes na atmosfera, poluentes ou não, e determinadas condições físicas. As substâncias poluentes podem ser classificadas, ainda, da seguinte forma: Compostos de Enxofre, Compostos de Nitrogênio, Compostos Orgânicos voláteis (hidrocarbonetos, álcoois, aldeídos, cetonas, ácidos orgânicos), Compostos Halogenados (HCl, HF, cloretos, fluoretos), Monóxido de Carbono, Material Particulado, e oxidantes fotoquímicos (Ozônio) (Cetesb,

*Anais da VII Mostra de Docentes em RJJ*

2021). A interação entre as fontes de poluição e a atmosfera vai definir a qualidade do ar, que determina, por sua vez, o surgimento de efeitos adversos da poluição sobre os receptores, que podem ser o homem, os animais, as plantas ou os materiais. O monitoramento sistemático da qualidade do ar é restrito a um número de poluentes, definidos em função de sua importância e dos recursos disponíveis para seu monitoramento. O grupo de poluentes que servem como indicadores de qualidade do ar foram escolhidos em razão da frequência de ocorrência e de seus efeitos adversos, são eles: Material Particulado (MP), Dióxido de Enxofre (SO<sub>2</sub>), Monóxido de Carbono (CO), Oxidantes Fotoquímicos- como o Ozônio (O<sub>3</sub>), Hidrocarbonetos, Óxidos de Nitrogênio (Cetesb, 2021). Em zonas urbanas, como o Município de São Paulo, a poluição do ar é derivada de duas fontes: as fontes industriais ou fixas e as fontes veiculares ou móveis. Essas fontes liberam, entre outras substâncias não monitoradas, 1,8 milhão de toneladas por ano de Monóxido de Carbono, 415 mil toneladas por ano de Hidrocarbonetos, 409 mil toneladas por ano de Óxidos de Nitrogênio, 67 mil toneladas por ano de Material Particulado, e 37 mil toneladas por ano de Óxidos de Enxofre. Através das medições de poluentes podemos afirmar que, atualmente as fontes que causam maiores danos ao ar atmosférico deste Município são as veiculares (CETESB, 2021). Gases que existem naturalmente na atmosfera absorvem uma parcela da radiação infravermelha do sol que é refletida pela superfície terrestre, dificultando a saída do calor para o espaço. Este fenômeno é chamado de Efeito Estufa, é um processo natural que mantém o planeta Terra aquecido, possibilitando que um grande número de espécies sobreviva. O Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) afirma que um aumento da temperatura no planeta está sendo provocado pela ação humana ao longo dos últimos 250 anos. As questões relativas à poluição atmosférica e aquecimento do planeta são preocupação internacional, em 1997 foi firmado o protocolo de Kyoto que buscou regular a emissão dos gases de efeito estufa, entre eles o Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>) e o Metano (CH<sub>4</sub>). Em 2020 o Acordo de Paris substituiu o Protocolo de Kyoto mantendo a preocupação em regular emissões. A origem dos gases poluentes em São Paulo está relacionada ao modal de transporte rodoviário e com outras atividades humanas como produção de energia, em especial nos momentos de crise hídrica, e os resíduos sólidos orgânicos em processo de decomposição nos aterros sanitários. Os eventos recentes relacionados com a pandemia de COVID-19 demonstraram que existe uma possibilidade de revisão das práticas humanas de maneira a reduzir nossas emissões atmosféricas assegurando melhores condições de saúde e qualidade de vida para as pessoas e permitindo que os demais seres vivos encontrem as circunstâncias adequadas para suas existências. Saúde e bem-estar constituem o Objetivo do Desenvolvimento Sustentável nº3 da Agenda 2030 da ONU e a preocupação com emissões atmosféricas pode ser evidenciada no monitoramento realizado pela agência ambiental do estado de São Paulo-CETESB, assim como nas constantes revisões dos padrões de qualidade do ar realizadas pelo Organização Mundial da Saúde. Ações isoladas dificilmente permitirão obter a redução da concentração de poluentes atmosféricos necessária para manter a boa saúde da população, desta forma é preciso um consórcio de medidas em várias frentes de trabalho priorizando aquelas em que as emissões são mais significativas como transporte rodoviário e geração de energia, que vem mostrando seu grande impacto poluidor por conta da crise hídrica e acionamento das termoeletricas. Neste contexto, a proposta de RJJ consiste em um plano de trabalho para três anos, com cronograma estabelecido ano a ano, e que atuará em várias frentes de ação objetivando mensurar os efeitos danosos da poluição do ar para a saúde humana no ambiente

