

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE ENGENHARIA - CÂMPUS DE ILHA SOLTEIRA**

MARIA PAULA DE LIMA SOLDERA

**VARIAÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS DECORRENTES DA PANDEMIA DE
COVID-19: Um estudo de caso na empresa Siemens Brasil**

Ilha Solteira
2021

GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

MARIA PAULA DE LIMA SOLDERA

**VARIAÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS DECORRENTES DA PANDEMIA DE
COVID-19: Um estudo de caso na empresa Siemens Brasil**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao curso de Engenharia Civil da
Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira –
UNESP como parte dos requisitos para
obtenção do grau de Engenharia Civil

Nome do orientador

Prof. Dr. Jefferson Nascimento de Oliveira

FICHA CATALOGRÁFICA

Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

S684v Soldera, Maria Paula de Lima.
Variação de impactos ambientais decorrentes da pandemia de covid-19: um estudo de caso na empresa Siemens Brasil / Maria Paula de Lima Soldera. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2021
75 f. : il.

Trabalho de conclusão de curso (Engenharia Civil) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, 2021

Orientador: Jefferson Nascimento de Oliveira
Inclui bibliografia

1. Água consumo. 2. Consumo de energia elétrica. 3. Ar poluição. 4. Gerenciamento de resíduos. 5. Indicadores.


Raiane da Silva Santos

Supervisora Técnica de Seção
Seção Técnica de Referência, Atendimento ao usuário e Documentação
Diretoria Técnica de Biblioteca e Documentação
CRB/8 - 9999

ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CURSO : ENGENHARIA CIVIL
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: HIDRÁULICA E SANEAMENTO
REALIZADA EM : 23-09-2021
DISCENTE : MARIA PAULA DE LIMA SOLDERA

COMISSÃO EXAMINADORA:

1. Prof. Dr. Jefferson Nascimento de Oliveira (Orientador)
2. Mestre em Gestão e Regulação: Arthur Bucciarelli Andretta (Examinador)
3. Mestranda: Eduarda Noriko Tokuda (Examinadora)

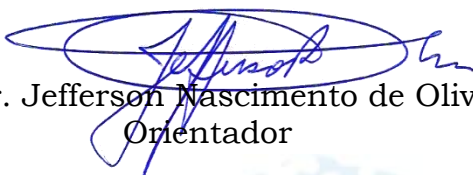
TÍTULO: "Variação dos impactos ambientais decorrentes da pandemia de COVID-19 no setor de tecnologia: um estudo de caso na empresa Siemens Brasil".

Local: Por videoconferência - WEB – Via Google Meet

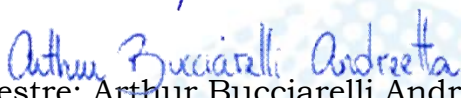
Início: 18:30 h

Em sessão pública, após exposição em torno de 40 (quarenta minutos), a discente foi arguida oralmente, e no final da exposição foi **"APROVADA"** pelos membros componentes da Comissão Examinadora. Nada mais havendo, foi lavrada a presente ATA, a qual é assinada pelos membros da Comissão Examinadora e pelo discente **Maria Paula de Lima Soldera**.

Ilha Solteira, 23 de setembro de 2021.



Prof. Dr. Jefferson Nascimento de Oliveira
Orientador



Mestre: Arthur Bucciarelli Andretta
Examinador



Mestranda: Eduarda Noriko Tokuda
Examinadora

Ciente: Maria Paula de Lima Soldera
Discente: Maria Paula de Lima Soldera

DEDICATÓRIA

*Dedico este trabalho a Yasmin, que foi minha luz
durante momentos tão escuros.*

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer e dedicar este trabalho aos meus pais, Célia e José Ângelo, que a vida toda se dedicaram a dar a mim e a meu irmão as oportunidades que não tiveram. Agradeço pela base, pelo apoio e por sempre acreditarem no meu potencial. Tudo que já conquistei até aqui devo a eles.

Agradeço também aos meus amigos de faculdade, em especial à Tainara Martinez, pelo companheirismo e pelas sessões de terapia grátis nas noites de terça-feira na companhia de um *yakisoba*, e ao Lucas Gasparini, cuja amizade surgiu tarde, mas com quem compartilhei os melhores momentos da minha graduação.

À UNESP e docentes, por me proporcionar uma experiência maravilhosa de ensino e por me fazer me apaixonar ainda mais por engenharia. Gostaria de agradecer em especial o orientador deste trabalho, Prof. Dr. Jefferson Nascimento, por ter ajudado a florescer a ideia deste trabalho e principalmente pela compreensão em relação aos momentos difíceis e suporte que me deu durante esse processo.

Agradeço também à Alicerce Empresa Júnior de Engenharia Civil e ao Centro Acadêmico de Engenharia Civil, grupos que fiz parte durante minha graduação e que fizeram minha experiência ser mais completa e especial e por abrir meus olhos para novas possibilidades para buscar na vida.

Por fim, agradeço a Siemens, empresa em que fiz meu estágio e que serviu de inspiração para este trabalho, por me fornecer uma experiência profissional maravilhosa. Agradeço especialmente à minha primeira gestora, que acreditou em mim e na minha capacidade de fazer a diferença.

“To change for others is to lie to yourself”. O Sorriso de Monalisa.

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo mostrar as variações dos impactos ambientais relacionados às instalações da empresa Siemens Brasil durante a pandemia de COVID-19. Foi realizado um estudo de caso em duas unidades da empresa, uma de setor administrativo e outra de setor fabril, conhecidas como Siemens Anhanguera e Siemens Jundiaí respectivamente. O estudo foi feito por meio de uma análise estatística dos indicadores ambientais de consumo de água, consumo de energia elétrica, emissões de CO₂ equivalente e geração de resíduos, fazendo-se um comparativo entre os dados mensais de março a dezembro de 2019, ano típico da Siemens Brasil, e de 2020, ano de pandemia. O impacto nos indicadores foi maior na unidade administrativa, que cessou as atividades presenciais para a maior parte de seus funcionários, em comparação com a unidade fabril, que não paralisou suas operações. Durante o período estudado, a redução total no consumo de água e energia elétrica, emissão de CO₂ e geração de resíduos foi de 68%, 24%, 96% e 75% respectivamente para a Siemens Anhanguera e de 20%, 7%, 5% e 10% para a Siemens Jundiaí. A queda mais expressiva nos indicadores ambientais foi observada entre março e maio de 2020, em razão da gravidade da pandemia durante esse período, o que fez com que a Siemens Brasil mantivesse o máximo de seus funcionários de ambas as unidades trabalhando remotamente.

Palavras-chave: Consumo de energia elétrica. Consumo de água. Poluição atmosférica. Gestão de resíduos. Análise estatística. Indicadores ambientais.

ABSTRACT

This work aimed to show the variations in environmental impacts related to Siemens Brazil's facilities during the COVID-19 pandemic. A case study was carried out in two company units, one in the administrative sector and the other in the manufacturing sector, known as Siemens Anhanguera and Siemens Jundiaí respectively. The study was carried out through a statistical analysis of environmental indicators of water consumption, electricity consumption, CO₂ emissions and waste generation, making a comparison between the data from March to December 2019, typical year at Siemens Brazil, and 2020, the year of the pandemic. The impact on the indicators was greater in the administrative unit, which ceased the presential activities for most of its employees, compared to the manufacturing unit, which did not stop its operations. During the study period, the total reduction in water and electricity consumption, CO₂ emissions and waste generation was 68%, 24%, 96% and 75%, respectively for Siemens Anhanguera and 20%, 7%, 5 % and 10% for Siemens Jundiaí. The most significant drop in the environmental indicators was registered between March and May 2020, due to the severity of the pandemic during this period, which meant that Siemens Brazil kept as many of its employees from both units working remotely as possible.

Keywords: Electricity consumption. Water consumption. Air pollution. Waste Management. Statistical analysis. Environmental indicators.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	- Pandemia de COVID-19, casos confirmados e mortes global.....	20
Figura 2	- Variação na demanda de energia elétrica após implementação de medidas de <i>lockdown</i> na Europa e Índia.....	18
Figura 3	- Variação na demanda de energia elétrica após implementação de medidas de <i>lockdown</i> na China.....	19
Figura 4	- Consumo de carvão durante <i>lockdown</i> chinês.....	20
Figura 5	- Concentração de NO ₂ na China durante o período de <i>lockdown</i>	21
Figura 6	- Variação na concentração de material particulados, NO ₂ , SO ₂ e O ₃ , antes e após o decreto de <i>lockdown</i> em Nova Delhi, Mumbai e Singrauli.....	22
Figura 7	- Concentração de NO ₂ antes e depois do decreto de <i>lockdown</i> nas cidades de Nova Delhi, Mumbai e Singrauli.....	23
Figura 8	- Poluição do ar em Nova Delhi.....	23
Figura 9	- Concentração de NO ₂ durante o <i>lockdown</i> em 2020 e durante o mesmo período em 2019, na Espanha, França e Itália.....	24
Figura 10	- Impacto do <i>lockdown</i> nas médias de concentração de NO ₂ , PM 2.5 e O ₃	25
Figura 11	- Canais de Veneza durante o período de quarentena em 2020 (acima) e o mesmo período em 2019 (baixo).....	26
Figura 12	- Nível de turbidez no rio Ganges, na cidade de Kanpur, antes e após o <i>lockdown</i>	27
Figura 13	- Rio Yamuna, em Nova Delhi, antes (esquerda) e depois (direita) do <i>lockdown</i>	28
Figura 14	- Consumo na rede no 1º semestre (% e TWh).....	31
Figura 15	- Consumo na rede no 1º semestre (TWh).....	31
Figura 16	- Consumo na rede no 1º semestre por setor (janeiro a maio).....	32
Figura 17	- Emissões nos primeiros semestres de 2019 e 2020 (MtCO ₂).....	32
Figura 18	- Concentração de NO ₂ durante o <i>lockdown</i> parcial em São Paulo..	33
Figura 19	- Fachada do prédio administrativo da Siemens Anhanguera.....	35
Figura 20	- Prédio administrativo (1) e prédio de serviços (2), localizados na Siemens Anhanguera.....	35
Figura 21	- Restaurante (1), SI DS (2), SI DG (3) e centro de distribuição (4), em Jundiaí II e LDA (5), em Jundiaí I.....	36
Figura 22	- Fábrica de Jundiaí II.....	37
Figura 23	- Etapas do gerenciamento de resíduos na Siemens Brasil.....	41
Figura 24	- Variação do consumo de água na Siemens Anhanguera.....	46
Figura 25	- Variação do consumo de energia elétrica na Siemens Anhanguera.....	47
Figura 26	- Variação do consumo de água na Siemens Jundiaí.....	53
Figura 27	- Variação do consumo de energia elétrica na Siemens Jundiaí.....	54
Figura 28	- Consumo de energia elétrica de 2019 e 2020 na Siemens Jundiaí, por área de negócio.....	55
Figura 29	- Consumo mensal de energia elétrica em 2020 na Siemens Jundiaí, por área de negócio.....	56
Figura 30	- Variação da emissão de CO ₂ equivalente proveniente de energia primária na Siemens Jundiaí.....	58
Figura 31	- Emissão de CO ₂ equivalente em 2019 e 2020 na Siemens Jundiaí, por fonte primária.....	59

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	- Variação da emissão de CO ₂ equivalente proveniente de energia primária na Siemens Anhanguera.....	48
Tabela 2	- Variação do consumo de GLP de restaurante na Siemens Anhanguera.....	49
Tabela 3	- Variação da emissão de CO ₂ equivalente proveniente de frotas da Siemens Anhanguera.....	50
Tabela 4	- Variação da emissão de CO ₂ equivalente proveniente de vazamento de gases refrigerantes na Siemens Anhanguera.....	50
Tabela 5	- Variação na quantidade de resíduos destinados por tipo de resíduo, da Siemens Anhanguera.....	51
Tabela 6	- Variação na quantidade de resíduos destinados por tipo de destino, da Siemens Anhanguera.....	52
Tabela 7	- Variação da emissão de CO ₂ equivalente proveniente frota de funcionários da Siemens Jundiaí.....	60
Tabela 8	- Variação de resíduos destinados da Siemens Jundiaí, por tipo de resíduos.....	60
Tabela 9	- Variação de resíduos destinados da Siemens Jundiaí, por destino dos resíduos.....	61
Tabela 10	- Variação no consumo de água da Siemens Anhanguera.....	71
Tabela 11	- Variação no consumo de energia na Siemens Anhanguera.....	71
Tabela 12	- Variação no consumo de água na Siemens Jundiaí.....	71
Tabela 13	- Variação no consumo de energia na Siemens Jundiaí.....	71
Tabela 14	- Variação no consumo de energia pelo departamento da RE as Siemens Jundiaí.....	71
Tabela 15	- Variação no consumo de energia pela área de negócio SI DS, em Jundiaí.....	71
Tabela 16	- Variação no consumo de energia pela área de negócio SI DG, em Jundiaí.....	72
Tabela 17	- Variação no consumo de energia pela área de negócio LDA, em Jundiaí.....	72
Tabela 18	- Variação da emissão de CO ₂ equivalente proveniente de energia primária na Siemens Jundiaí.....	72
Tabela 19	- Variação do consumo de GLP de restaurante na Siemens Jundiaí.....	72
Tabela 20	- Variação do consumo de GLP de empilhadeira na Siemens Jundiaí.....	72

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1	- Fontes de emissão de CO ₂ equivalente na Siemens.....	62
Gráfico 2	- Destinação dos resíduos da Siemens.....	63

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

EHS	<i>Environmental Protection, Health Management and Safety</i>
GWP	<i>Global Warming Potential</i>
ODS	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
OMS	Organização Mundial de Saúde
PGRS	Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos
RH	Recursos Humanos
SESMT	Serviços Especializados em Engenharia de Segurança e em Medicina do Trabalho
SRE	<i>Siemens Real Estate</i>

LISTA DE SÍMBOLOS

CO	Monóxido de carbono
CO_2	Dióxido de carbono
NO	Monóxido de nitrogênio
NO_2	Dióxido de nitrogênio
SO_2	Dióxido de enxofre
SO_3	Trióxido de enxofre

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	16
2	OBJETIVOS	18
2.1	OBJETIVO GERAL.....	18
2.2	OBJETIVO ESPECÍFICO.....	18
3	REVISÃO DE LITERATURA	19
3.1	HISTÓRICO DA PANDEMIA.....	19
3.2	IMPACTOS AMBIENTAIS DA PRIMEIRA ONDA DE PANDEMIA.....	20
3.2.1	Consumo de energia elétrica	21
3.2.2	Qualidade do ar	23
3.2.3	Qualidade da água	29
3.2.4	Geração de resíduos	32
3.2.4.1	Resíduos de serviço de saúde.....	32
3.2.4.2	Resíduos domésticos.....	34
3.2.5	Impactos ambientais no Brasil	34
4	MATERIAIS E MÉTODOS	38
4.1	LOCAL DE ESTUDO.....	38
4.1.1	Siemens Anhanguera	38
4.1.2	Siemens Jundiaí	40
4.2	COLETA DE DADOS.....	41
4.3	ANÁLISE DE DADOS.....	41
4.3.1	Emissão de CO₂ equivalente	42
4.3.1.1	Energia primária.....	43
4.3.1.2	Energia secundária.....	43
4.3.1.3	Frota.....	44
4.3.1.4	Outros gases.....	44
4.3.2	Gerenciamento de resíduos	44
4.3.3	Consumo de energia elétrica	46
4.3.4	Consumo de água	46
4.3.5	Pandemia e medidas de controle	47
4.3.5.1	Siemens Anhanguera.....	47
4.3.5.2	Siemens Jundiaí.....	48

5	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	49
5.1	SIEMENS ANHANGUERA.....	49
5.1.1	Consumo de água.....	49
5.1.2	Consumo de energia elétrica.....	51
5.1.3	Emissão de CO₂ equivalente.....	52
5.1.4	Geração de resíduos.....	54
5.2	SIEMENS JUNDIAÍ.....	56
5.2.1	Consumo de água.....	56
5.2.2	Consumo de energia elétrica.....	58
5.2.3	Emissões de CO₂ equivalente.....	61
5.2.4	Geração de resíduos.....	64
5.3	PONTOS RELEVANTES.....	65
5.3.1	Iniciativas ambientais.....	66
6	CONCLUSÕES.....	68
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	69
	APÊNDICE A - Variação de indicadores ambientais da Siemens...	74

1 INTRODUÇÃO

Em dezembro de 2019, na China, surgiram os primeiros casos de pessoas infectadas por uma doença respiratória causada por um novo vírus. Essa descoberta marcou o início de um evento que gerou impactos de grandes proporções e culminou em uma das pandemias mais mortais da história. A COVID-19, doença causada pelo novo coronavírus, se alastrou a outros países em poucos meses, e gerou uma grande instabilidade social, econômica, cultural e ambiental em escala global.

Ao mesmo tempo que estudos preliminares eram realizados com objetivo de entender o comportamento desse novo vírus, medidas para evitar sua propagação passaram a ser discutidas por órgãos de saúde no mundo inteiro. Dada a alta taxa de transmissão do vírus, as medidas mais eficazes aconselhadas para barrar o contágio entre pessoas envolviam o distanciamento social e confinamento da população, também conhecido como *lockdown* (LIU et al., 2020).

Logo, para seguir essa orientação, entidades governamentais determinaram o cancelamento de eventos sociais, o fechamento de instituições de ensino, a imposição de barreiras sanitárias entre cidades e países, a restrição na circulação de pessoas e principalmente a paralisação de diversas atividades econômicas (BASHIR et al., 2020).

Setores como o de transporte e turismo foram severamente afetados com as restrições de viagem. O aumento da procura por equipamentos para combater o vírus, a corrida às compras impulsionada pelo medo do surto de COVID-19 e as perturbações nas operações de produção e logística das empresas causaram uma escassez generalizada de suprimentos no mundo todo (FDA, 2020).

Além dos impactos socioeconômicos causados pelas medidas de combate à pandemia, é importante analisar como o cenário ambiental foi afetado. Por exemplo, o estudo conduzido por Zambrano-Monserrate (2020) observou que, com a paralisação de atividades industriais e de serviços, houve uma queda na demanda por energia elétrica e principalmente na concentração de gases poluentes na atmosfera. Além disso, com a restrição das atividades econômicas, menos pessoas passaram a se deslocar para seus locais de trabalho, o que diminuiu o tráfego urbano e, em consequência, reduziu a emissão de poluentes provenientes da queima dos combustíveis de veículos. Até mesmo a qualidade da água, em certas regiões, apresentou uma melhora significativa.

Já em relação a geração de resíduos, com a crescente necessidade de equipamentos para atendimento e tratamento de pacientes com COVID-19, fabricantes de equipamentos como máscaras, luvas, respiradores e demais recursos necessitados pela área de saúde, tiveram que ampliar sua produção para cobrir a alta demanda. Segundo Saadat et al. (2020), o aumento na demanda resultou na geração excessiva de lixo de serviços de saúde, causando preocupação em relação ao tratamento e destinação destes resíduos, que além de perigosos por serem contagiosos, são compostos em sua maioria por material descartável.

Para entender melhor como a pandemia de COVID-19 afetou o cenário ambiental, foi relevante realizar um estudo do ponto de vista de uma empresa, analisando qual foi a variação dos impactos ambientais relacionados ao seu respectivo negócio, como consumo de água, energia, emissões de gases poluentes e geração de resíduos, durante o primeiro ano de pandemia.

Este trabalho se propôs a apresentar uma análise do contexto ambiental de duas unidades da Siemens Brasil, empresa do setor de tecnologia, sendo uma unidade administrativa, localizada na cidade de São Paulo, e outra unidade fabril, situada em Jundiaí-SP. Para trazer uma análise mais detalhada de como a pandemia fez com que os impactos ambientais relacionados aos negócios da Siemens Brasil variassem, foi feito um comparativo entre os dados de indicadores ambientais de março a dezembro dos anos de 2019, ano típico da Siemens, e 2020, ano de pandemia.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Este trabalho teve como objetivo geral analisar o contexto ambiental de duas unidades da empresa Siemens Brasil, uma do setor administrativo e outra do setor produtivo, durante o primeiro ano de pandemia.

2.2 OBJETIVO ESPECÍFICO

O objetivo específico do trabalho é fazer uma análise estatística dos indicadores ambientais monitorados pela Siemens Brasil, como consumo de água, consumo de energia elétrica, emissão de CO₂ equivalente e geração de resíduos, durante março a dezembro de 2020, período de pandemia, fazendo um comparativo com os dados de março a dezembro de 2019, período pré-pandemia.

3 REVISÃO DE LITERATURA

Até o momento, há diversos estudos que exploraram a influência da pandemia de COVID-19 no meio ambiente. Este capítulo divide-se em dois tópicos: no primeiro foi abordado o histórico da pandemia de COVID-19 e no segundo tópico foram abordados alguns efeitos imediatos observados no meio ambiente durante a primeira onda da pandemia nos países, como mudanças na qualidade do ar, na qualidade da água, no consumo de energia e na gestão de resíduos.

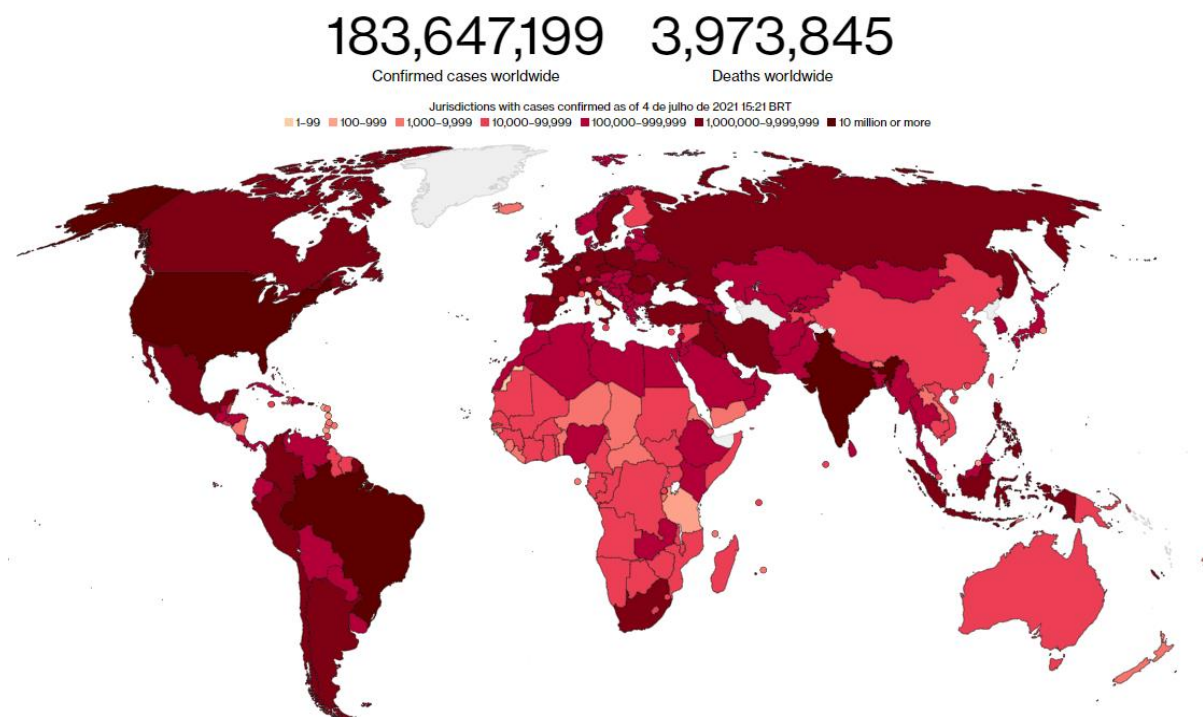
3.1 HISTÓRICO DA PANDEMIA

Em dezembro de 2019, na cidade de Wuhan, China, foram notificados os primeiros casos de uma desconhecida doença respiratória, cuja origem acreditava-se estar ligada ao mercado de alimentos local, que comercializava frutos do mar e animais selvagens (WU et al., 2020a). Em 7 de janeiro de 2020, após as primeiras investigações epidemiológicas, cientistas chineses identificaram a doença respiratória como o novo coronavírus (WANG et al., 2020).

Em 20 de janeiro foi confirmado que o vírus SARS-CoV-2, como foi denominado o novo coronavírus, era transmitido entre humanos (CHAN et al, 2020). Até 25 de janeiro de 2020, quase 2000 casos de infecção pelo coronavírus foram notificadas desde o primeiro caso de paciente hospitalizado reportado, em dezembro de 2019. Em poucas semanas, o vírus se espalhou para fora das fronteiras da China, e em 11 de março de 2020, a Organização Mundial de Saúde (OMS) classificou o surto de COVID-19 como pandemia (OMS, 2020a). Até 4 de julho de 2021, foram confirmados 183.647.199 casos de pessoas infectadas pelo coronavírus no mundo inteiro, com 3.973.845 mortes atribuídas à doença, como mostra a Figura 1.

As medidas para evitar a propagação do coronavírus causaram grande impacto em todos os aspectos da humanidade. Uma mudança repentina afetou o cenário econômico global com a adoção de *lockdowns*, a paralização de atividades sociais, econômicas e industriais e a queda no fluxo de transporte aéreo, ferroviário e terrestre. Em consequência, o meio ambiente experienciou uma grande melhora na qualidade do ar com a queda na emissão de gases do efeito estufa, na qualidade de cursos d'água, diminuição da poluição sonora, entre outros (ZAMBRANO-MONSERRATE et al., 2020).

Figura 1 – Pandemia de COVID-19, casos confirmados e mortes global.



Fonte: Bloomberg, 2021.

Segundo Helm (2020), a pandemia de COVID-19 trouxe a oportunidade de se observar os impactos de uma mudança drástica no cenário global e local, ocasionada principalmente pelas restrições no setor produtivo.

3.2 IMPACTOS AMBIENTAIS DA PRIMEIRA ONDA DA PANDEMIA

Todas as atividades sociais, industriais e econômicas foram afetadas pela pandemia, o que refletiu indiretamente no meio ambiente. Os efeitos foram sentidos de maneira diferente em cada país, considerando as políticas de combate ao vírus adotadas, mas pode-se dizer que, globalmente, houve variações expressivas dos impactos ambientais observados durante este período.

Segundo Zambrano-Monserrate et al. (2020), com a paralisação total ou parcial das indústrias de diversos setores, houve uma grande melhora na qualidade do ar, ocasionada pela redução no consumo de combustíveis fósseis, energia e na emissão de gases do efeito estufa como dióxido de nitrogênio (NO₂), dióxido de enxofre (SO₂) e dióxido de carbono (CO₂). Com as atividades industriais reduzidas, o despejo de resíduos industriais também diminuiu, o que resultou em uma melhora na qualidade da água (MOUSAZADEH, 2020).

3.2.1 Consumo de energia elétrica

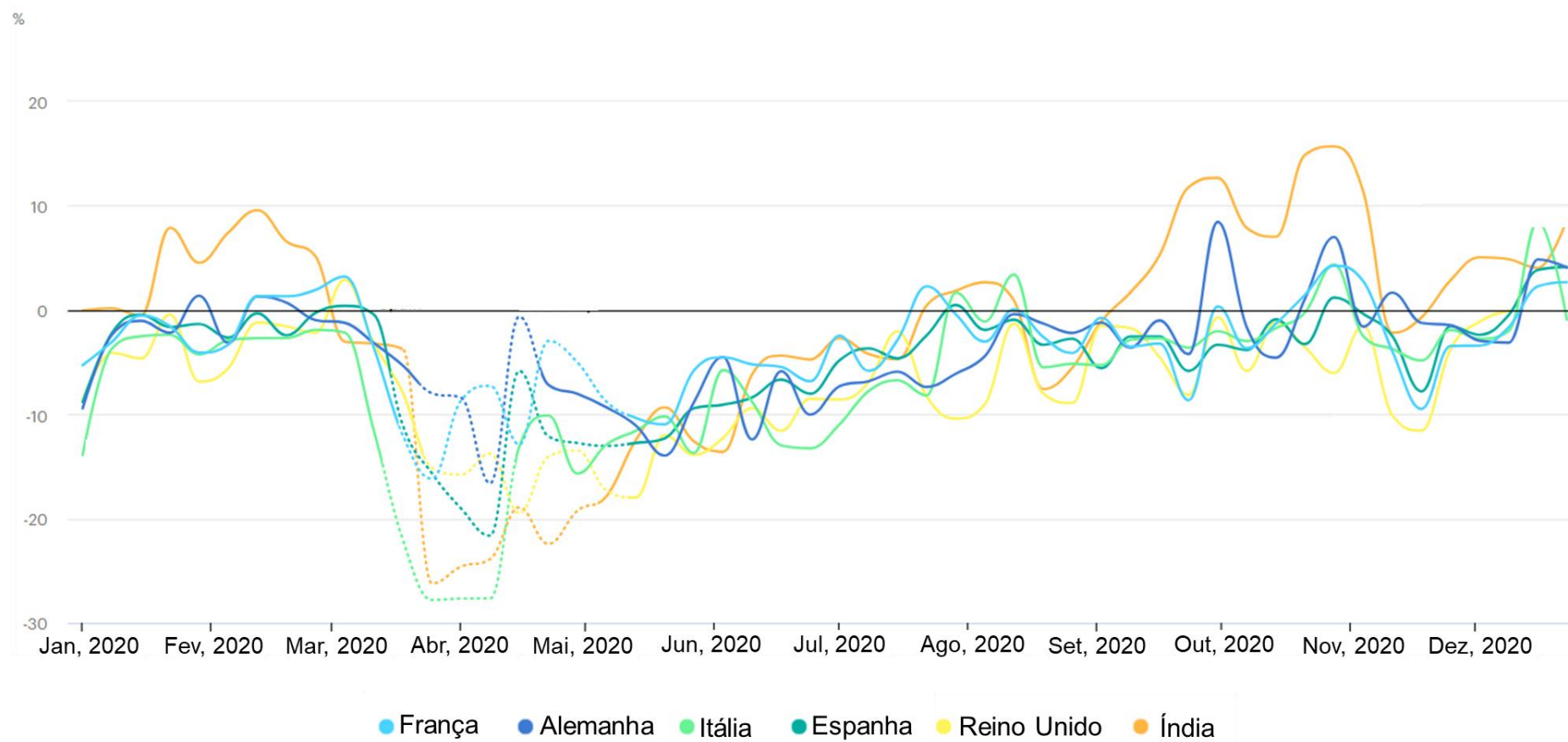
A demanda de energia elétrica sofreu uma queda com o fechamento de serviços e paralisação de parte das atividades industriais, afetando a matriz energética mundial. Em contrapartida, aumentou-se a demanda de energia doméstica, mas que não compensaram as quedas de demanda nos setores comercial e industrial. Na análise dos dados coletados pela Agência Internacional de Energia de mais de 30 países, observou-se que a demanda por energia elétrica acompanha a duração e nível de restrição dos *lockdowns* adotados (IEA, 2020b).

A análise da demanda de energia elétrica de países da Europa e Índia durante 2020 foi feita por meio da Figura 2, enquanto a Figura 3 apresenta o cenário de demanda na China. A linha pontilhada do gráfico representa períodos de *lockdown* total. É possível observar que os maiores impactos foram notados nos períodos de isolamento total; as fases mais restritas da quarentena representaram uma queda na demanda de energia de quase 30% na Itália, que foi o primeiro país europeu a fechar qualquer tipo de serviço que não fosse essencial. A queda foi de entorno de 20% e 15% na Espanha e França, respectivamente. Na Alemanha e Reino Unido, países que implementaram medidas restritivas mais tardias, a queda na demanda foi de até 15%.

Em abril, o consumo de energia elétrica mostrou sinais de recuperação na Itália, Alemanha e Espanha com o fim do confinamento, o que foi confirmado em maio quando Índia, França e Reino Unido afrouxaram suas medidas de isolamento. A partir de maio de 2020, a demanda de energia elétrica aumentou continuamente até atingir os níveis próximos ao ano de 2019, porém o índice foi impactado novamente em outubro, quando países europeus anunciaram novas medidas de restrição. Apenas no fim do ano pode-se observar uma grande recuperação da demanda. Países europeus que adotaram respostas mais rápidas à pandemia, também tiveram uma recuperação mais rápida.

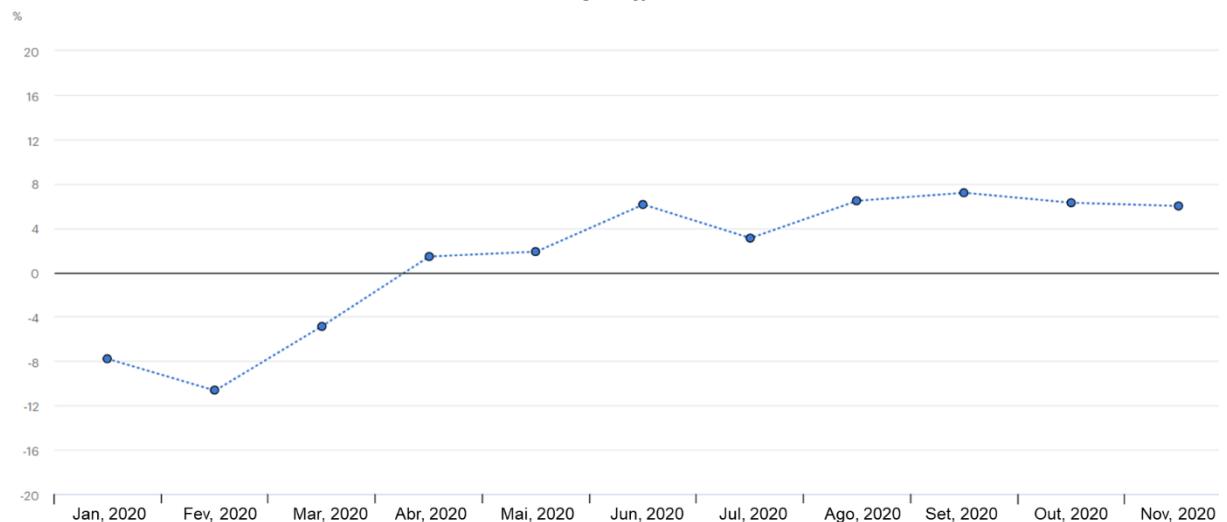
A Índia teve a maior queda na demanda de energia elétrica em meados de abril, com uma taxa de 26%. A partir disto, com a recuperação ascendente, a demanda de energia passou a atingir níveis maiores em agosto. A demanda nos setores industrial e comercial aumentaram continuamente, ultrapassando os níveis médios de demanda em comparação com 2019, e sofreu nova queda em novembro, em razão do aumento de casos relacionados.

Figura 2 – Variação na demanda de energia elétrica após implementação de medidas de lockdown na Europa e Índia.



Fonte: modificado de IEA, 2020b.

Figura 3 – Variação na demanda de energia elétrica após implementação de medidas de lockdown na China.



Fonte: modificado de IEA, 2020b.

A demanda de energia elétrica na China reduziu 8% com o confinamento inicial. Depois de atingir seu menor nível em fevereiro (11%), aumentou consistentemente a partir de abril de 2020, atingindo níveis maiores comparado a 2019.

Em resumo, Jiang (2020) apontou algumas das principais mudanças em micro e macro escalas na demanda de energia elétrica no mundo:

- Quedas imediatas ocasionadas pela implementação de *lockdowns*, com oscilações decorrentes da retomada das atividades industriais e afrouxamento das medidas de isolamento, bem como a retomada dessas medidas em razão de uma segunda onda;
- Mudança na matriz energética, com queda na geração de energias provenientes da queima de gás, carvão, óleo e nuclear e aumento do suprimento de fontes de energia renováveis;
- Queda na demanda dos setores comercial e industrial, aumento na demanda doméstica;
- Demanda de energia voltada para produção geral reduziu, porém aumentou com a produção de equipamentos de proteção e suprimentos médicos.

3.2.2 Qualidade do ar

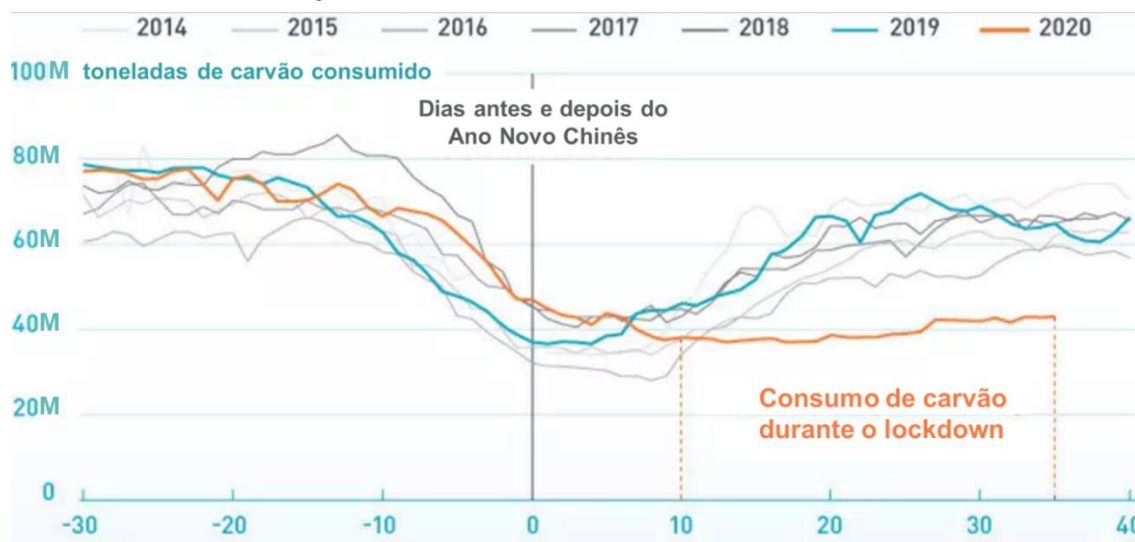
A poluição do ar não é só uma grande ameaça ao meio ambiente, mas também é grande causadora de problemas de saúde em países desenvolvidos e emergentes.

De acordo com a OMS (2020b), a poluição do ar mata em torno de 4,2 milhões de pessoas por ano, em razão de derrames, doenças cardíacas, câncer de pulmão e doenças respiratórias crônicas e agudas.

O maior e imediato efeito positivo das políticas de isolamento contra a COVID-19 foi a melhora na qualidade do ar no mundo inteiro. Segundo Munawer (2020), foi observada uma queda na emissão de poluentes como dióxido de nitrogênio (NO_2), dióxido de enxofre (SO_2), ozônio (O_3), monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO_2) e material particulado, em países que adotaram medidas rigorosas de combate a pandemia.

Na China, o consumo de energia no país é majoritariamente proveniente da energia gerada pela queima de carvão. Durante a quarentena, as restrições de circulação da população, como restrições de viagens aéreas e da circulação de transporte urbano, bem como a paralisação de operações industriais e geração de energia, ocasionaram uma queda de 36% na demanda de consumo de carvão, relativo ao mesmo período em 2019 (WANG, 2020a), como mostra a Figura 4.

Figura 4 – Consumo de carvão durante *lockdown* chinês.

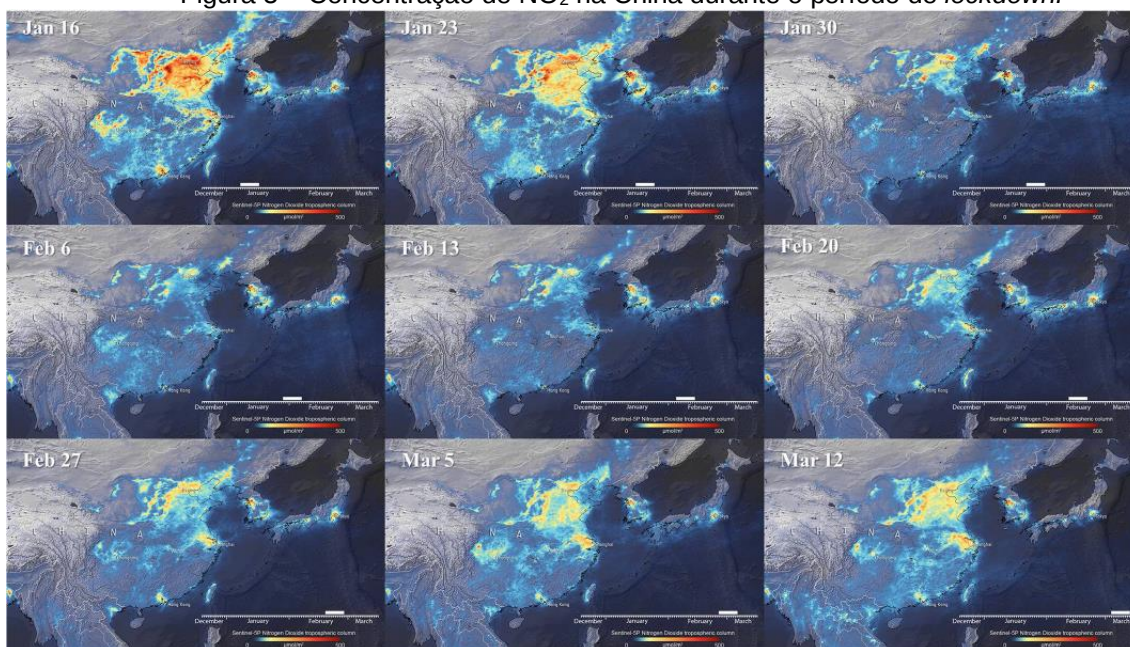


Fonte: modificado de GHOSH, 2020.