### *Anais da VII Mostra de Docentes em RJJ*

externo e no ambiente ocupacional. O objetivo geral deste estudo foi “desenvolver ações alinhadas com a redução das emissões e com o aumento da absorção de carbono atmosférico”. Os objetivos específicos foram: avaliar os efeitos danosos da exposição à poluição em uma localidade turística; projetar a obtenção de energia limpa através da matriz hídrica em microusinas hidrelétricas; investigar os efeitos da exposição às emissões decorrentes dos processos de soldagem; aplicar corantes naturais na produção de biotecido.

## **2. Materiais e métodos**

Para atingir o objetivo número 1 "Avaliar os efeitos danosos da exposição à poluição em uma localidade turística" foi aplicado o modelo de microambientes aos moradores e visitantes buscando identificar exposições relacionadas com a poluição atmosférica. Os microambientes são Externos ou Internos. Na categoria externos estão classificados: urbano, cidade de médio e pequeno porte, e rural. Na categoria interno estão classificados: ocupacional industrial, ocupacional não industrial, não ocupacional e transporte. As concentrações de poluentes atmosféricas foram obtidas a partir das informações disponíveis no site da CETESB, no sistema QUALAR, considerando o Boletim Diário.

Com relação ao objetivo número 2 "Projetar a obtenção de energia limpa através da matriz hídrica em microusinas hidrelétricas" foram consideradas localidades isoladas, sua demanda por energia e a disponibilidade de recursos hídricos que permitam a obtenção de energia a partir das micro-usinas de geração. Os projetos estão sendo conduzidos junto aos alunos do curso de Instalações Elétricas e de Materiais através da metodologia Problem Based Learning.

Objetivando "Investigar a exposição às emissões da soldagem", objetivo 3, foi estruturado um questionário piloto que foi aplicado aos alunos da FATEC SP que já atuam profissionalmente na indústria, permitindo conhecer o status de saúde em geral e a exposição às emissões de solda em específico. Os resultados deste estudo piloto estão em análise.

## **3. Resultados e Discussão**

Foi realizado estudo no município de Vinhedo com o tema da compensação ambiental dos poluentes emitidos na atividade turística. O município encontra-se no interior do estado de São Paulo conta, aproximadamente, com 81.516 mil habitantes e tem um território de 80.950 km<sup>2</sup>. Segundo dados do Ministério da Infraestrutura, Secretaria Nacional de Trânsito (SENATRAN, 2021), o tráfego anual de veículos no ano de 2021 foi de 69.918, o equivalente a uma frota com média diária de 192 veículos. Vinhedo possui características únicas capazes de atrair turistas. Sendo conhecido por um vasto número de festivais, o município é atrativo para aquele turista que busca um local calmo para fugir da rotina de cidade grande e que busca descanso para um final de semana ou passar as férias. Os pontos turísticos estão ligados a adegas e vinhos. Além disso, Vinhedo também possui outros atrativos turísticos como é o exemplo da estação ferroviária de Vinhedo em que o turista pode visitar e conhecer esse patrimônio histórico. A área escolhida para coleta de dados foi o Centro de Vinhedo, na Rua Humberto Pescanini. A coleta funcionou da seguinte forma: as 24 horas foram divididas em duas etapas de 12 horas para o

*Anais da VII Mostra de Docentes em RJJ*

trabalho ficar mais dinâmico e a coleta ficar mais diversificada levando em conta que a primeira coleta foi em um sábado e a segunda coleta em um domingo. Em teoria, seria um local com muito movimento de carros por se tratar do Centro da cidade, mas, na prática, e como podemos ver pelos dados, é um local pouco movimentado em que o pico de movimentação é no horário do almoço. Notou-se que, pelo menos no centro, não há movimentação de ônibus ou caminhões, e o movimento de motos é praticamente nulo, tendo um ou outro entregador de aplicativos de delivery. No total, foram contabilizados 387 veículos de modal rodoviário.

O segundo dia de coleta, domingo, foi relativamente mais calmo e tranquilo com relação ao tráfego. Novamente o número de ônibus e caminhões foi nulo, e o número de motos relativamente baixo como no dia anterior. Notouse novamente uma grande circulação de veículos no horário do almoço, mesmo que inferior ao dia anterior. As motos tiveram uma média de circulação praticamente igual à da coleta anterior, o que mostra que realmente o tráfego de motos em vinhedo é bem restrito (pelo menos na região do centro).

Para a realização e obtenção dos resultados, primeiramente, foi necessário quantificar a quantidade da emissão de poluentes emitidos pela quantidade de veículos que circularam na Rua Humberto Pescanini. Para a realização do cálculo de emissão dos poluentes, foi utilizado o método de fonte em linha, porque a contabilização da frota de veículos de meio modal rodoviário foi realizada na Rua Humberto Pescanini e não em uma área inteira, como um bairro por exemplo. Para tal, é necessário utilizar o fator de emissão dos poluentes e para a realização do cálculo, foram considerados os números fornecidos pela CETESB que estipula que a média de poluentes emitidas por veículos de meio modal rodoviário é de 0,52 kg/km. Para o número total da frota de veículos aplicados na fórmula foram considerados os dados coletados in loco, foram computadas as duas amostragens com 12 horas cada somando 24 horas de dados colhidos. O total de veículos contabilizados foi de 387.

Para o fator “L” foi considerado o tamanho em quilômetros da Rua Humberto Pescanini, o que é um total de 1,024 km.

Com todos os dados, aplicou-se a seguinte fórmula:

$$\text{Fórmula 1 Elinha, } i = \text{Fr, } j \times \text{X (Fei/1000)}$$

XL Em que:

Fe,i = fator de emissão do poluente;

Fr,j = número total da frota de veículos quantificada na via no tempo previamente estimado; L= tamanho da via em que foi contabilizada a frota de veículos E 1000: fator de conversão de g para kg.

Portanto:

$$\text{Elinha, } i = 387 \times (0,52 \text{g}/1000) \times 1,024 \text{Km}$$

Após a aplicação da fórmula, foi obtido o resultado de que, na Rua Humberto Pescanini, uma frota de 387 veículos emite em média 0.202 g.km por veículo.

Com a obtenção do fator de emissão da frota de veículos contabilizada in loco, foi aplicada uma segunda fórmula para contabilizar a emissão total da frota em 24 horas.

Na segunda fórmula em que foi aplicado o valor de linha obtido na primeira fórmula (0.202 g.km), dividido pelo tamanho da Rua Humberto Pescanini que é de 1,024 km, multiplicado pelo tempo em que ocorreu a coleta de dados, no caso do presente trabalho, 24 horas.

$$\text{El, } i = \text{Elinha}/ \text{LXt}$$

Em que t é igual ao tempo em que a frota de veículos foi contabilizada;

*Anais da VII Mostra de Docentes em RJ*

E<sub>linha</sub>= o valor obtido na primeira equação e é referente ao valor de poluentes emitidos pela frota calculada; L= o tamanho da via em que foi colhido os dados.

Portanto:

$$E_{l,i} = 0,202g.km/1,024X24$$

Após aplicação da fórmula, foi contabilizado que no período de 24 horas, são emitidos na Rua Humberto Pescanini um valor de poluentes que gira em média de 4,75 kg.

Para o cálculo de quantas árvores seriam necessárias para efetuar a compensação dos poluentes emitidos foi considerado que um hectare de árvores gera em média 2,5tco (créditos de carbono) e, cada hectare em média possui 1.667 árvores. Com a finalidade de chegar em um valor médio de absorção por árvore no ano, o valor de absorção do hectare em um ano foi convertido em kg e dividido pelo número médio de árvores presentes em um hectare.

Portanto:

$$2,500/1.667$$

O resultado médio de CO absorvido por árvore foi de 1,50kg de CO absorvidos em média por árvore em um ano. Para a realização do valor médio de absorção diária, o valor foi dividido por 365, levando em consideração não se contar de um ano bissexto.

$$1,50kg/365$$

O valor médio de absorção diária dos poluentes foi de 0,0041kg diárias por árvore.

E, por fim, para a realização do cálculo de quantas árvores seriam necessárias para a absorção dos poluentes emitidos na área em que foi elaborado o estudo foi dividido o valor de poluentes emitidos em 24 horas pelo valor médio de absorção das árvores 4,75kg/0,041kg.

O resultado obtido foi 115,86, que, arredondando, seriam em média 115 árvores necessárias para que fosse possível a realização da compensação Ambiental.