Durante a combustão do carvão, grandes quantidades de poluentes são produzidas, dióxido de carbono (CO_2), monóxido de carbono (CO), dióxido de enxofre (SO_2), ozônio (O_3), dióxido de nitrogênio (NO_2) e monóxido de nitrogênio (NO). As emissões de NO_2 é um bom indicador de atividade econômica global e sua alta concentração no ar é bastante perigosa para a saúde de seres humanos (MUNAWER, 2018).

Na Figura 5, imagens do satélite Sentinel-5P mostram a diferença da concentração de NO_2 na semana anterior e posterior ao *lockdown* anunciado em Wuhan, em 23 de janeiro de 2020. Em 16 de janeiro, os níveis de NO_2 ainda eram altos; uma semana depois, é possível observar que houve uma queda na concentração, que continuou até pelo menos 6 de fevereiro de 2020. Nas áreas observadas na figura concentram uma grande quantidade de indústrias do país, e a produção na região emite grandes quantidades de gases do efeito estufa. A partir de 13 de fevereiro, é possível observar um aumento gradual dos os níveis de NO_2 , em razão da retomada das atividades industriais no país.

Figura 5 – Concentração de NO_2 na China durante o período de *lockdown*.



Fonte: ESA, 2020a.

Um relatório nacional disponibilizado pelo Ministro da Ecologia e Meio Ambiente da China mostrou evidências da melhora na qualidade do ar na maioria das regiões da China. Durante os meses de janeiro a março, 83,5% das 337 cidades monitoradas apresentaram níveis bons ou excelentes de qualidade do ar (WANG, 2020b).

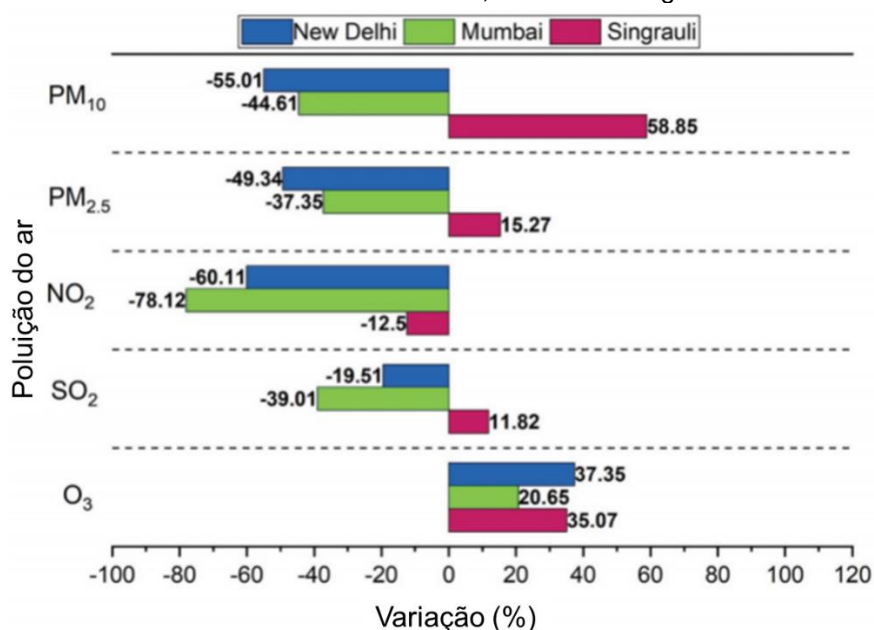
A Índia também é uma grande consumidora de energia proveniente da queima de carvão, segundo dados da Agência Internacional de Energia (IEA, 2020b). Em 2014, as cidades metropolitanas Nova Delhi e Mumbai foram consideradas as duas cidades mais poluídas do mundo, segundo o Conselho Central de Controle de Poluição da Índia (CPCB). Além de abrigar um complexo de diferentes indústrias, tais

idades têm alta densidade demográfica, com a maioria da população trabalhando, o que contribui para tráfegos urbano intensos. Singrauli, apesar de ter uma população pequena, possui diversas usinas movidas à queima de carvão. Kumari (2020) apontou em seu estudo a diferença na concentração de poluentes no período anterior ao *lockdown* e após ter sido decretado o *lockdown* em 25 de março.

Em Nova Delhi e Mumbai, houve queda na concentração na maioria dos poluentes, em razão do fechamento de indústrias e limitação do tráfego urbano, como pode observar na Figura 6. Em Singrauli, o aumento na concentração da maioria dos poluentes se deve ao fato das usinas de carvão não terem sua geração paralisada durante a fase de *lockdown* (KUMARI, 2020).

O ozônio (O_3) é considerado um gás secundário, que faz parte de um ciclo químico de formação e destruição envolvendo óxidos de nitrogênio e compostos orgânicos voláteis. Logo, o aumento na concentração de O_3 é devido à queda nos níveis de NO_3 e NO e ao aumento da temperatura (KUMARI, 2020).

Figura 6 – Variação na concentração de material particulados, NO_2 , SO_2 e O_3 , antes e após o decreto de *lockdown* em Nova Delhi, Mumbai e Singrauli.



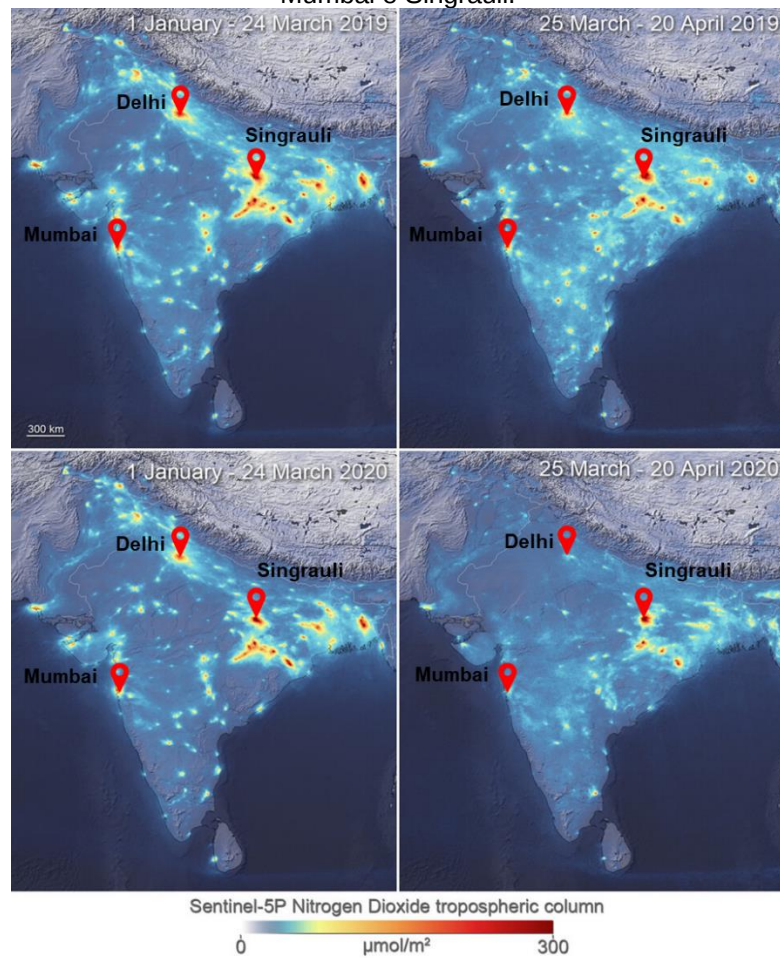
Fonte: modificado de KUMARI, 2020.

Na Figura 7, imagens captadas pelo satélite Sentinel-5P da Agência Espacial Europeia (ESA) mostram os níveis de NO_2 na Índia antes e depois de 25 de março. A concentração atmosférica do gás entre o primeiro dia de janeiro e 24 de março de 2020 é similar à concentração no mesmo período no ano de 2019, pré *lockdown*. Já

entre 25 de março e 20 de abril de 2020, período de *lockdown*, observa-se uma queda significativa na concentração de NO_2 , principalmente em Nova Delhi e Mumbai.

Conforme Kumari (2020), em Singrauli a concentração não variou tão significativamente devido suas usinas de carvão que não paralisaram as atividades. A Figura 8 mostra um exemplo visual da diferença na poluição do ar em Nova Delhi antes e após o *lockdown*.

Figura 7 – Concentração de NO_2 antes e depois do decreto de lockdown nas cidades de Nova Delhi, Mumbai e Singrauli.



Fonte: ESA, 2020a.

Figura 8 – Poluição do ar em Nova Delhi.

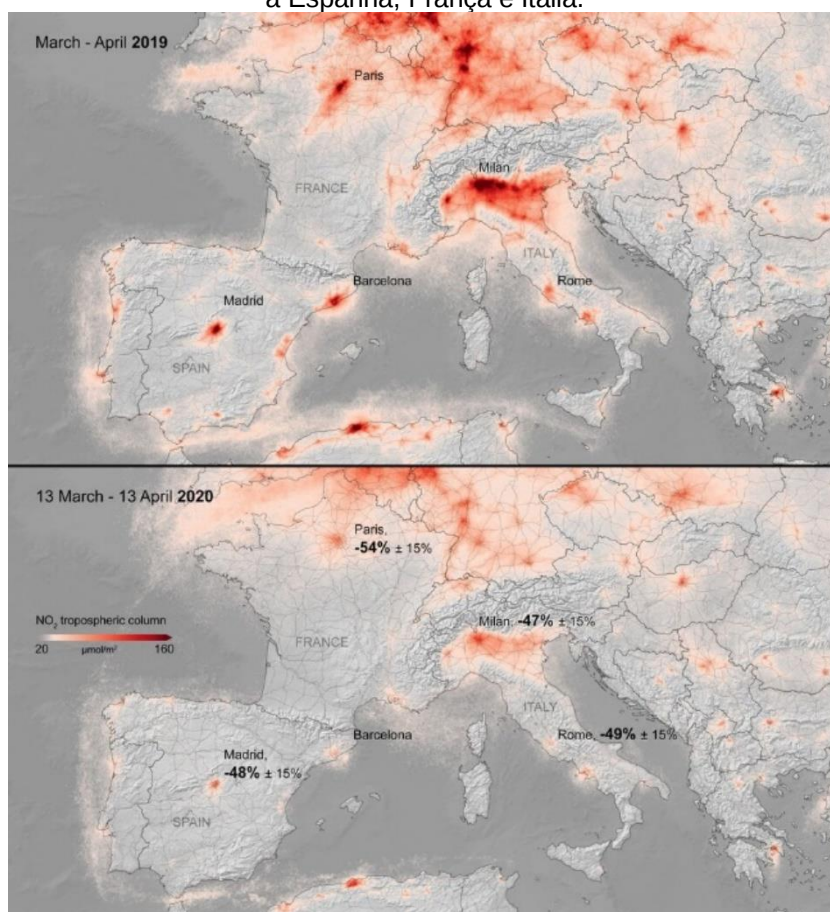


Fonte: CNN, 2020.

A queda na emissão de poluentes também pôde ser observada em países da Europa que adotaram medidas mais restritivas. Um dos principais motivos na redução de NO_2 em países europeus se deve pela queda no tráfego terrestre (European Environment Agency, 2020). No norte da Itália, região mais afetada pela pandemia, está situado o maior polo econômico do país, com grande densidade de indústrias, tráfego e agricultura intensiva. A região onde ficam as cidades de Turim, Milão e Genova, é responsável por quase 50% do PIB nacional, segundo Coker (2020).

Na Figura 9, é possível observar uma queda de 47% na concentração de NO_2 nessa região, após o decreto de *lockdown*. Em Paris (França) e Madrid (Espanha), observou-se uma queda na concentração de NO_2 de 54% e 48% respectivamente, após a adoção de medidas mais restritivas.

Figura 9 – Concentração de NO_2 durante o lockdown em 2020 e durante o mesmo período em 2019, a Espanha, França e Itália.

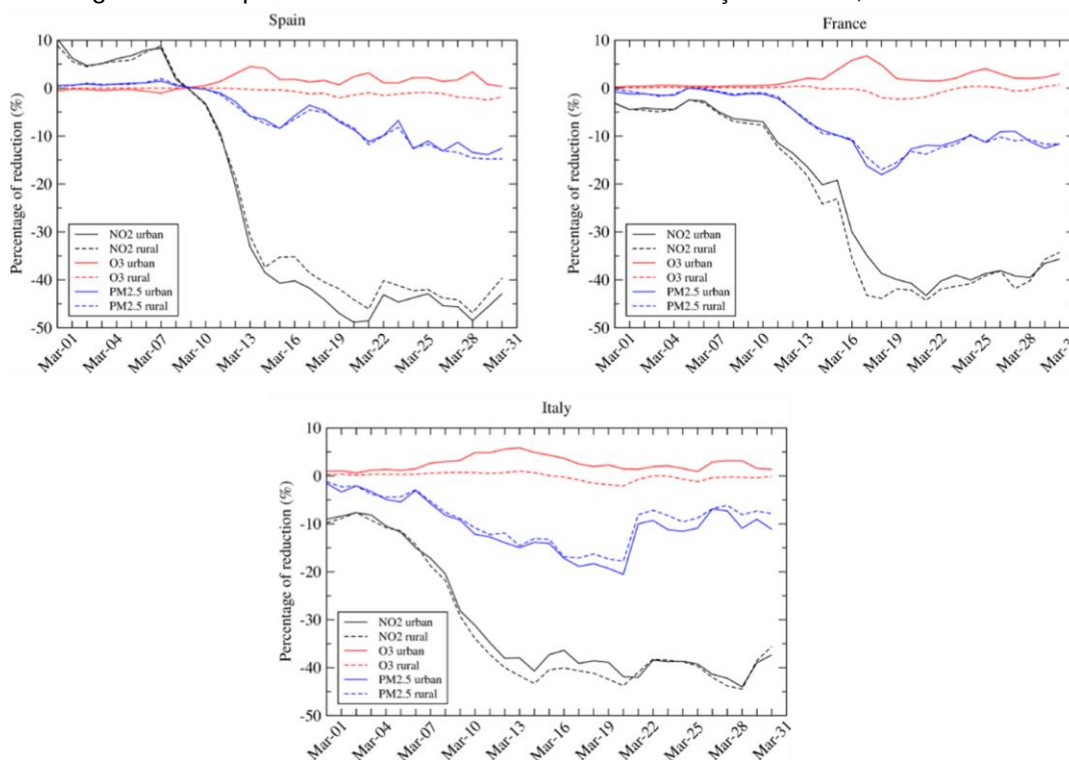


Fonte: ESA, 2020b.

Menut (2020) analisou as composições atmosféricas urbana e rural na Espanha, França e Itália durante março de 2020, considerando os poluentes dióxido de nitrogênio (NO_2), matéria particulado ($\text{PM}_{2.5}$) e ozônio (O_3), e comparando com

dados do mesmo período no ano anterior. A emissão do material particulado PM 2.5 tem origens variadas, como a queima de combustível de aquecedores, atividades industriais, tráfego terrestre e pela aplicação de fertilizantes. A partir da Figura 10, que as concentrações de PM 2.5 na Espanha, França e Itália reduziram no período de *lockdown*, mas essa redução foi menor em comparação com a concentração de NO₂.

Figura 10 – Impacto do lockdown médias de concentração de NO₂, PM 2.5 e O₃.



Fonte: Menut, 2020.

Essa variação, segundo a Agência Europeia do Meio Ambiente (EEA, 2020), se dá por conta do maior uso de aquecedores residenciais, em razão da quantidade de pessoas isoladas em casa, e pela aplicação de fertilizantes nessa época do ano. No norte da Itália, onde há agricultura intensiva, a variação da concentração foi menor. A concentração de O₃ aumentou em relação a 2019 no mesmo período. Como aconteceu na Índia, isso tem relação com a queda de concentração atmosférica de óxidos de nitrogênio.

3.2.3 Qualidade da água

A pandemia de COVID-19 também teve consequências positivas na qualidade da superfície da água em algumas regiões, pois o lockdown melhorou a qualidade da

água de rios, canais e mares (ZAMBRANO-MONSERRATE et al., 2020). Em Veneza, Itália, imagens de satélite apresentadas na Figura 11 mostram os canais de Veneza mais limpos um mês depois do lockdown (ESA, 2020c).

Antes da pandemia, a concentração total de material particulado em suspensão nos canais era de 3 g/m^3 , o que fazia com que a água ficasse mais turva, como mostra a imagem de abril de 2019. No entanto, durante a quarentena, esse valor caiu para $1,4 \text{ g/m}^3$, uma redução de mais de 50%. É possível observar em abril de 2020 a sedimentação dessas partículas, representada pelas manchas escuras no mar. Essa variação se dá pela limitação no tráfego de barcos, que fez com que os sedimentos assentassem, reduzindo a turbidez da água. A proibição do turismo também ajudou a reduzir a poluição causada por turistas.

Figura 11 – Canais de Veneza durante o período de quarentena em 2020 (acima) e o mesmo período em 2019 (baixo).

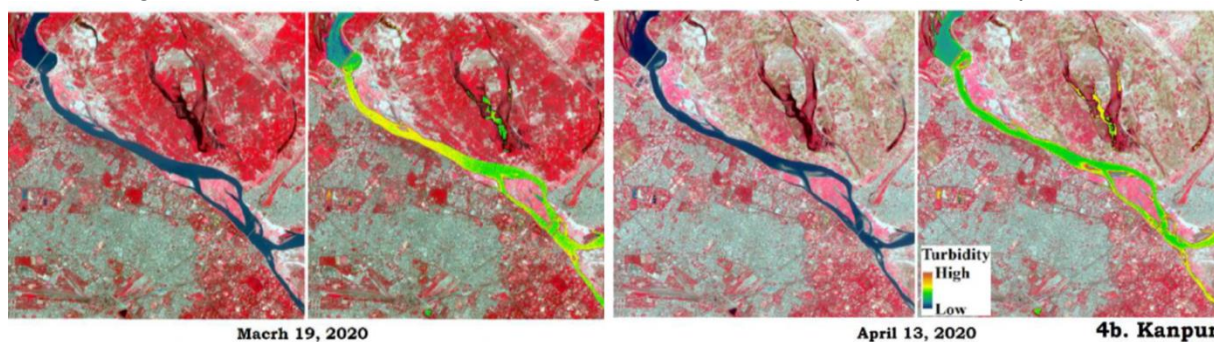


Fonte: ESA, 2020c.

Na Índia, onde alguns rios são expostos a despejos industriais e dejetos humanos, também houve uma melhora na qualidade da água. De acordo com o monitoramento em tempo real da qualidade de água do Centro de Controle de Poluição (CPCB) na Índia, em 19 de abril de 2020, durante o *lockdown*, o rio Ganges apresentava padrões de água potável nunca visto antes, atingindo um pH entre 6 e 8. Os níveis de oxigênio dissolvido melhoraram em 79%. Apesar de 80% da poluição no Ganges ser relacionada a esgoto doméstico, que aumentou durante a pandemia, segundo Singhal e Matto (2020), a redução de despejos industriais e atividades turísticas melhorou a qualidade da água.

Garg *et al.* (2020) analisou o nível de turbidez ao longo do rio Ganges. A Figura 12 mostra um exemplo do nível de turbidez do rio Ganges na cidade de Kanpur. Em março de 2020, antes do *lockdown*, a turbidez no trecho principal é representada pela cor amarela, que segundo a escala representa um nível de turbidez mais elevado. Já em abril de 2020, após o *lockdown*, a turbidez é representada por um tom mais verde, que significa um nível de turbidez menor que no período anterior.

Figura 12 – Nível de turbidez no rio Ganges, na cidade de Kanpur, antes e após o *lockdown*.



Fonte: Garg *et al.*, 2020.

Devido ao lockdown e paralisação das atividades industriais em Nova Delhi, Índia, a qualidade do rio Yamuna também melhorou. A mistura de detergentes e agentes químicos provenientes de despejos industriais e esgoto produz uma espuma tóxica que toma conta do rio. A Figura 13 mostra o desaparecimento dessa espuma durante o *lockdown*, em Lokhandwala e Gautam, 2020.

A redução na atividade humana, proibição do turismo e paralisação das atividades industriais são alguns fatores responsáveis pela melhora na qualidade da água em diversas regiões do mundo, durante a primeira onda da pandemia de COVID-19.

Figura 13 – Rio Yamuna, em Nova Delhi, antes (esquerda) e depois (direita) do *lockdown*.



Fonte: KANGUJAM, 2020.

3.2.4 Geração de resíduos

A pandemia de COVID-19 também trouxe impactos negativos, impactos que podem perseverar até por mais tempo que os positivos, que é o caso do aumento na geração de resíduos, principalmente plásticos. Diversos fatores que dispararam a geração de resíduos, mas os principais são o aumento de resíduos de serviços de saúde e lixo doméstico.

A maior parte desses resíduos é composto por materiais plásticos descartáveis. A gestão de resíduos plásticos é um desafio universal, pois o sistema atual ainda não é o mais adequado e eficiente. O aumento na geração de resíduos plásticos, em conjunto com um sistema falho de gerenciamento dos descartes, pode desencadear uma nova crise ambiental.

3.2.4.1 Resíduos de serviços de saúde

Segundo Das et al. (2021), todo lixo gerado por hospitais, laboratórios, postos de saúde, necrotérios, bancos de sangue e mesmo clínicas veterinárias serviços de saúde é considerado resíduo de serviço de saúde. Com a pandemia, a demanda de equipamentos de proteção aumentou tão drasticamente, que casou uma interrupção na cadeia de suprimentos global (ZAMBRANO-MONSERRATE *et al.* 2020).

Para garantir a segurança de funcionários da saúde e o atendimento e tratamento de pacientes infectados pelo coronavírus, foi necessário produzir uma

grande quantidade de itens descartáveis, a maior parte deles feitos de plástico (ZAMBRANO-MONSERRATE *et al.* 2020). Esses materiais incluem seringas, máscaras cirúrgicas, lâminas descartáveis, protetores faciais, luvas, roupas cirúrgicas, recipientes de desinfetantes, aventais, capas protetoras, entre outros.

Klemeš (2020) cita em seu estudo que, em Wuhan, durante a primeira onda, mais de 240 toneladas de resíduos hospitalares foram geradas por dia, que representa 190 toneladas a mais do que o usual. Segundo Zambrano-Monserrate *et al.* (2020), na cidade de Ahmedabad, na Índia, a quantidade de resíduos passou de 550 a 600 kg por dia para quase 1000 kg durante o *lockdown*.

Conforme Celis *et al.* (2021), foi evidenciado que os descartes de testes RT-PCR, usados para diagnosticar o coronavírus em pacientes, geraram em torno de 15.400 toneladas de resíduos plásticos até agosto de 2020.

Segundo OMS (2017), 85% dos resíduos de serviço de saúde não são perigosos, enquanto 15% dos descartes estão contaminados com patógenos, sendo considerados resíduos perigosos, que se não manuseados corretamente são uma ameaça para a saúde pública (JOHANNESSEN *et al.*, 2000). Em diretrizes disponibilizadas em 2017, a OMS recomenda que resíduos hospitalares sejam classificados e armazenados de acordo com sua categoria, antes de seu destino final. Resíduos gerais, como recicláveis, não exigem nenhum tratamento especial. Já materiais contaminados ou perfurocortantes, por exemplo, além de serem separados de outros resíduos, devem passar por tratamentos de desinfecção por meio do calor ou encaminhados para incineração, antes de serem enviados para aterros.

Pelo fato do coronavírus ser altamente transmissível, maiores cuidados devem ser tomados com o gerenciamento. Em 2020, o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (UNEP), publicou um documento com informações práticas, sugestões e diretrizes sobre o gerenciamento de resíduos durante a pandemia, disponibilizando um compilado de práticas adotadas por diversos países (UNEP, 2020). Na China, por exemplo, todo resíduo hospitalar foi considerado contaminado, sem distinção entre os tipos de resíduos.

O tratamento mais adotado para resíduos contaminados, é a incineração. Mas, ainda que seja uma opção efetiva e que reduz o volume e peso dos resíduos, existem alguns contrapontos, como alto gasto de energia e emissão de gases poluentes e potencialmente tóxicos. Logo, com o aumento da quantidade de resíduos hospitalares,

se destinados para incineração, maior será o consumo de energia e emissão de gases poluentes, como CO₂ e NO₂ (UNEP, 2020).

3.2.4.2 Resíduos domésticos

As medidas de isolamento adotadas na pandemia, que levou milhões de pessoas a permanecerem em casa, também trouxeram consequências para a gestão de resíduos. Uma queda na quantidade de resíduos de escritórios e espaços público foi observada, enquanto houve um aumento na geração de resíduos plásticos, principalmente de origem doméstica. Segundo Klemeš (2020), alguns fatores que contribuíram para esse aumento são:

- A preocupação com a situação no início da pandemia, levou pessoas a estocarem alimentos, e muitas embalagens utilizadas para embalar compras em mercados são feitas de plástico;
- Aumento de compras *online*, gerando maior quantidade de embalagens de produtos descartas;
- Aumento nos serviços de *delivery* de comida, e em consequência aumento de descarte de embalagens descartáveis e utensílios plásticos;
- Mudança nos hábitos de consumo: dada a situação, a população passou a enxergar materiais descartáveis como opções mais higiênicas e seguras para evitar a transmissão do vírus, causando um maior descarte de resíduos plásticos.

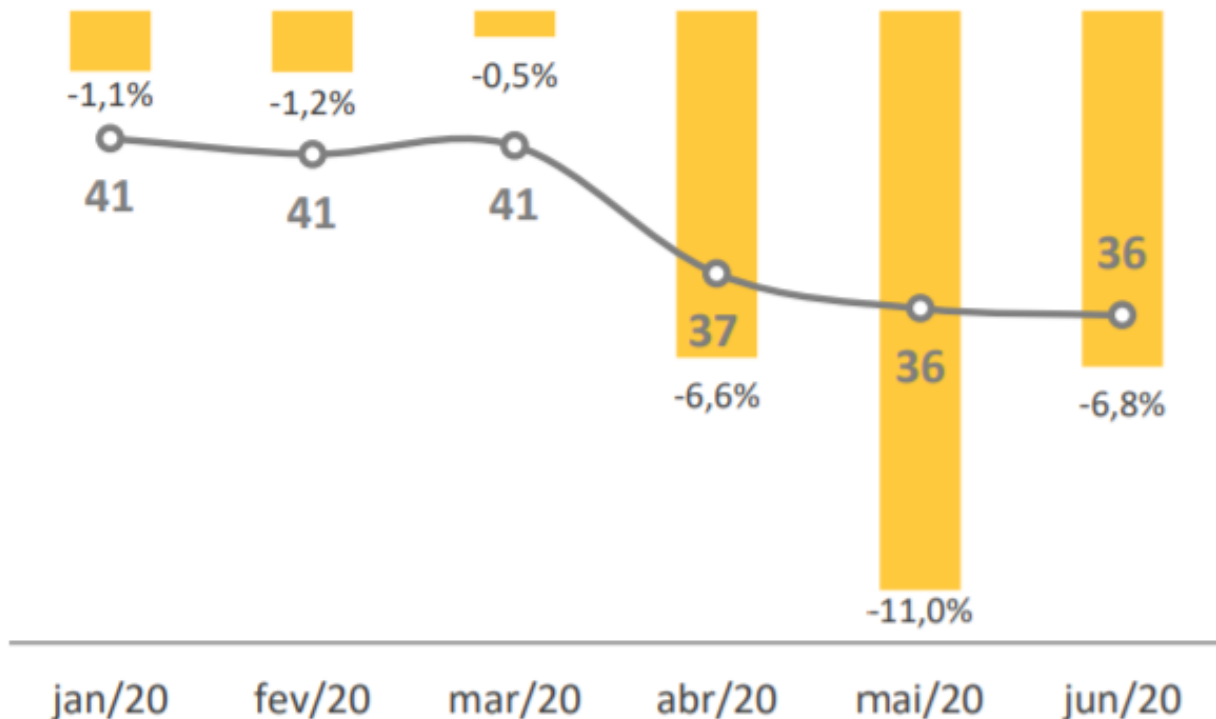
O aumento no descarte de resíduos plásticos tem grande impacto nos sistemas de gerenciamento de resíduos, já que em muitas cidades essa gestão ainda é inadequada, sendo necessário encontrar alternativas mais sustentáveis para tratar estes materiais.

3.2.3 Impactos ambientais no Brasil

No Brasil, o cenário ambiental durante os primeiros meses de pandemia também mudou em alguns aspectos, mas não foi tão otimista quanto outros países, já que no país, não foi adotado *lockdown* total e não houve campanhas de saúde propagando as recomendações da OMS por parte do governo federal.

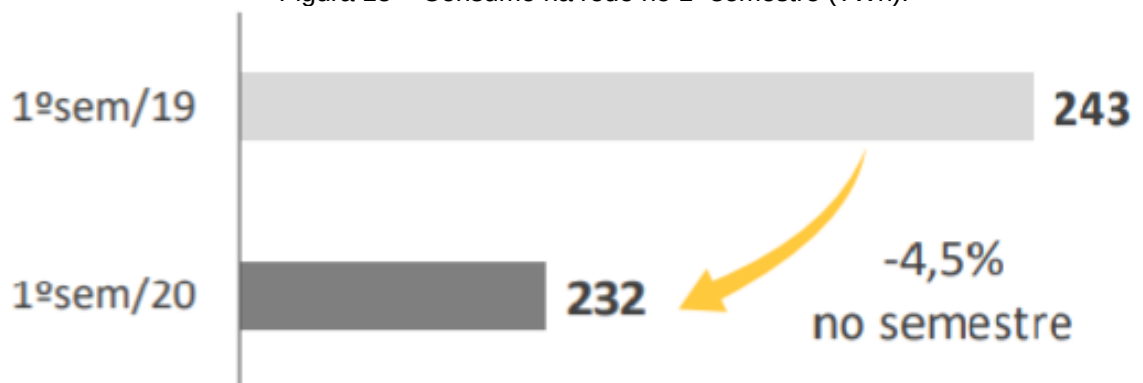
De acordo com o relatório da Empresa de Pesquisa Energética (2020), no primeiro semestre de 2020, houve uma queda de 4,5% no consumo de energia elétrica do país, comparado aos valores de 2019 no mesmo período, como observa-se nas Figuras 14 e 15.

Figura 14 – Consumo na rede no 1º semestre (% e TWh).



Fonte: EPE, 2020.

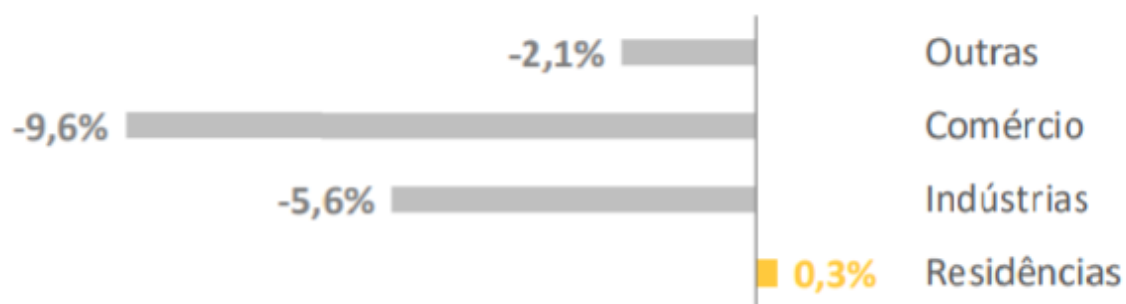
Figura 15 – Consumo na rede no 1º semestre (TWh).



Fonte: EPE, 2020.

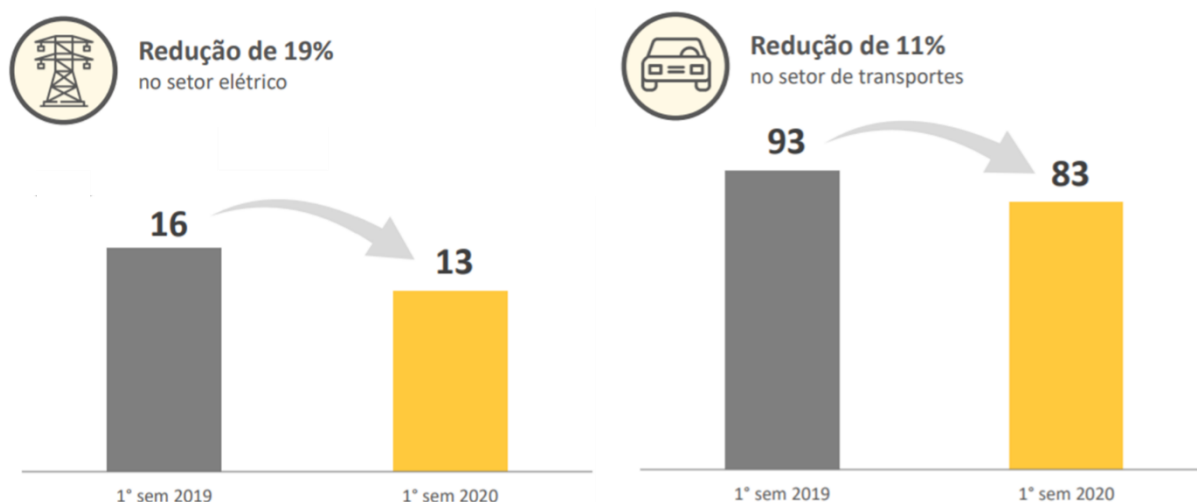
O consumo comercial e industrial (setores mais afetados pelas medidas de isolamento), caiu 9,6% e 5,6% respectivamente, enquanto o residencial teve uma alta de 0,3%, segundo a Figura 16.

Figura 16 – Consumo na rede no 1º semestre (TWh) por setor (janeiro a maio).



Fonte: EPE, 2020.

Figura 17 – Emissões nos primeiros semestres de 2019 e 2020 (MtCO₂).



Fonte: EPE, 2020.

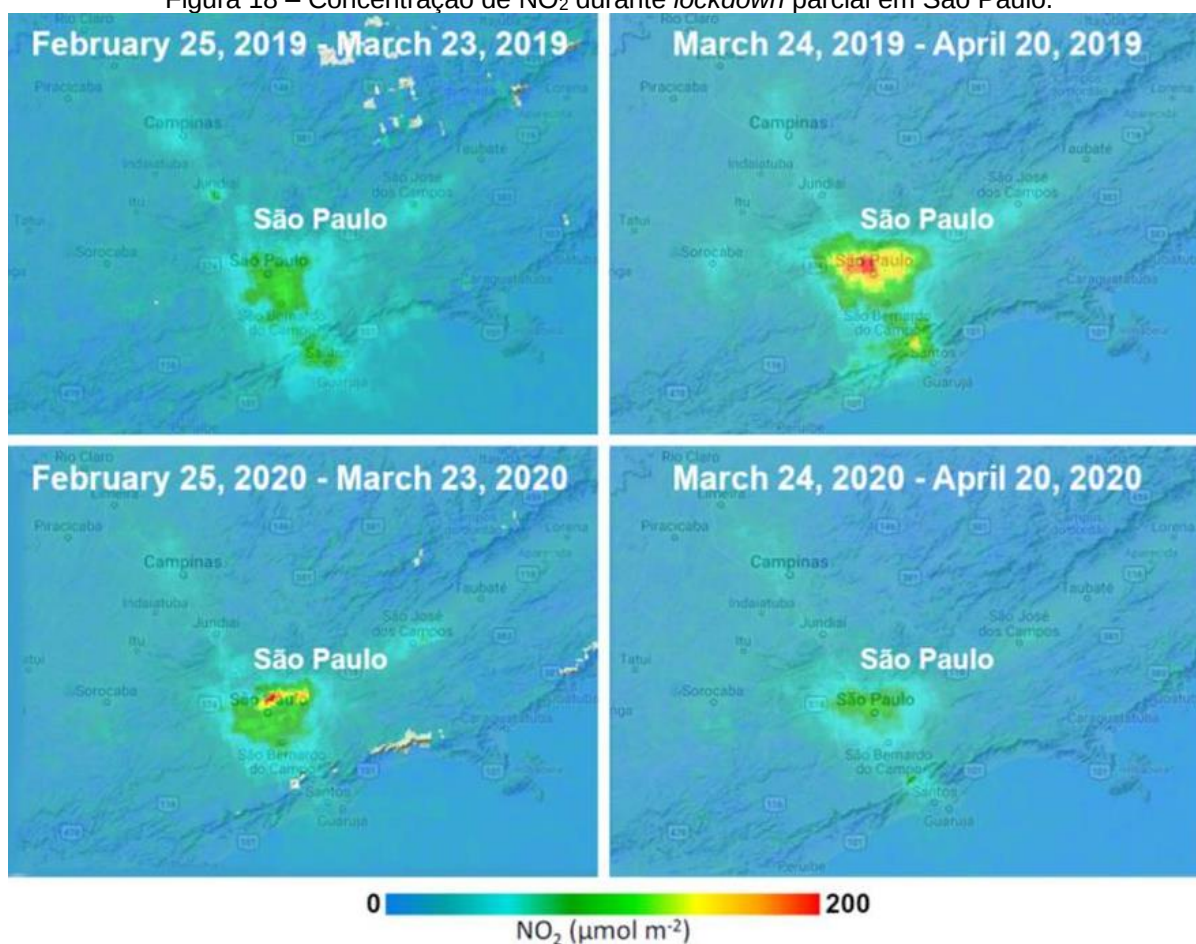
As emissões de gases do efeito estufa (GEE) também tiveram uma redução momentânea referentes aos setores elétrico e de transporte, como mostra a Figura 17. Assim como no resto do mundo, essa redução não ocasionou mudanças significativas a longo prazo.

Na Região Metropolitana de São Paulo, área mais crítica do estado de São Paulo em termos de poluição, também houve uma melhora na qualidade do ar. De acordo com a CETESB (2020), a principal fonte de poluição do ar são as emissões veiculares, provenientes do uso intensivo de veículo para transporte individual e aumento de congestionamentos. Veículos pesados são responsáveis por 43,8% das emissões de óxidos de nitrogênio, enquanto 36,1% são de origem de processos industriais.

Com a paralisação momentânea das atividades econômicas e o isolamento social influenciando no fluxo de veículos, uma diminuição na concentração de NO₂ foi

observada nos primeiros meses de pandemia. A Figura 18 mostra uma queda expressiva na concentração NO_2 entre 24 março e 20 de abril de 2020, em comparação com o período de 25 de fevereiro a 23 de março de 2020, antes de serem adotadas as medidas restritivas no município de São Paulo.

Figura 18 – Concentração de NO_2 durante *lockdown* parcial em São Paulo.



Fonte: NAKADA, 2020.

Com as mudanças dos hábitos de consumo durante a quarentena, também houve um aumento na geração de resíduos plásticos de origem doméstica. Um balanço feito pela Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (Abrelpe) mostra um aumento de 20% na coleta de resíduos domésticos recicláveis no mês de maio. No entanto, segundo o diretor-presidente da entidade, Carlos Silva Filho, nem todo resíduo gerado foi destinado para a reciclagem pois muitas centrais no Brasil tiveram a atividade suspensa e o material coletado foi encaminhado para aterros e lixões (CNN BRASIL, 2020).

4 MATERIAIS E MÉTODOS

Os objetos de estudo deste trabalho foram as duas localidades da Siemens Brasil: a unidade do setor administrativo e a unidade do setor fabril, localizadas em São Paulo (SP) e Jundiaí (SP) respectivamente.

4.1 LOCAL DE ESTUDO

A Siemens é um conglomerado global de tecnologia presente em mais de 200 países, que atua nas áreas de eletrificação, automação e digitalização. No Brasil, a Siemens tem sede na cidade de São Paulo (SP), e possui escritórios regionais, centros de distribuição e centros de Pesquisa e Desenvolvimento em mais de 10 localidades.

A Siemens se concentra em negócios relacionados às áreas de Indústria, Infraestrutura e Mobilidade, tendo como principal estratégia criar tecnologia com propósito, possibilitando a construção de fábricas mais ágeis, infraestruturas mais inteligentes e transportes mais eficientes, capacitando seus clientes a remodelarem sistemas da indústria e de infraestrutura para criar um futuro mais sustentável.

As principais unidades da Siemens Brasil, que foram os objetos de estudo deste trabalho, são: a unidade conhecida como Anhanguera, onde fica a sede administrativa e escritório principal, localizado na cidade de São Paulo (SP), e a unidade conhecida como Jundiaí, onde fica a principal unidade fabril da Siemens e centro de distribuição, localizada na cidade de Jundiaí (SP).

4.1.1 Siemens Anhanguera

A unidade da Anhanguera, sede administrativa da Siemens no Brasil (Figura 19), está localizada na cidade de São Paulo (SP), dentro de uma pequena área de preservação da Mata Atlântica e próxima à Rodovia Anhanguera (SP-330). De acordo com dados fornecidos pelo setor de Recursos Humanos (RH) e pelos Serviços Especializados em Engenharia de Segurança e em Medicina do Trabalho (SESMT), cerca de 1000 pessoas trabalham nessa unidade, entre funcionários da empresa Siemens e terceiros.

Figura 19 – Fachada do prédio administrativo da Siemens Anhanguera.



Fonte: Relatório de Sustentabilidade da Siemens 2020/2021.

Figura 20 – Prédio administrativo (1) e prédio de serviços (2), localizados na Siemens Anhanguera.