Os resultados obtidos até o momento no estudo das microcentrais hidrelétricas demonstraram que as centrais geradoras hidrelétricas, CGHs, permitem o aproveitamento com potência instalada de 5MW ou menos, configurando obras de baixo impacto ambiental e alta eficiência na geração de energia. As micro-usinas utilizam o volume e/ou a queda de água acumulada para gerar energia e atender o consumo de até 10 mil residências padrão tornando-se uma boa alternativa para locais remotos como aqueles existentes na amazônia brasileira. Hoje existem algumas centenas de CGHs ativas no Brasil.

Os corantes naturais estão em teste.

Quanto ao estudo dos efeitos danosos da exposição ocupacional aos fumos de solda, foi aplicado um questionário piloto aos alunos do curso de tecnologia em soldagem. Entre 26 respondentes 11 atuam como soldadores. As repsotas destes 11 alunos estão em fase de tabulação.

Até o momento temos que 1005 dos respondents são do sexo masculine e têm idade media de 33,37 anos variando entre 20 e 44 anos.

Seis deles são casados, três são solteiros, um é divorciado e um assinalou “outros”.

Seis se declararam brancos, quatro pardos e dois pretos.

Quatro deles atuam como soldador há mais do que 15 anos e nove deles são contratados pela CLT.

Quanto às técnicas empregadas na soldagem o grupo é bastante heterogêneo e são empregadas técnicas como eletrodo revestido, MIG/MAG, TIG, oxiacetileno, arame tubular, arco submerse e plasma.

#### *Anais da VII Mostra de Docentes em RJJ*

Quando solicitado que classificassem seu status de saúde com nota de zero a dez, em que zero é ausência de saúde e dez é saúde plena, quatro atribuíram nota 8, cinco nota 9 e um nota dez.

Dois relataram já terem sofrido acidentes no trabalho, nove afirmaram usar EPIs sempre. Porém, paralelamente, sete relataram terem sofrido queimaduras na pele, onze relataram have rinalado fumos de solda e cinco relataram ter sofrido queimadura de retina. Estas repostas indicam que os soldadores não consideram a queima de retina ou da pele, tampouco a inalação de fumos, como acidentes do trabalho.

Esta em fase de redação artigo com as informações acima e outras extraídas dos questionários.

#### **4. Considerações finais**

Até o momento este projeto permitiu a geração de inúmeros resultados dos quais destaco como mais relevantes o cálculo de compensação ambiental da atividade turística no município de Vinhedo, resultado que pode ser aplicado a qualquer outro município de interesse turístico permitindo um planejamento do turismo que inclui a vertente ambiental. O correto planejamento da atividade turística possibilitará a obtenção dos benefícios do turismo para a economia, gerando emprego e renda, aliada ao controle dos danos ambientais.

Os resultados encontrados no questionário aplicado aos alunos soldadores indicam que a ocorrência de acidentes do trabalho na atividade de solda é bastante alta e que os soldadores não consideram pequenas intercorrências como acidente. Demonstrando a necessidade de aprofundar esta pesquisa.

A microcentrais hidrelétricas tem permitido aos alunos de Instalações Elétricas matriculados na disciplina de sustentabilidade ampliar seus horizontes na redução de danos ambientais ocasionada pela geração de energia, permite ainda expandir o uso da matriz hídrica, disponível em nosso país, para pequenas localidades isoladas sem os efeitos deletérios decorrentes da distribuição de energia produzida em grandes usinas.

Os estudantes da disciplina matérias primas e impactos ambientais tem pesquisado os corantes naturais na indústria têxtil.

Todos os resultados associados permitirão a formação de profissionais comprometidos com o controle, monitoramento, mitigação e compensação da poluição do ar, atingindo os ODSs.

#### **Referências**

[1] Gibbons, A. Food for thought: did the first cooked meals help fuel the dramatic evolutionary expansion of the human brain? *Science* 316: 5381, 1558-1560, 2007.

[2] Pereira, F A C. **Efeito da poluição do ar na carcinogênese de camundongos**. 110p. Tese (Doutorado em Saúde Pública) Faculdade de Saúde Pública. Universidade de São Paulo. São Paulo. 2005.

[3]Emissão Veicular. CETESB, 2021. Disponível em < <https://cetesb.sp.gov.br/veicular/> (https://cetesb.sp.gov.br/veicular/)>. Acesso em 20 de agosto de 2023.