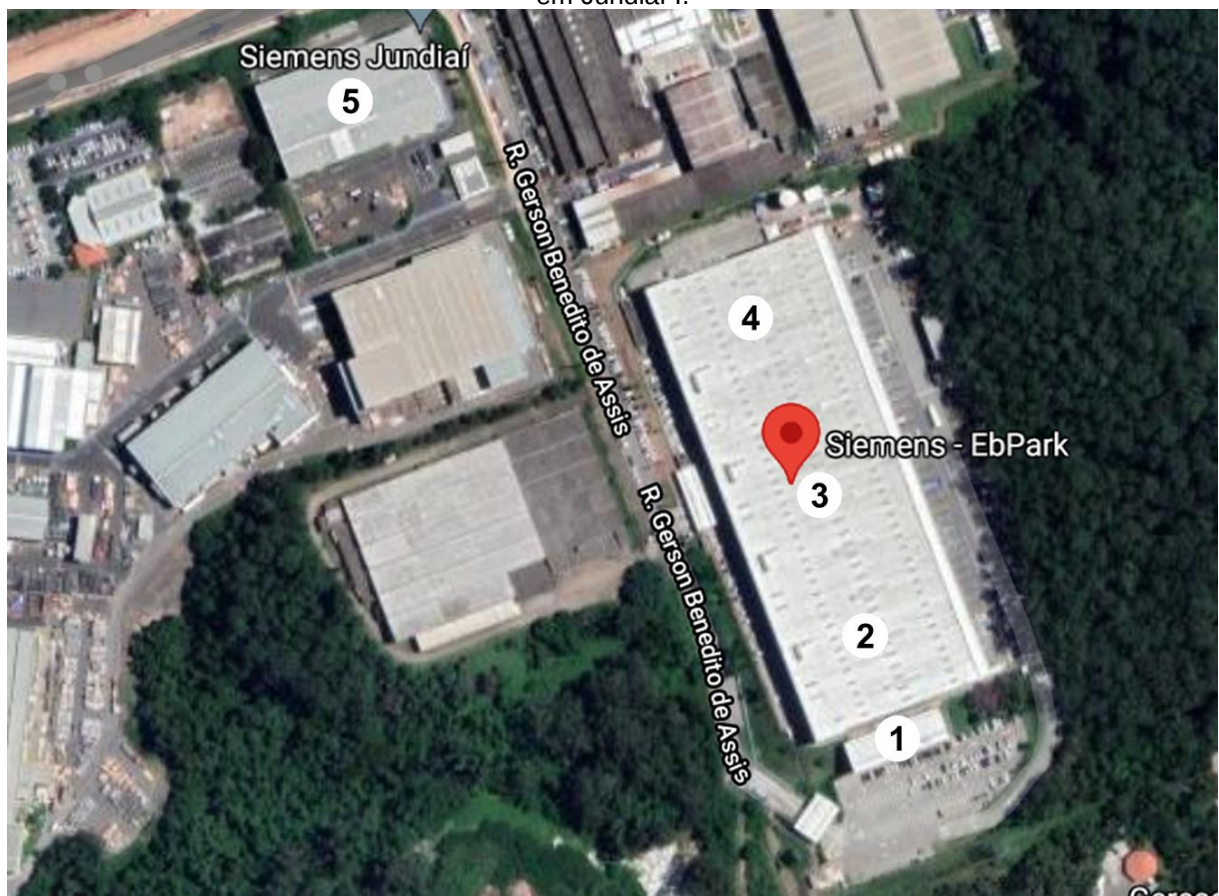
Fonte: adaptado de Google Maps, 2021a.

Como mostra a Figura 20, a planta é composta por dois prédios: o prédio administrativo (1), onde fica o escritório, composto por um subsolo, térreo e sete pavimentos e um prédio de serviços (2), onde ficam localizados as salas de serviço médico da Siemens, o restaurante, auditórios e outras instalações de serviços, composto por dois pavimentos.

4.1.2 Siemens Jundiaí

A planta de Jundiaí é onde fica localizada a unidade fabril da Siemens, na cidade de Jundiaí (SP). De acordo com os dados fornecidos pelo RH e o SESMT local, na planta trabalham em torno de 1200 pessoas, entre funcionários da empresa Siemens e terceiros.

Figura 21 – Restaurante (1), SI DS (2), SI DG (3) e centro de distribuição (4), em Jundiaí II e LDA (5), em Jundiaí I.



Fonte: adaptado de Google Maps, 2021b.

A unidade de Jundiaí, como mostra a Figura 21, é composta por duas instalações:

- Jundiaí II, onde ficam localizados a unidade de negócio *Siemens Infrastructure Distribution Systems* (SI DS), que é a fábrica de produtos e soluções em média-tensão (2), a *Siemens Infrastructure Digital Grid* (SI DG), fábrica de produtos e soluções em automação e controle de energia (3) e a SI&DI LOG, que é o principal centro de distribuição da Siemens Brasil (4). No segundo pavimento

da estrutura, ficam os setores administrativos. Essa localidade também conta com um restaurante corporativo e um ambulatório;

- Jundiaí I, onde fica a unidade de negócio *Large Drives Applications* (LDA) que é a fábrica de conversores de frequência de média-tensão (5). Essa instalação, apesar de se situar em outro endereço, se encontra dentro do escopo da planta de Jundiaí.

O centro de distribuição da Siemens antes era localizado na cidade de Cabreúva (SP), e passou a funcionar em Jundiaí II a partir de janeiro de 2021. A Figura 22 mostra a fábrica de Jundiaí II.

Figura 22 – Fábrica de Jundiaí II.



Fonte: Relatório de Sustentabilidade da Siemens 2020/2021.

4.2 COLETA DE DADOS

Os dados utilizados para análise desse estudo foram disponibilizados pela equipe de Gestão Ambiental corporativa da Siemens, em forma de indicadores ambientais já calculados.

4.3 ANÁLISE DE DADOS

Foi realizada uma análise estatística dos dados de quatro indicadores ambientais estratégicos da Siemens Brasil: consumo de água, consumo de energia

elétrica, emissão de CO₂ e geração de resíduos. O período analisado foi de março a dezembro, e foi feita um comparativo mensal entre os indicadores de 2020, ano de pandemia e os indicadores de 2019, um ano típico da Siemens.

Tais indicadores ambientais foram disponibilizados já calculados pela equipe de Gestão Ambiental, que faz o cálculo por meio de uma base de dados fornecida pelo departamento de administração e manutenção predial da Siemens, a *Siemens Real Estate* (SRE).

Para trazer uma análise mais detalhada, foram estudados os procedimentos e metodologias envolvendo a descrição, o cálculo e o monitoramento dos indicadores ambientais da Siemens Brasil. O detalhamento dos indicadores analisados foram foi feito a seguir.

4.3.1 Emissão de CO₂ equivalente

O CO₂ equivalente (CO₂eq) é uma medida utilizada para comparar as emissões de gases de efeito estufa baseado no seu potencial de aquecimento global (fator GWP). É o principal indicador ambiental da Siemens Brasil, e seu monitoramento e cálculo pode ser consultado no procedimento corporativo interno de Precificação Interna de Carbono.

A quantidade de CO₂ equivalente emitida pelas áreas de negócio é demonstrada por meio de sua Pegada de Carbono. As emissões de gases de efeito estufa que alimentam essa Pegada são relatadas com base no Padrão Corporativo do Protocolo de Gases de Efeito Estufa (GHG Protocol) do *World Resource Institute* (WRI) e do *World Business Council for Sustainable Development* (WBCSD).

A Pegada de Carbono é calculada por meio da somatória de dois fatores: o Escopo 1, que abrange o consumo de energia primária, consumo de combustível nos carros da frota e vazamento de outros gases, controlados pelos Protocolos de Montreal e de Kyoto, e o Escopo 2, que abrange o consumo de energia secundária. Dada as diferentes fontes, é aplicado um fator de conversão (GWP) para cada tipo de emissão e consumo no cálculo da Pegada. As metodologias para obtenção de cada um dos dados foram descritas a seguir.

4.3.1.1 Energia primária

As fontes de energia primária utilizadas nos processos da Siemens Brasil são:

- Diesel: combustível usado em geradores de energia para emergência e outros processos produtivos;
- Gás Liquefeito de Petróleo (GLP): gás utilizado na cocção de alimentos nos restaurantes das localidades ou como combustível de veículos industriais nas áreas fabris;
- Gasolina: combustível utilizado em equipamentos de manutenção geral.

Os dados de consumo de energia primária são obtidos por meio de Notas Fiscais referentes aos abastecimentos realizados ou por meio do consumo inserido em um sistema corporativo. Os fatores de conversão (GWP) são fornecidos pela Siemens Global e expressos em CO₂eq (toneladas de dióxido de carbono equivalente). O cálculo da energia primária é dado por:

$$CO_2 eq = \left[\frac{\text{Consumo de gasolina (L)}}{\text{gasolina (L)}} + \frac{\text{Consumo de diesel (L)}}{\text{diesel (L)}} \right] * \frac{\text{Fator Diesel}}{\text{Gasolina}} + \left[\frac{\text{Consumo de GLP (kg)}}{\text{GLP (kg)}} * \text{Fator GLP} \right]$$

Na planta da Anhanguera, as fontes primárias existentes são diesel e GLP usado no restaurante. Em Jundiaí II são consideradas as seguintes fontes primárias: diesel, gasolina, GLP de empilhadeiras e GLP dos restaurantes.

4.3.1.2 Energia secundária

A energia elétrica é considerada secundária por utilizar de outro tipo de energia para sua produção, podendo ser renovável (hidroelétricas, eólicas, solar) ou não renovável (termoelétricas que geram energia por meio de fissão nuclear ou queima de combustíveis fósseis).

Os dados de consumo de eletricidade são obtidos por meio de contas das concessionárias que fornecem a energia. O fator de emissão referente à energia elétrica é fornecido pelo Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovação e Comunicação, e é baseado na quantidade de energia renovável e não renovável utilizada no período e expresso em MWh.

A localidade de Anhanguera é abastecida somente por energia provenientes de fontes renováveis, logo não há emissão de CO₂ equivalente. Jundiaí II é abastecida por meio de uma concessionária que obtém energia de fontes renováveis e não renováveis, de acordo com suas disponibilidades no mercado energético.

4.3.1.3 Frota

É considerado nesse indicador apenas o consumo de combustível dos carros de grupos de funcionários elegíveis ao Cartão Combustível da empresa. O funcionário pode utilizar esse cartão para abastecer com o combustível de acordo com a classificação:

- Carros alugados (equipes de vendas e média gerência): uso exclusivo de etanol;
- Carros de benefícios (cargos executivos): uso de etano, gasolina e diesel.

Os dados de consumo de combustível são obtidos por meio do sistema de controle de abastecimento da empresa responsável pelos Cartões Combustível. Cada tipo de combustível possui um fator de conversão, sendo utilizado como referência o *GHG Protocol*.

4.3.1.4 Outros gases

Outros gases que contribuem para o efeito estufa são utilizados para refrigeração de equipamentos de ar-condicionado, bebedouros, *chillers* e outros equipamentos. A má operação ou manutenção desses equipamentos pode resultar no vazamento destes gases refrigerantes. Todos os vazamentos devem ser informados pelas áreas responsáveis para sua devida contabilização.

Os fatores de conversão dos gases refrigerantes utilizados na Siemens Brasil são fornecidos pela Siemens Global.

4.3.2 Gerenciamento de resíduos

O gerenciamento de resíduos na Siemens Brasil abrange a coleta, separação, classificação, remoção e descarte de bens de consumo de uso contínuo (suprimentos), mercadorias duráveis (itens de mobiliário e eletroeletrônicos) e

materiais de construção provenientes de reformas e ampliações executadas pela *Siemens Real Estate* (SRE). Este processo pode ser consultado no procedimento corporativo interno das unidades de Anhanguera e Jundiaí II, chamado Gerenciamento de Resíduos. A SRE é responsável pelo gerenciamento de resíduos gerados pela infraestrutura das localidades e por designar responsáveis pela sua operacionalização na localidade, inclusive pela coleta e encaminhamento ao depósito de resíduos.

Na gestão de resíduos da Siemens Brasil consideram-se seguintes materiais:

- Recicláveis: suprimentos metálicos (sucata, cilindros de gases refrigerantes, placas de circuito), suprimentos não metálicos (materiais de escritório, lâmpadas, embalagens aerossóis, pneus, pilhas, baterias e vidro), bens duráveis (equipamentos eletrônicos e móveis) e materiais de construção (madeiras, fios e cabos, resíduos de construção civil).
- Não recicláveis: resíduos orgânicos, água de refrigeração, folhagens e galhos, filtros de ar-condicionado, produtos tóxicos, resíduos ambulatoriais, resíduos da ETE e efluentes líquidos.

O gerenciamento de resíduos sólidos na Siemens Brasil é contemplado pelas etapas apresentadas na Figura 23.

Figura 23 – Etapas do gerenciamento de resíduos na Siemens Brasil.



Fonte: elaborada pela autora.

Os resíduos descartados pelas unidades da Anhanguera e Jundiaí são enviados para disposição final ou unidade de tratamento, por meio de empresas autorizadas para estes fins. Alguns exemplos de destinação de resíduos da Siemens Brasil são:

- Reciclagem: para materiais de escritório, pneus, componentes eletroeletrônicos;
- Empresas de fundição: para materiais metálicos;
- Aterros sanitários: para madeiras, lixo orgânico;
- Compostagem: para folhagens e galhos;

- Reparo e reuso: para móveis do escritório, equipamentos de informática;
- ETE: para a água de refrigeração de torres de resfriamento;
- Coprocessamento em forno de cimento: para produtos químicos e resíduos sólidos;

Os resíduos de serviços de saúde são gerenciados obedecendo o Plano de Gerenciamento de Resíduos de Serviços de Saúde (PGRSS). O ambulatório é responsável pelo registro da movimentação de resíduos, a SRE aciona a empresa responsável pela coleta e destinação final dos resíduos e a equipe de Gestão Ambiental faz o monitoramento dessa gestão por meio dos indicadores ambientais.

Os registros de todas as saídas de resíduos, incluindo destino, data, quantidade e responsável pela coleta são mantidos pela SRE. Para o monitoramento da destinação mensal de resíduos, a SRE disponibiliza um relatório de movimentações financeiras da compra de materiais e venda de inservíveis. A SRE faz a classificação dos materiais, acompanha o carregamento, pesagem e emissão da nota fiscal de venda.

O indicador de gerenciamento de resíduos é calculado por meio do balanço financeiro entre a compra do material e a venda de subprodutos (sucatas e outros resíduos), apresentando um saldo e um valor médio de perda por tonelada. Quanta aos resíduos que não resultam de materiais comprados, como resíduos de jardinagem, varrição, restos alimentares, entre outros, considera-se o valor pago pela destinação e transporte.

Para fins deste estudo, foi analisada a quantidade de resíduos que foi destinada durante o período, sem considerar o índice financeiro.

4.3.3 Consumo de energia elétrica

O consumo de energia, como citado na seção 4.3.1.2, é uma fonte secundária de energia, e os dados são obtidos por meio de contas das concessionárias.

4.3.4 Consumo de água

O consumo de água, apesar de não ser um indicador ambiental estratégico da Siemens Brasil, também é acompanhado pelo EHS. Os dados são monitorados pela SRE, e obtidos por meio das empresas de abastecimento.

4.3.5 Pandemia e medidas de controle

Em janeiro de 2020, a equipe de EHS estabeleceu o Comitê de Monitoramento de Saúde para dar suporte sobre o coronavírus aos funcionários. Com a evolução da crise, surgiram mais três comitês a partir do primeiro: o Comitê Executivo, o Comitê Estratégico e o Comitê Operacional, todos responsáveis por acompanhar a evolução da pandemia no Brasil, monitorando informações relevantes e a saúde dos funcionários e determinando diretrizes e recomendações.

Em 12 de março de 2020, dado a gravidade da pandemia, o nível de alerta para o Brasil foi elevado para emergência em saúde pública de importância nacional. A partir de 16 de março de 2020, foi determinado que todo o público administrativo de ambas as localidades seria colocado em regime emergencial de *home office*. Apenas pessoas cuja presença fosse crítica para os negócios seriam permitidas a trabalhar presencialmente nas localidades, mediante validação do responsável da área.

4.3.5.1 Siemens Anhanguera

Antes da pandemia, em torno de 1000 pessoas frequentavam diariamente a localidade da Anhanguera. A partir de 16 de março de 2020, algumas medidas foram tomadas:

- Determinação do regime emergencial de *home office*: foi estabelecido que todo funcionário do público administrativo trabalharia de casa. Segundo dados fornecidos pelo RH e SESMT local, a média diária de pessoas trabalhando na planta em junho de 2020 era de 150 pessoas. Apenas funcionários de serviços essenciais permaneceram trabalhando presencialmente, com rotatividade da equipe, como a área de segurança do trabalho, área da saúde, área de administração e manutenção predial e funcionários críticos para os negócios;
- Fechamento dos andares: em março e abril de 2020, dos 6 andares de escritório, apenas o primeiro, terceiro e sexto permaneceram em funcionamento, junto com o térreo e o subsolo. A partir de maio do ano, todos os andares, exceto o primeiro, foram fechados, com o térreo e subsolo permanecendo em funcionamento;
- Aumento da higienização dos espaços de trabalho;

- Cancelamento de todos os eventos internos;
- Determinação de restrições de viagens de negócio;
- Cancelamento dos fretados que levavam funcionários e prestadores de serviço até a localidade;
- Fechamento do restaurante a partir de abril de 2020, que em março estava funcionando em capacidade reduzida. O estabelecimento permaneceu fechado até junho de 2021;
- Realização de campanhas periódicas de testagem para diagnóstico de COVID-19 em funcionários.

4.3.5.2 Siemens Jundiaí

Antes da pandemia, uma média de 800 pessoas frequentavam diariamente o a planta de Jundiaí. A partir de 16 de março de 2020, algumas medidas foram tomadas:

- Determinação de home office: parte do público administrativo passou a trabalhar de casa;
- Paralisação de alguns processos fabris em razão da crise de logística global. A partir de maio de 2020, cada área de negócio passou a definir medidas e diretrizes específicas para cada negócio, alinhados ao protocolo de saúde e segurança da Siemens;
- Aumento da higienização dos espaços de trabalho;
- Cancelamento de eventos internos;
- Determinação de restrição de viagens de negócios;
- Adequação do restaurante: o estabelecimento permaneceu em funcionamento, com quantidade de refeições reduzidas e adequação do salão seguindo os protocolos de distanciamento social;
- Aumento na quantidade de fretados para a localidade, para adequação aos protocolos de distanciamento social;
- Estabelecimento de campanhas de testagem periódicas para diagnóstico de COVID-19 em funcionários.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo foram apresentadas as análises estatísticas dos indicadores ambientais da Siemens Brasil durante o período de pandemia, nas localidades da Anhanguera e de Jundiaí. Todos os dados foram revisados pela equipe de gestão ambiental do EHS da Siemens Brasil.

Em razão da confidencialidade desses dados, foram omitidos os eixos verticais dos gráficos apresentados nessa seção, para não evidenciar os valores de consumo. Foram mantidas as representações gráficas indicando apenas as unidades de medidas e evidenciando as variações percentuais entre os dados de cada mês, comparando a curva do ano de 2020 com a curva do ano de 2019. Quando o consumo em 2020 for menor que em 2019, a variação será negativa, representando a queda no consumo; no caso de o consumo ser maior que no ano anterior, a variação será positiva, representando um aumento do valor. Essas variações foram apresentadas nas Tabela 10 a 20, no Apêndice A.

5.1 SIEMENS ANHANGUERA

A planta da Anhanguera, por se tratar de uma unidade administrativa onde em torno de 85% dos funcionários permaneceram trabalhando de casa durante o período analisado, apresentou uma grande queda em todos seus indicadores ambientais monitorados.

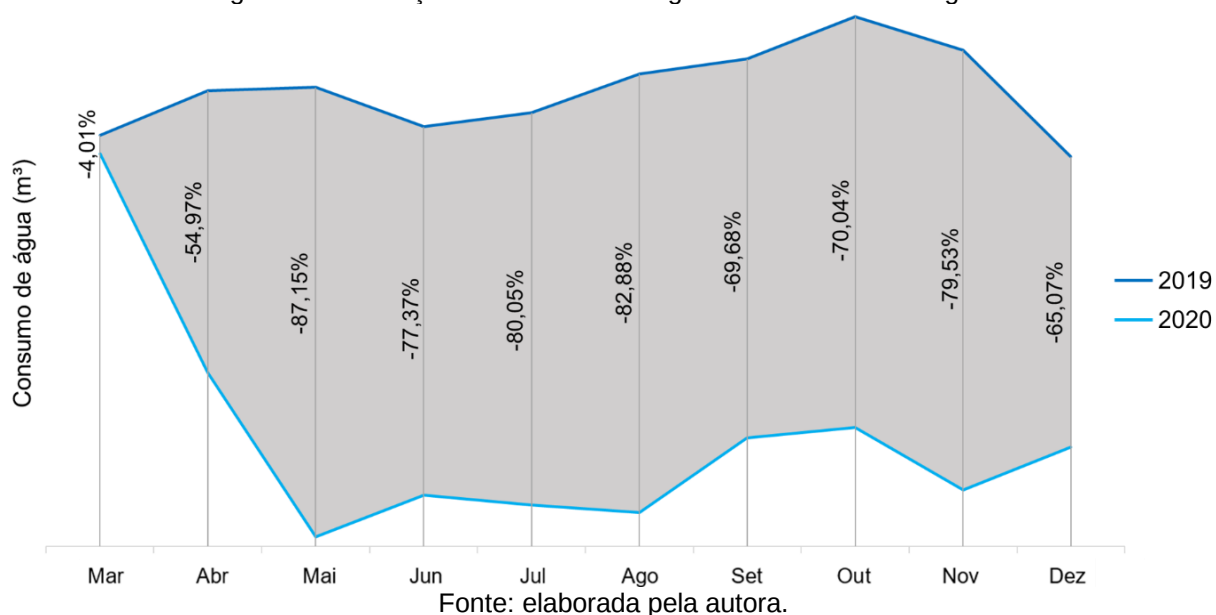
5.1.1 Consumo de água

O gráfico da Figura 24 mostra os consumos de água dos períodos de março a dezembro de 2019 e março a dezembro de 2020. Ainda que não sejam mostrados os valores, ressalta-se que o consumo de água é expresso em m³. Como pode-se observar no gráfico, o consumo de água no período estudado de 2020 foi menor em comparação ao mesmo período de 2019, o que mostra grande impacto das medidas de restrição adotadas pela empresa durante a pandemia.

Observou-se que em 2020, de março a maio o consumo de água caiu na localidade, em razão da quantidade diária média de pessoas trabalhando presencialmente ter passado de 1000 para 150 pessoas. A maior queda, em maio de

2020, ocorreu devido ao fechamento total do restaurante, que ainda funcionava com capacidade reduzida nos meses de março e abril. Em maio também houve a maior variação entre os dados de 2020 e de 2019, mostrando uma queda de 87,15% no consumo de água em maio de 2020 em comparação com maio de 2019.

Figura 24 – Variação do consumo de água na Siemens Anhanguera.



Entre maio e junho de 2020 foi observado um aumento de 61% no consumo de água e novamente uma queda de 19% de junho a agosto do ano. A quantidade média de 150 funcionários trabalhando presencialmente na localidade permaneceu a mesma desde março, logo presume-se que essa variação não tenha relação direta com o aumento da circulação de pessoas no local, estando provavelmente ligadas às atividades de manutenção rotineiras e serviços pontuais conduzidos pela SRE.

Em setembro e outubro de 2020, houve um aumento de 94% no consumo. No mês de setembro, houve a volta presencial de aproximadamente 80 pessoas pertencentes a uma das áreas administrativas, fato que pode ter impactado nesse índice.

Segundo informações obtidas pela SRE, a variação no consumo de água também pode estar atrelada aos serviços de manutenção de equipamentos e reformas prediais realizadas durante o período. Ou seja, uma maior quantidade de serviços realizados impacta em um maior consumo de água. O aumento acontece tanto pela necessidade do uso de água para certos serviços como pela maior circulação de

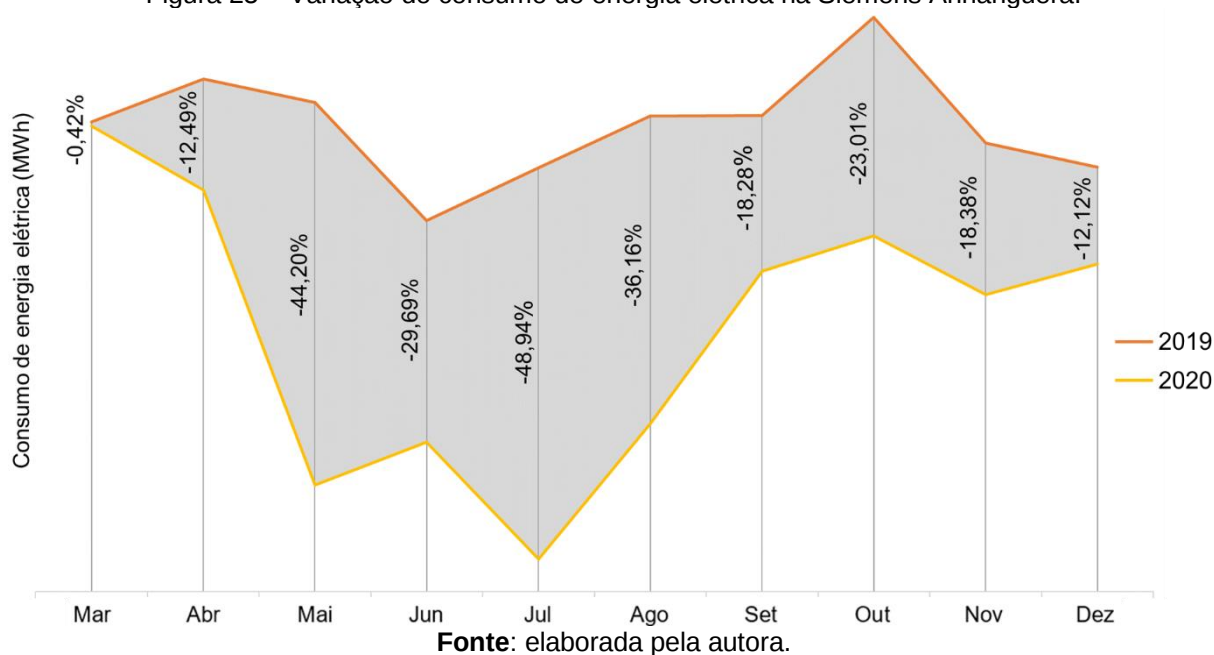
peças na localidade em razão da contratação de mão de obra para realizar esses serviços.

Uma queda de 55% no consumo de água foi observada em novembro de 2020, em relação ao mês anterior, seguida de um aumento de 73% em dezembro. A média de funcionários frequentando a localidade durante o período não variou, logo presume-se que em novembro a SRE realizou uma menor quantidade de serviços relacionados à administração e manutenção das instalações prediais. O consumo total de água entre março e dezembro de 2020 caiu 67,74% em relação ao mesmo período de 2019.

5.1.2 Consumo de energia elétrica

O consumo de energia na localidade também caiu de maneira significativa nos primeiros meses de pandemia. Inicialmente, quatro dos nove pavimentos foram fechados, mas a partir de maio de 2020 apenas o 1º andar, o térreo e o subsolo permaneceram em funcionamento. O gráfico da Figura 25 mostra os consumos de energia elétrica dos períodos de março a dezembro de 2019 e março a dezembro de 2020. Ainda que não sejam mostrados, os valores de consumo de energia elétrica são expressos em MWh.

Figura 25 – Variação do consumo de energia elétrica na Siemens Anhanguera.



Como pode-se observar no gráfico, entre março e maio de 2020 observa-se uma queda de 44% no consumo de energia em relação a maio de 2019, que pode ser explicada pela diminuição na quantidade média de pessoas frequentando diariamente a localidade. Como essa quantidade não variou de maneira significativa entre março e julho, presumiu-se que o aumento no consumo de energia em junho não está atrelado à quantidade de pessoas na localidade, mas sim aos serviços diversos realizados pela SRE.

O aumento no consumo observado de agosto e outubro segue quase a mesma tendência de aumento no consumo de água desse período, estando possivelmente relacionado a dois motivos citados anteriormente: a volta do trabalho presencial de uma parcela de funcionários da localidade, e aos serviços de manutenção e administração predial realizados pelo departamento da SRE. A queda observada em novembro pode ser justificada por uma menor quantidade de serviços realizados no mês.

O consumo total de energia elétrica na localidade da Anhanguera teve uma queda de 24,23%. Ainda que o consumo tenha oscilado durante o período analisado, houve queda no consumo de eletricidade entre março e dezembro de 2020, em comparação com o período de março a dezembro de 2019.

5.1.3 Emissão de CO₂ equivalente

A emissão de CO₂ equivalente na planta da Anhanguera é proveniente de fonte primária (consumo de diesel e GLP de restaurante), frotas e eventuais incidentes com vazamento de gases refrigerantes. Por se tratar de uma localidade abastecida por energia incentivada, não existe emissão de CO₂ proveniente de energia secundária (energia elétrica). Durante o período estudado, a emissão total de CO₂ equivalente referente a energia primária reduziram 68,75%, como mostra a Tabela 1.

Tabela 1 – Variação da emissão de CO₂ equivalente proveniente de energia primária na Siemens Anhanguera.

Mês	mar/ 20	abr/ 20	mai/ 20	jun/ 20	jul/ 20	ago/ 20	set/ 20	out/ 20	nov/ 20	dez/ 20	Total
Variação (%)	-62,51	-100,0	-100,0	-100,0	-100,0	-100,0	-100,0	46,80	-100,0	-100,0	-77,90

Fonte: elaborada pela autora.

A variação positiva observada no mês de outubro de 2020 é referente ao consumo de óleo diesel, que segundo a SRE, foi em razão de uma necessidade pontual de se realizar uma atividade específica de manutenção. Não houve consumo de diesel em nenhum outro mês durante o período.

O restaurante permaneceu fechado durante quase todo o período analisado. A Tabela 2 mostra que só houve consumo de gás GLP em março de 2020, que foi 62,51% menor em comparação com o consumo de março de 2019. Isso aconteceu por dois motivos:

- Funcionamento normal do restaurante até 13 de março de 2020, com capacidade completa;
- Funcionamento em capacidade reduzida a partir de 16 de março de 2020, quando a Siemens determinou o regime de *home office* para o público administrativo. O restaurante continuou fornecendo refeições apenas para atender a parcela de 15% de funcionários que permaneceram trabalhando na localidade.

A partir de abril de 2020, observa-se que não houve consumo de gás GLP, confirmando que o restaurante paralisou totalmente suas operações em razão da baixa demanda de refeições, e assim permaneceu até junho de 2021.

Tabela 2 – Variação do consumo de GLP de restaurante na Siemens Anhanguera.

Mês	mar/ 20	abr/ 20	mai/ 20	jun/ 20	jul/ 20	ago/ 20	set/ 20	out/ 20	nov/ 20	dez/ 20	Total
Variação (%)	-62,51	-100,0	-100,0	-100,0	-100,0	-100,0	-100,0	-100,0	-100,0	-100,0	-96,17

Fonte: elaborada pela autora.

A Tabela 3 mostra o comparativo entre os dados de frotas disponíveis do ano de 2019 e 2020, evidenciando uma queda de em torno de 60% de emissões de CO₂ equivalente. As frotas são compostas por veículos alugados tanto por funcionários da alta gerência como por equipes de vendas, e a redução nas emissões pode estar ligada a dois motivos: restrição na quantidade de viagens realizadas por funcionários no período, devido aos protocolos de saúde estabelecidos pela Siemens Brasil, e, principalmente, incentivo ao uso do etanol em substituição à gasolina e diesel como combustível. Não foi possível fazer uma comparação mensal de emissões em razão da disponibilidade dos dados serem anuais.

Tabela 3 – Variação da emissão de CO₂ equivalente proveniente de frotas na Siemens Anhanguera.

Ano	2019	2020
Variação (%)	-61,19	

Fonte: elaborada pela autora.

As emissões provenientes de vazamentos de gases refrigerantes cresceram 24,60%, como mostra a Tabela 4, no entanto os motivos dos incidentes não estão relacionados à pandemia, e sim a alguma falha ou má operação de equipamentos gerenciados pela SRE.

Tabela 4 – Variação da emissão de CO₂ equivalente proveniente de vazamento de gases refrigerantes na Siemens Anhanguera.

Ano	2019	2020
Variação (%)	-24,60	

Fonte: elaborada pela autora.

5.1.4 Geração de resíduos

A análise dos dados de gerenciamento de resíduos foi feita em cima da quantidade total de resíduos destinados pela Anhanguera durante o período estudado. A Tabela 5 mostra as variações na quantidade de resíduos destinados de diversas categorias, fazendo uma comparação entre os períodos de março a dezembro de 2020 e março a dezembro de 2019.

A maior variação em relação à quantidade de lixo destinado foi de resíduos do ambulatório. O aumento foi de 540% em relação ao período anterior, e pode ser explicado pelo aumento no descarte de testes de diagnóstico de COVID-19, aplicados em funcionários trabalhando presencialmente. A partir de setembro de 2020, esse teste passou a ser obrigatório para quem frequentava a localidade por mais de um dia na semana, logo o ambulatório passou a disponibilizar testagens diariamente.

Resíduos como lixo comum, resíduos do restaurante, restos alimentares, sucatas, resíduos de varrição e lixos de materiais de escritório apresentaram queda expressiva em relação a quantidade destinada. A queda de 100% em relação a papel/papelão e sucata de ferro não significa que não houve geração desses resíduos durante o período, mas sim que a quantidade gerada foi tão baixa que, para economizar custos, esses resíduos permaneceram por mais tempo armazenados para

se acumular uma quantidade maior antes de serem destinados. Resíduos considerados não perigosos podem ser armazenados por mais tempo, de acordo com as diretrizes internas da SRE.

Tabela 5 – Variação na quantidade de resíduos destinados por tipo de resíduo, da Siemens Anhanguera.

Resíduos	Variação (%)
Ambulatorial	+540,0
Entulho e Restos de Construção Civil	-14,8
Lixo de Restaurante	-85,5
Papel/Papelão	-100,0
Resíduo de Caixa de Gordura/Fossa/ETE	-100,0
Resíduo de Varrição de Fábrica	-83,9
Resíduos Sólidos Contaminados	-100,0
Restos Alimentares	-72,9
Sucata de ferro	-100,0
Sucata de Papel/Papelão	-52,6
Varrição/Lixo comum	-86,7
Total	-74,5

Fonte: elaborada pela autora.

A queda de 100% em relação aos resíduos de caixa de gordura indica que não houve limpeza da caixa durante o período, muito provavelmente em razão do fechamento do restaurante local. Da mesma forma, a queda de 100% na quantidade de resíduos de sólidos contaminados demonstra que não houve incidentes relacionados a vazamento ou contaminação de materiais por produtos perigosos durante o período. Apenas resíduos de obras tiveram uma variação menor de 15%, em razão das reformas e serviços realizados pela SRE entre março e dezembro de 2020.

A quantidade total de resíduos destinados reduziu em 74%. A Tabela 6 mostra como foi a variação na quantidade de resíduos destinados de acordo com cada tipo de destino. Um valor de 73,8% a menos de resíduos destinados a aterro foi observado entre março e dezembro de 2020. Todos os resíduos gerados na Anhanguera são destinados a aterro, exceto as sucatas de ferro, papel/papelão e resíduos sólidos contaminados.

Para reciclagem, a queda foi de 85%, o que indica baixa geração de resíduos de papel e plástico no escritório e sucatas de ferro. Para coprocessamento, a queda foi de 100%, pois não houve nenhum resíduo de solo contaminado a ser destinado no período estudado.

Tabela 6 – Variação na quantidade de resíduos destinados por tipo de destino, da Siemens Anhanguera.

Destino	Variação (%)
Aterro	-73,8
Reciclagem	-85,2
Coprocessamento	-100,0

Fonte: elaborada pela autora.

5.2 SIEMENS JUNDIAÍ

A planta de Jundiaí é composta por unidades fabris e alguns setores administrativos. O setor produtivo permaneceu em funcionamento por todo período estudado, enquanto o público administrativo foi colocado em regime de *home office* no início de março de 2020. No entanto, por se tratar de uma localidade que abriga negócios críticos a empresa, a Siemens Brasil deu autonomia para que cada unidade de negócio definisse medidas e diretrizes específicas de gestão da crise, de acordo com suas operações, logo a volta presencial dos funcionários foi estabelecida conforme a necessidade de cada área de negócio.

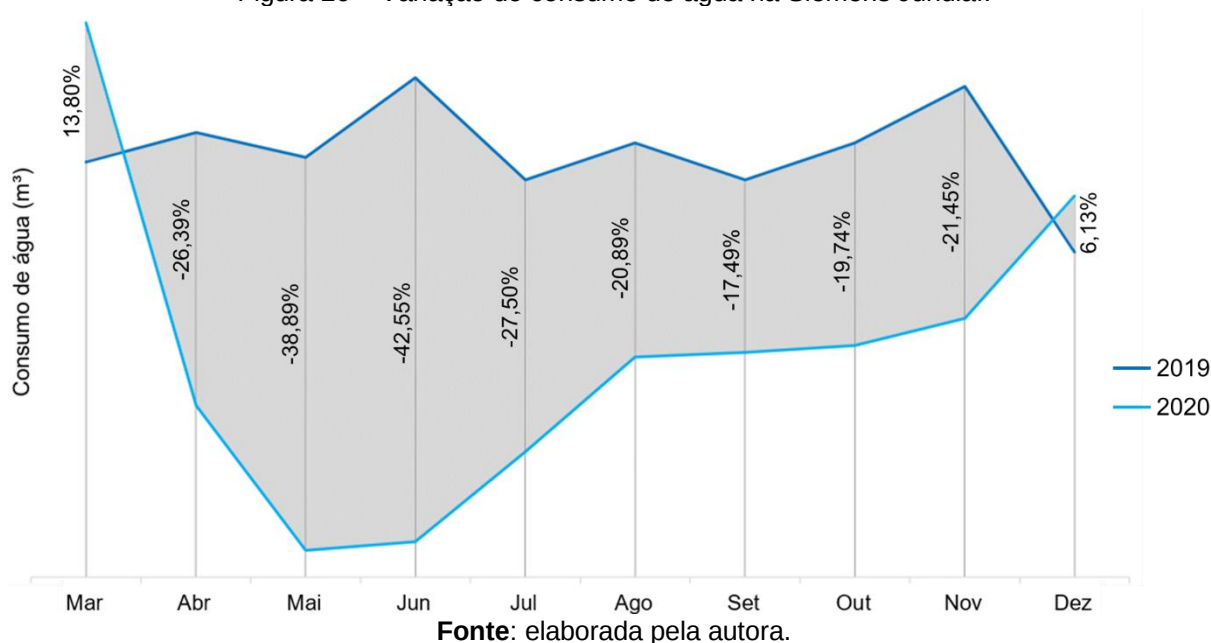
Além disso, Jundiaí recebe diariamente grande quantidade de terceiros para realizar serviços diversos conforme demandas, além de visitas críticas de clientes. Levando em consideração esses pontos, não é possível ter uma estimativa assertiva da quantidade diária média de pessoas frequentando a localidade durante o período estudado. Por meio de uma estimativa fornecida pelo SESMT local, cerca de 40% dos funcionários permaneceram trabalhando de casa no período.

5.2.1 Consumo de água

Os dados referentes ao gráfico da Figura 26 estão expressos na Tabela 12 do Apêndice A. É importante ressaltar que esses dados se referem ao consumo de água

das infraestruturas como um todo (Jundiaí I e Jundiaí II), não sendo considerado o consumo de água por setor/fábrica.

Figura 26 – Variação do consumo de água na Siemens Jundiaí.



Como observa-se no gráfico, de março até maio de 2020 houve uma queda expressiva no consumo de água na planta de Jundiaí. A determinação da Siemens Brasil de colocar o setor administrativo para trabalhar em regime de *home office* a partir de março de 2016 pode ter impactado nessa queda do consumo de água.

Entre maio e junho de 2020, uma das áreas de negócio localizada em Jundiaí I, a LDA, determinou férias coletivas para em torno de 50 funcionários da fábrica, em razão de suas atividades estarem comprometidas com a crise logística causada pela pandemia. Mesmo junho tendo apresentado um pequeno aumento em relação a maio, a menor quantidade de pessoas frequentando a localidade pode ter resultado no menor consumo de água nesses meses.

A partir de julho houve um aumento contínuo no consumo de água até dezembro. Em maio de 2020, a Siemens Brasil permitiu que cada área de negócio definisse suas próprias medidas e diretrizes de gestão da pandemia, alinhados ao protocolo de saúde e segurança da organização, logo cada área liberou a volta presencial de suas equipes de acordo com suas necessidades. Pela complexidade das operações desses negócios, não é possível estimar quantas pessoas possam ter voltado a trabalhar presencialmente entre julho e dezembro de 2020, mas presume-se que houve um aumento na circulação de pessoas na localidade, o que pode ter

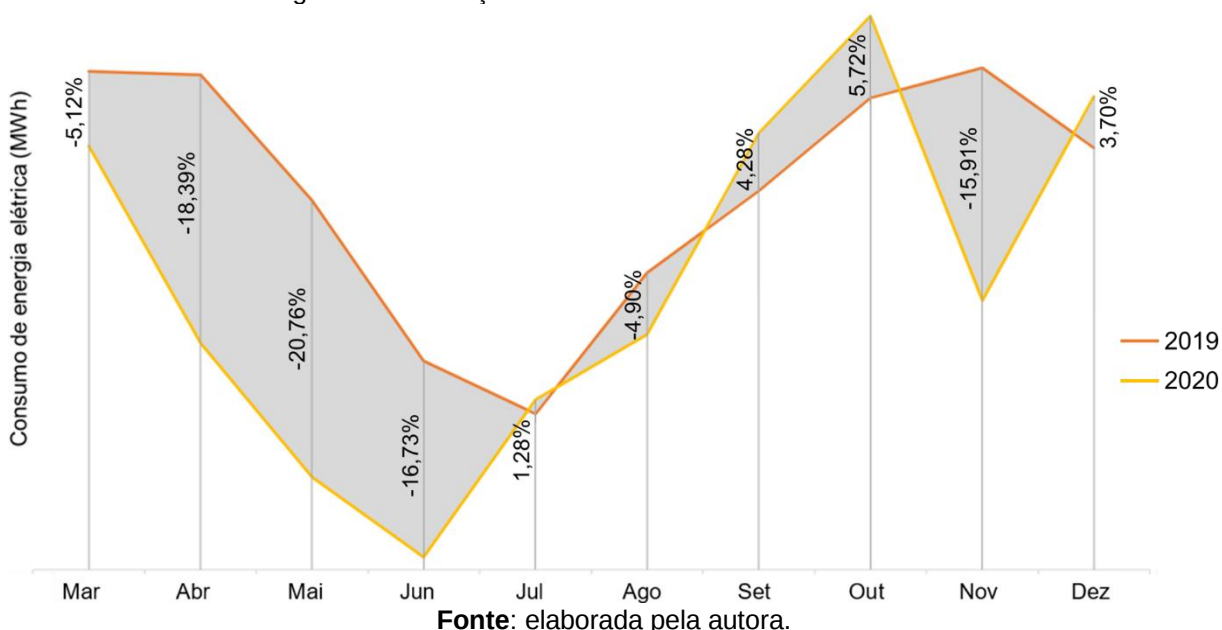
impactado no aumento do consumo de água, como observa-se no gráfico. Além disso, em julho de 2020, todos os funcionários da fábrica da LDA que estavam de férias coletivas retornaram ao trabalho presencial, sendo outro fator que possa ter influenciado no aumento.

Outro fator que pode estar relacionado ao aumento no consumo de água, principalmente entre outubro e novembro de 2020, são as reformas realizadas pelo departamento da SRE para adequar o layout da fábrica para receber o novo Centro de Distribuição (CD), cuja sede até então se situava em Cabreúva (SP). Segundo a SRE, a circulação de pessoas nesse período aumentou muito, em razão da contratação de mão de obra terceirizada para realizar as reformas necessárias. É importante ressaltar que a mudança do CD aconteceu apenas em janeiro de 2021. A consumo total de água na planta de Jundiaí entre março e dezembro de 2020 caiu 19,95% em relação ao mesmo período no ano anterior.

5.2.2 Consumo de energia elétrica

O consumo de energia na localidade também caiu nos primeiros meses de pandemia, principalmente em razão do fato do público administrativo da planta estar trabalhando de casa. O gráfico da Figura 27 mostra os consumos de energia elétrica dos períodos de março a dezembro de 2019 e março a dezembro de 2020.

Figura 27 – Variação do consumo de na Siemens Jundiaí.

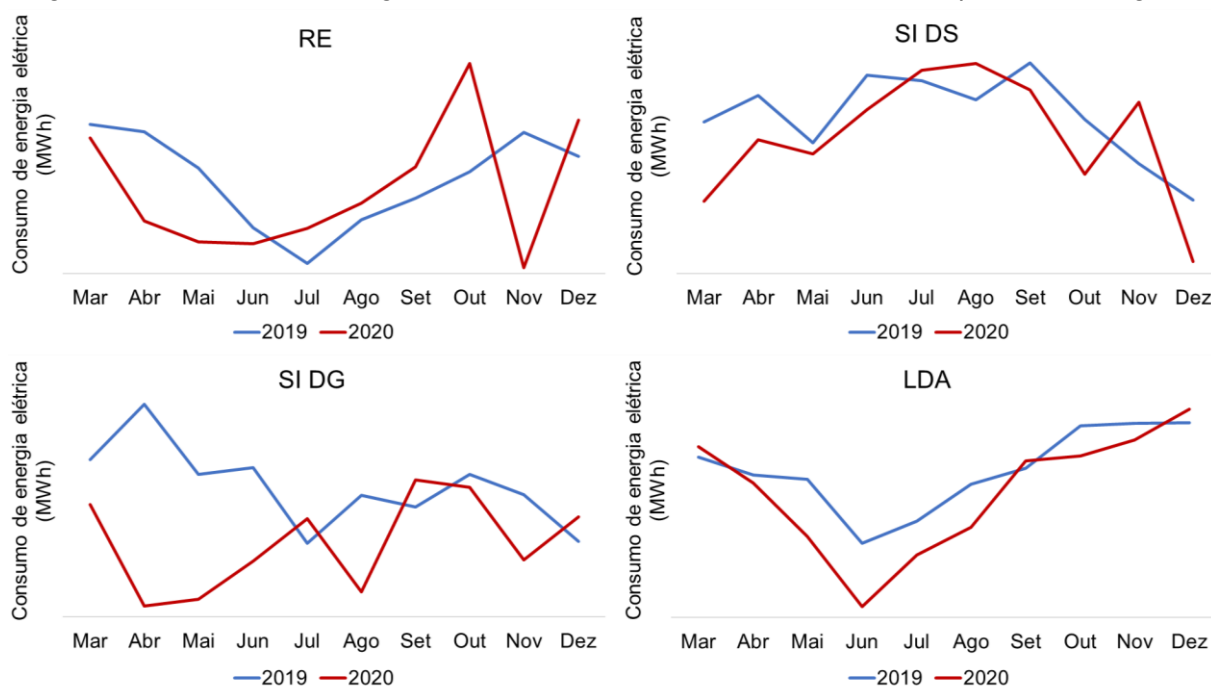


Os valores percentuais referentes ao gráfico acima podem ser encontrados na Tabela 13 do Apêndice A. O consumo de energia elétrica na planta de Jundiaí está geralmente condicionado à produtividade de cada área, que varia conforme as demandas de projetos e entregas durante o ano. Por se tratar de uma localidade composta por diversas áreas de negócio, a continuidade desses negócios fica dependente de fatores externos como contexto econômico de cada uma das áreas, logo a pandemia pode ter afetado cada área de maneira diferente.

Com o objetivo de entender melhor as variações no consumo de energia elétrica da planta de Jundiaí, como mostrado no gráfico da Figura 27, as Figuras 28 e 29 trazem os gráficos do consumo por área de negócio. Enquanto a Figura 28 faz um comparativo entre o consumo de 2020 e 2019 de cada área de negócio, a Figura 29 traz uma comparação de consumo de energia elétrica entre as áreas no ano de 2020.

As siglas nos gráficos são referentes aos: departamento de administração e manutenção predial *Siemens Real Estate* (SRE), à fábrica de produtos e soluções em média-tensão *Siemens Infrastructure Distribution Systems* (SI DS), à fábrica de produtos e soluções em automação e controle de energia *Siemens Infrastructure Digital Grid* (SI DG) e a fábrica de conversores de frequência de média-tensão *Large Drives Applications* (LDA).

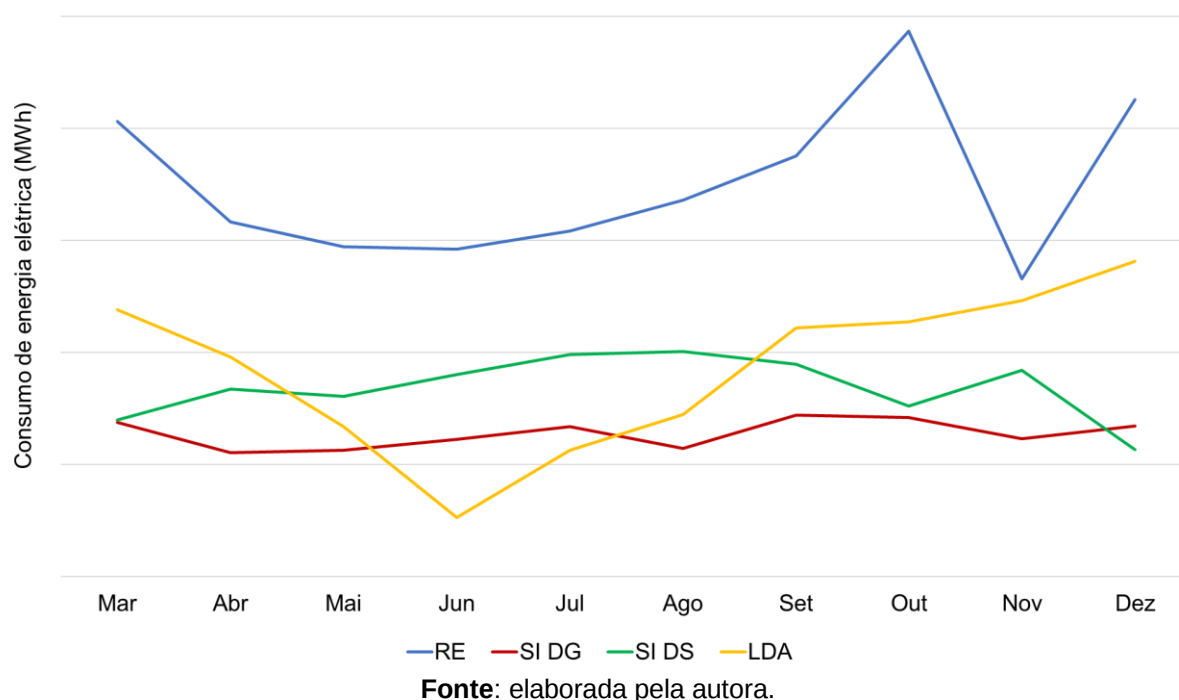
Figura 28 – Consumo de energia elétrica de 2019 e 2020 na Siemens Jundiaí, por área de negócio.



Fonte: elaborada pela autora.

Devido aos valores dos eixos verticais serem omitidos pela confidencialidade, a intenção da Figura 29 é trazer uma visualização do consumo de todas as áreas na mesma escala, para entender melhor quais atores consumiram mais energia no ano de 2020.

Figura 29 – Consumo mensal de energia elétrica em 2020 na Siemens Jundiaí, por área de negócio.



Como mostra o gráfico da Figura 29, o maior agente consumidor da planta de Jundiaí em 2020 foi o departamento da SRE. Esse consumo, na realidade, representa todo gasto de energia elétrica relativo à infraestrutura das áreas em comum da localidade, como luz, ar-condicionado, entre outras instalações mantidas pela SRE. Na Figura 28, podemos ver que entre junho e outubro de 2020, mesmo com o cenário de pandemia, o consumo superou os índices de 2019, no mesmo período. Isso pode estar ligado a dois motivos: 1) maior gasto de energia em razão da construção do novo ambulatório da planta de Jundiaí; 2) em 2019, o consumo de eletricidade na infraestrutura ter sido atipicamente menor. Segundo a SRE, não há informações suficientes para justificar o baixo consumo em novembro de 2020.

Enquanto o consumo da RE está ligado à infraestrutura, o consumo das áreas de negócio está ligado a qualquer instalação elétrica ou equipamento dentro das áreas da fábrica. Na fábrica da SI DS, o consumo de energia entre março e junho foi menor em 2020 que em 2019 (Figura 28), mas desde março a curva de consumo de 2020 apresentou tendência de aumento até agosto, quando ultrapassou a linha de consumo

de 2019. Como as operações logísticas foram afetadas no início da pandemia, a volta das atividades operacionais e a necessidade de agilizar entregas atrasadas podem ter culminado nesse aumento entre maio e agosto de 2020. A queda até outubro pode estar ligada a menor produção no período, assim como novembro uma maior produção. A queda expressiva em dezembro aconteceu em razão das férias coletivas.

A fábrica da SI DG (Figura 28) foi bastante afetada até maio de 2020, provavelmente ligada a uma baixa produtividade de suas operações. Os picos de consumo observados em julho e setembro de 2020 podem estar ligados a uma maior produtividade da fábrica nesses meses, assim como a queda de consumo em agosto estar relacionado a uma baixa demanda no mês. Em novembro de 2020, segundo informações de uma área de suporte da SI DG, parte dos funcionários entraram de férias, já que em dezembro a produção não iria parar durante as férias coletivas da empresa; isso pode ter explicado a queda no consumo nesse mês.

Na fábrica da LDA, entre maio e junho de 2020 os funcionários da fábrica entraram de férias coletivas em razão da produção ter sido afetada pela crise logística, causando a necessidade de paralisar as operações. Isso afetou o consumo de energia da fábrica. No entanto, observando as curvas de consumo da LDA (Figura 28), nota-se um comportamento parecido entre ambas, o que demonstra que as demandas de produção entre março e dezembro foram parecidas em 2019 e 2020.

Em resumo, a variação no consumo de energia pode ser explicada por fatores externos, como a crise logística e o aumento na demanda de projetos e serviços, que influenciam diretamente nas horas de produção. O consumo total de energia elétrica da planta de Jundiaí no período de março a dezembro de 2020, em relação a 2019, teve uma queda de 6,74% (vide Tabela 13).

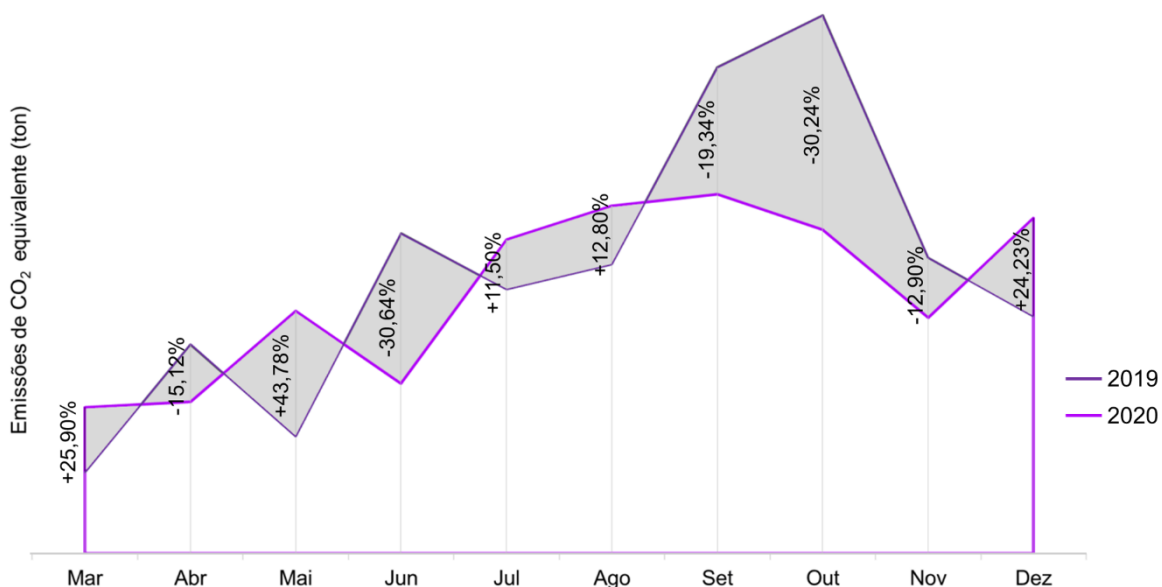
5.2.3 Emissões de CO₂ equivalente

A emissão de CO₂ equivalente na planta de Jundiaí é proveniente de fonte primária (consumo de diesel, gasolina, GLP de restaurante e GLP de empilhadeira), frotas e eventuais incidentes. Por se tratar de uma localidade abastecida por uma concessionária que fornece energia de fonte mista, existe emissão de CO₂ proveniente de energia secundária.

O gráfico da Figura 30 mostra as curvas de emissões de CO₂ equivalente proveniente de energia primária dos anos de 2019 e 2020. Ainda que os dados reais

estejam omitidos, os valores são expressos em toneladas. As porcentagens representam a comparação entre dados de 2020 com os dados de 2019, e estão detalhadas na Tabela 18, Apêndice A.

Figura 30 – Variação da emissão de CO₂ equivalente proveniente de energia primária na Siemens Jundiaí.



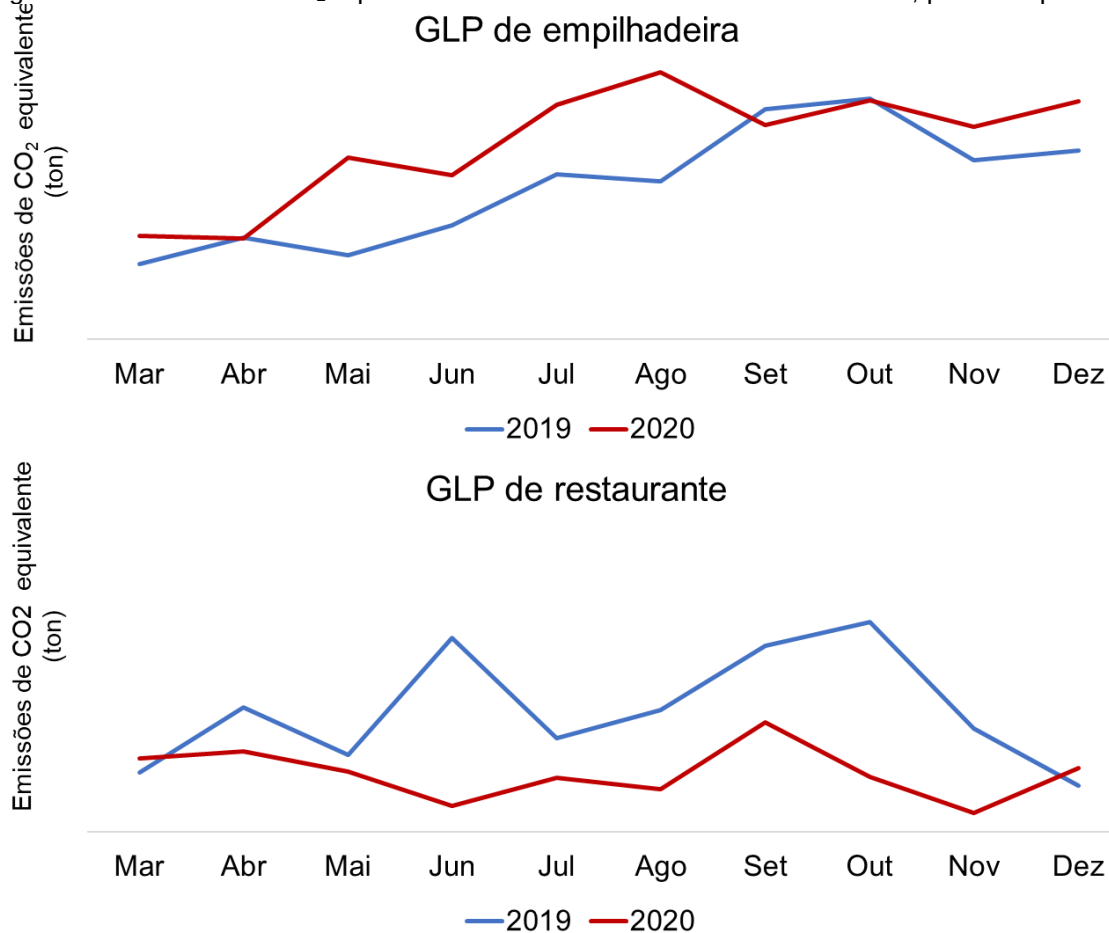
Fonte: elaborada pela autora.

Para entender melhor como cada tipo de matéria afetou as emissões de fonte primária, a Figura 31 traz os consumos de 2019 e 2020 para GLP de restaurante e GLP de empilhadeira. O consumo de gasolina e diesel não serão explorados por apresentarem valores insignificantes durante o período, já que esses combustíveis são usados pela SRE para serviços pontuais de manutenção.

O restaurante permaneceu aberto durante todo o período, mas em razão da reorganização da operação do restaurante para se adequar aos protocolos de saúde, o consumo de gás GLP também apresentou queda em quase todo o período de 2020, em relação a 2019, como mostra o gráfico (Figura 31). Observa-se um pico em setembro de 2020, que pode estar relacionado com um maior número de refeições preparadas no mês, indicando o aumento de circulação de pessoas no mês. O consumo foi menor em novembro de 2020, corroborando a análise da sessão anterior sobre parte dos funcionários da SI DG entraram de férias, o que exigiu menos refeições. Isso também pode ser observado entre maio e junho, quando os funcionários da LDA entraram de férias coletivas também.

O consumo de GLP de empilhadeira em 2020 foi maior que o consumo em 2019. Esse aumento não está diretamente ligado à pandemia, mas sim a movimentações internas das fábricas, tanto para manejo usual de cargas como para movimentação de estruturas para adequação de *layout* da fábrica.

Figura 31 – Emissão de CO₂ equivalente em 2019 e 2020 na Siemens Jundiaí, por fonte primária.



Fonte: elaborada pela autora.

Pode-se concluir que a variação entre setembro e novembro no gráfico da Figura 30 está ligada à queda no consumo de GLP de restaurante em 2020 em comparação com 2019. Ao todo, no período, as emissões de CO₂ equivalente proveniente de energia primária reduziram 4,65% (vide Tabela 18).

Fazendo-se um comparativo entre os dados de frotas disponíveis do ano de 2019 e 2020, houve uma queda de em torno de 85% de emissões de CO₂ equivalente. Essa redução nas emissões se deu parcialmente pela restrição na quantidade de viagens realizadas no período, devido aos protocolos de saúde estabelecidos pela Siemens, e, principalmente pelo incentivo ao uso do etanol em substituição à gasolina como combustível. Não foi possível fazer uma comparação mensal de emissões em

razão da disponibilidade dos dados serem anuais. Não houve incidentes com gases refrigerantes durante o período de 2020.

Tabela 7 – Variação da emissão de CO₂ equivalente proveniente frota de funcionários da Siemens Jundiaí.

Ano	2019	2020
Variação (%)	-85,23	

Fonte: elaborada pela autora.

5.2.4 Geração de resíduos

A análise dos dados de gerenciamento de resíduos foi feita em cima da quantidade total de resíduos destinados pela planta de Jundiaí durante o período estudado. A Tabela 8 mostra as variações na quantidade de resíduos destinados de diversas categorias, fazendo uma comparação entre os períodos de março a dezembro de 2020 e março a dezembro de 2019.

Tabela 8 – Variação de resíduos destinados da Siemens Jundiaí., por tipo de resíduos.

Destino	Variação
Ambulatorial	155%
Entulho e Restos de Construção Civil	5986%
Lixo de Restaurante	-29%
Resíduo de Caixa de Gordura/Fossa/ETE	-100%
Resíduo de Varrição de Fábrica	-27%
Resíduo Sólido Contaminado	295%
Restos Alimentares	-74%
Sucata de Cobre com Plástico	-92%
Sucata de Cobre Limpo	-86%
Sucata de Ferro	-81%
Sucata de Madeira	-3%
Sucata de Papel/Papelão	13%
Sucata de Plástico	-68%
Total	-9,77

Fonte: elaborada pela autora.

As maiores variações em relação à quantidade de lixo destinado foram de restos de construção civil, resíduos de solo contaminado e resíduos do ambulatório. Todos os outros resíduos, como lixo comum, resíduos do restaurante, restos alimentares, sucatas, entre outros, apresentaram queda em relação a quantidade destinada.

Os resíduos originários de obras aumentaram 5986%, em razão da construção de um novo ambulatório corporativo na localidade. O aumento de 295% na quantidade de resíduos sólidos contaminados também pode ser explicado por esse acontecimento. O aumento de 13% na quantidade de sucata de papel/papelão foi possivelmente ocasionado pela quantidade de embalagens descartadas durante a mudança do novo Centro de Distribuição da Siemens de Cabreúva-SP para Jundiaí, que começou em dezembro de 2020.

Houve aumento de 155% no lixo gerado pelo ambulatório, que pode ser explicado pela grande quantidade de testes de diagnóstico de COVID-19 descartados no período estudado, ocasionado pelas campanhas de testagens em massa. A quantidade total de resíduos destinados reduziu quase 10%. A Tabela 9 mostra um valor de 24% a mais de resíduos destinados a aterro foi observado entre março e dezembro de 2020, devido ao aumento de resíduos de construção. Para reciclagem, houve queda foi de 31%, muito em razão da queda na quantidade de sucatas de cobre, ferro, madeira e plástico das fábricas. Para coprocessamento, o aumento foi de 308%, com a destinação dos resíduos sólidos contaminados a ser destinado no período.

Tabela 9 – Variação de resíduos destinados à Siemens Anhanguera, por destino dos resíduos.

Destino	Variação
Aterro	23,96%
Reciclagem	-31,04%
Coprocessamento	308%

Fonte: elaborada pela autora.

5.3 PONTOS RELEVANTES

Na localidade de Anhanguera observou-se uma redução geral nos índices de consumo de energia, água e geração de resíduos, devido ao fato da maior parte dos

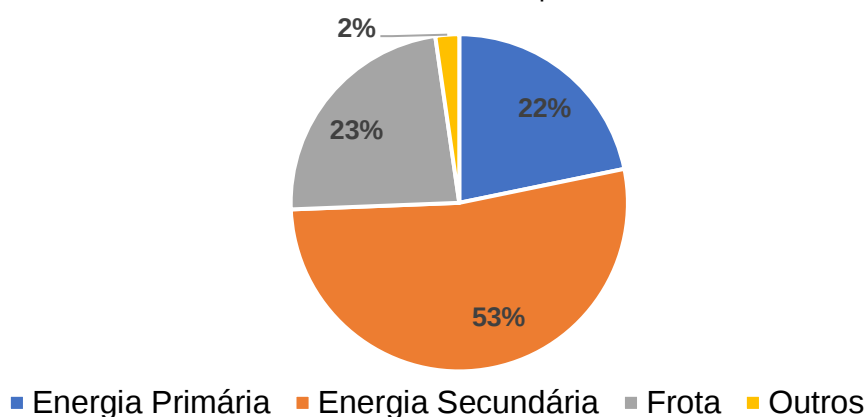
funcionários da localidade estarem trabalhando de casa. Por ser uma unidade administrativa, a maioria dos gastos de água e energia estão relacionados a infraestrutura. Com a circulação de pessoas na localidade sendo muito menor durante a pandemia e com o fechamento dos andares, é esperado uma queda nos indicadores ambientais. Além disso, a Siemens Brasil aproveitou o momento de pouca movimentação na unidade para realizar reformas e serviços relacionados à infraestrutura.

Em Jundiaí, unidade fabril da Siemens, o impacto nos indicadores foi mais sutil, em razão da impossibilidade de paralisar as atividades operacionais. Por ser uma localidade que abriga áreas de negócios diversas, com realidades geracionais diferentes, é mais difícil analisar os indicadores, já que as demandas de produção em cada área acontecerem em períodos distintos uma da outra. Por exemplo, enquanto alguns negócios operam mais intensamente em julho, para outra área esse é pode ser um período em que é costumeiro os funcionários tirarem férias.

5.3.1 Iniciativas ambientais

Mesmo com a pandemia sendo um fator de peso, existem outros fatores que podem ter afetado os indicadores ambientais da Siemens Brasil em 2020. Um exemplo são as iniciativas coordenadas pela empresa para atingir metas ambientais, e que afetam diretamente no consumo de energia, emissão de CO₂ equivalente e geração de resíduos. Na Siemens Brasil, existem vários projetos em andamento que contribuem para a metas ambientais, como o projeto de neutralização total de CO₂ e eficiência energética.

Gráfico 1 – Fontes de emissão de CO₂ equivalente na Siemens.



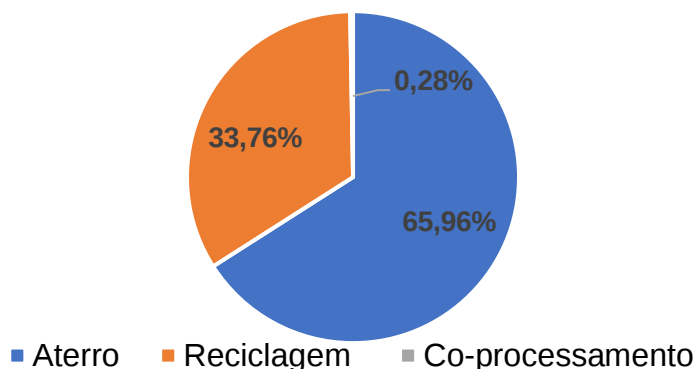
Fonte: elaborada pela autora.

Atualmente, mais de 50% das emissões de CO₂ são de origem do consumo de energia elétrica, como observado no Gráfico 1. Outra fonte de emissão de CO₂ é a frota da Siemens, que é composta por veículos de motor à combustão. A Siemens tem incentivado cada vez mais o uso de etanol em sua frota, que é um combustível mais limpo que a gasolina e o diesel, além de estar investindo em frotas carros elétricos.

O desafio é tornar Jundiaí uma unidade abastecida por energia incentivada. Atualmente, a energia é fornecida por uma concessionária, que compra energia de fontes variadas, mas o objetivo é que a localidade seja abastecida apenas por energia de fonte renovável, o que eliminaria as emissões CO₂ equivalente proveniente de energia elétrica. A instalação de placas fotovoltaicas para geração de energia solar na localidade de Jundiaí também é um projeto para prover energia limpa.

Outro ponto de melhoria é em relação a gestão de resíduos nas localidades. Atualmente quase 66% dos resíduos gerados nas localidades são destinados a aterro, e a RE tem buscado novas tecnologias para implementar e melhorar a eficiência na gestão de resíduos. Uma das iniciativas visa instalar biodigestores no restaurante das duas localidades, que vai viabilizar a compostagem de resíduos orgânicos e consequentemente diminuir a quantidade de resíduos destinados a aterro sanitário.

Gráfico 2 – Destinação dos resíduos da Siemens.



Fonte: elaborada pela autora.

A principal medida que ajudará a Siemens a manter o impacto positivo em seus indicadores ambientais é a adoção definitiva do modelo híbrido para seus funcionários, que trabalharão de casa por pelo menos dois dias na semana, impactando nos níveis de consumo de energia elétrica e consumo de água nas localidades.

6 CONCLUSÕES

Por meio da análise dos indicadores ambientais da Siemens Brasil foi possível concluir que durante o período de pandemia estudado houve, de fato, variações dos impactos ambientais relacionados aos negócios da empresa. Na Siemens Anhanguera, unidade administrativa, as reduções totais em relação ao consumo de água, energia elétrica, emissão de CO₂ e destinação de resíduos entre março e dezembro de 2020, foram de 68%, 24%, 96% e 75% respectivamente. Já em Jundiaí, os mesmos indicadores apresentaram uma redução de 20%, 7%, 5% e 10%, respectivamente.

Também foi possível concluir que o impacto nos indicadores ambientais se deu de maneira mais significativa nos primeiros meses de pandemia, principalmente entre março e maio de 2020, em razão da Siemens manter o máximo de seus funcionários trabalhando remotamente durante o auge do contágio na primeira onda da pandemia no país.

A partir de junho de 2020, foi possível observar um aumento gradual nos consumos de água, energia e emissões de CO₂ em ambas as unidades. Esse fato ocorreu devido a retomada de algumas atividades em razão da melhora da situação da pandemia. Na Anhanguera, por exemplo, o departamento de administração predial usufrui da baixa circulação de pessoas e o fechamento de andares para realizar reformas na infraestrutura da unidade. Em Jundiaí, o aumento nos indicadores se deu pela retomada de atividades produtivas após a melhora na crise logística e pela autonomia dada às áreas pela Siemens para gerir a crise em seus negócios. Isso fez com que as áreas permitissem a volta do trabalho presencial de funcionários do administrativo, a contratação de temporários para acelerar a entrega de demandas atrasadas, entre outros.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA BRASIL. Veja as medidas que cada estado está adotando para combater a COVID-19. **Agência Brasil**, 2020. Disponível em: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/saude/noticia/2020-03/veja-medidas-que-cada-estado-esta-adotando-para-combater-covid-19>. Acesso em: 13 jul. 2021.

BASHIR, M. F.; MA, B.; SHAHZAD, L. A brief review of socio-economic and environmental impact of Covid-19. **Air Quality, Atmosphere & Health**, v. 13, 2020. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1007/s11869-020-00894-8>>. Acesso em: 20 abr. 2021.

BLOOMBERG. Mapping the Coronavirus Outbreak Across the World. Bloomberg, 2020. Disponível em: <<https://www.bloomberg.com/graphics/2020-coronavirus-cases-world-map/#global-new-cases>>. Acessado em 4 jul. 2021.

CELIS, J. E. et al. Plastic residues produced with confirmatory testing for COVID-19: Classification, quantification, fate, and impacts on human health. **Science of The Total Environment**, v.760, 2021. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969720376981>>. Acesso em: 20 jul. 2021.

CETESB. Qualidade do ar no Estado de São Paulo 2020. **CETESB**, 2020. Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/ar/wp-content/uploads/sites/28/2021/05/Relatorio-de-Qualidade-do-Ar-no-Estado-de-Sao-Paulo-2020.pdf>>. Acesso em: 10 ago. 2021.

CHAN, J.F. *et al.* A familial cluster of pneumonia associated with the 2019 novel coronavirus indicating person-to-person transmission: a study of a family cluster. **The Lancet**, v. 395, p. 514-523, 2020. Disponível em: <[https://www.thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS0140-6736\(20\)30154-9/fulltext](https://www.thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS0140-6736(20)30154-9/fulltext)>. Acesso em: 1 mai. 2021.

CNN. The world's largest coronavirus lockdown is having a dramatic impact on pollution in India. **CNN World**, 2020. Disponível em: <<https://edition.cnn.com/2020/03/31/asia/coronavirus-lockdown-impact-pollution-india-intl-hnk/index.html>>. Acesso em: 10 jul. 2021.

CNN BRASIL. Quarentena aumenta coleta de materiais recicláveis, segundo associação. **CNN Brasil**, 2020. Disponível em: <<https://www.cnnbrasil.com.br/nacional/2020/06/26/quarentena-aumenta-coleta-de-materiais-reciclaveis-segundo-associacao>>. Acesso em: 9 ago. 2021.

COKER, E. S. et al. The Effects of Air Pollution on COVID-19 Related Mortality in Northern Italy. **Environmental and Resource Economics**, v.79, p.611-634, 2020. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1007/s10640-020-00486-1>>. Acesso em: 16 jul. 2021.

CPCB. National air quality index report. Central Pollution Control Board, New Delhi (India). **CPCB**, 2014. Disponível em: <https://app.cpcbccc.com/ccr_docs/FINAL-REPORT_AQI_.pdf>. Acesso 14 jul. 2021.

DAS, A. K. et al. COVID-19 pandemic and healthcare solid waste management strategy – A mini-review. **Science of The Total Environment**, v.778, 2021. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969721012882#bb0165>>. Acesso em: 17 jul. 2021.

EEA. Air quality and COVID-19. **European Environment Agency**, 2021. Disponível em: <<https://www.eea.europa.eu/themes/air/air-quality-and-covid19>>. Acesso em: 16 jul. 2021.

EPE. Balanço COVID-19: Impactos nos mercados de energia no Brasil. **Empresa de Pesquisa Energética**, 22p., 2020. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-500/Balanco_Covid-19%20-rev.pdf>. Acesso em: 28 jul. 2021.

ESA. Nitrogen Dioxide over China. **European Space Agency**, 2020a. Disponível em: <https://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/Copernicus/Sentinel-5P/COVID-19_nitrogen_dioxide_over_China>. Acesso em 14 jul. 2021.

ESA. Coronavirus lockdown leading to drop in pollution across Europe. **European Space Agency**, 2020b. Disponível em: <https://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/Copernicus/Sentinel-5P/Coronavirus_lockdown_leading_to_drop_in_pollution_across_Europe>. Acesso em: 15 jul. 2021.

ESA. Deserted Venetian lagoon. **European Space Agency**, 2020c. Disponível em: <https://www.esa.int/ESA_Multimedia/Images/2020/04/Deserted_Venetian_lagoon>. Acesso em: 17 jul 2021.

GHOSH, I. These satellite photos show how COVID-19 lockdowns have impacted global emissions. **World Economic Forum**, 2020. Disponível em: <<https://www.weforum.org/agenda/2020/03/emissions-impact-coronavirus-lockdowns-satellites>>. Acesso em: 14 jul. 2021.

GARG, V.; AGGARWAL, S.P.; CHAUHAN, P. Changes in turbidity along Ganga River using Sentinel-2 satellite data during lockdown associated with COVID-19. **Geomatics, Natural Hazards and Risk**, v.11, 2020. Disponível em: <<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/19475705.2020.1782482>>. Acesso em: 17 jul. 2021.

GOOGLE MAPS. Siemens. **Google Maps**, 2021a. Disponível em: <<https://www.google.com/maps/place/Siemens/@-23.4951676,-46.7538395,631m/data=!3m1!1e3!4m5!3m4!1s0x0:0x2d839495deff6db7!8m2!3d-23.4968524!4d-46.7523146!5m1!1e4>>. Acesso em: 16 ago. 2021.

GOOGLE MAPS. Siemens – EbPark. **Google Maps**, 2021b. Disponível em: <<https://www.google.com/maps/place/Siemens+-+EbPark/@-23.1558235,-46.9463875,551m/data=!3m1!1e3!4m6!3m5!1s0x0:0xb90a81e73b0a6a5!4b1!8m2!3d-23.1561466!4d-46.9429252>>. Acesso em: 16 ago. 2021.

HELM, D. The Environmental Impacts of the Coronavirus. **Environmental and Resource Economics**, v.76, p.21–38, 2020. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1007/s10640-020-00426-z#citeas>>. Acesso em: 4 mai. 2021.

IEA. Eletricity. **International Energy Agency**, 2020b. Disponível em: <<https://www.iea.org/reports/global-energy-review-2020/electricity#abstract>>. Acesso em: 15 jun. 2021.

JIANG, P.; FAN, Y. V.; KLEMES, J.J. Impacts of COVID-19 on energy demand and consumption: Challenges, lessons and emerging opportunities. **Appl Energy**, v. 285, 2021. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7834155/>>. Acesso em: 10 jul. 2021.

JOHANNESSEN, L. et al. Health Care Waste Management Guidance Note. **World Bank**, 74p., 2000. Disponível em: <http://www.ssu.ac.ir/fileadmin/templates/fa/daneshkadaha/daneshkade-behdasht/manager_group/upload_manager_group/manabe_elmi/e-book/english/Health_Care_Waste_Management_Guidance_Note-HealthCare-whole.pdf>. Acesso em: 18 jul. 2021.

KANGUJAM, L. Yamuna river BEFORE lockdown and DURING lockdown. 2020. Disponível em: <https://twitter.com/LicypriyaK/status/1322899941061062666?s=20>. Acesso em: 16 ago. 2021.

KLEMEŠ, J. J. et al. Minimising the present and future plastic waste, energy and environmental footprints related to COVID-19. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v.127, 2020. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/340944598_Minimising_the_present_and_future_plastic_waste_energy_and_environmental_footprints_related_to_COVID-19>. Acesso em: 19 jul. 2021.

KUMARI, P.; TOSHNIWAL, D. Impact of lockdown measures during COVID-19 on air quality– A case study of India. **International Journal of Environmental Health Research**, 2020. Disponível em: <<https://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/09603123.2020.1778646?needAccess=true>>. Acesso em: 14 jul. 2021.

LOKHANDWALA, S.; GAUTAM, P. Indirect impact of COVID-19 on environment: A brief study in Indian context. **Environmental Research**, v.188, 2020. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7299871/>>. Acesso em: 14 jul. 2021.

MENUT, L. et al. Impact of lockdown measures to combat Covid-19 on air quality over western Europe. **Science of The Total Environment**, v.741, 2020. Disponível em:

<<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969720339486#bb0035>>. Acesso em: 10 jul. 2021.

MOUSAZADEH, M. et al. Positive environmental effects of the coronavirus 2020 episode: a review. **Environment, Development and Sustainability**, 2021. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1007/s10668-021-01240-3#citeas>>. Acesso em: 11 jun. 2021.

MUNAWER, M.E. Human health and environmental impacts of coal combustion and post-combustion wastes. **Journal of Sustainable Mining**, v.17, p.87–96, 2018. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/322128330_Human_health_and_environmental_impacts_of_coal_combustion_and_post-combustion_wastes>. Acesso em: 13 jul. 2021.

NAKADA, L.Y.K; URBAN, R. C. COVID-19 pandemic: Impacts on the air quality during the partial lockdown in São Paulo state, Brazil. **Science of The Total Environment**, 730, 2020. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7189200/>. Acesso em: 10 ago. 2021.

OMS. WHO Director-General's opening remarks at the media briefing on COVID-19. **Organização Mundial de Saúde**, 2020a. Disponível em: <<https://www.who.int/director-general/speeches/detail/who-director-general-s-opening-remarks-at-the-media-briefing-on-covid-19---11-march-2020>>. Acesso em: 4 mai. 2021.

OMS. Air pollution. **Organização Mundial da Saúde**, 2020b. Disponível em: <https://www.who.int/health-topics/air-pollution#tab=tab_1>. Acesso em: 15 jul. 2021.

OMS. Safe management of wastes from health-care activities: a summary. **Organização Mundial de Saúde**, 30p., 2017. Disponível em: <<https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/259491/WHO-FWC-WSH-17.05-eng.pdf;jsessionid=AAE9798A99A00A0D81D376306C93093D?sequence=1>>. Acesso em: 19 jul. 2021.

RESTREPO, C.E. Nitrogen Dioxide, Greenhouse Gas Emissions and Transportation in Urban Areas: Lessons From the Covid-19 Pandemic. **Frontiers in Environmental Science**, 2021. Disponível em: <<https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fenvs.2021.689985/full>>. Acesso em: 7 ago. 2021.

SAADAT, S.; RAWTANI, D.; HUSSAIN, C. M. Environmental perspective of COVID-19. **Science of The Total Environment**, v. 728, 2020. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969720323871>>. Acesso em: 01 fev. 2021.

SIEMENS BRASIL. Coronavírus e COVID-19: Manual Prático para colaboradores. **SIEMENS**, 55p., 2020. Acesso em: 21 jul. 2021.

SIEMENS BRASIL. Descarte de inservíveis. **Intranet da Siemens**, v.07, 14p, 2016.

SIEMENS BRASIL. Gerenciamento de Resíduos – Localidade Anhanguera. **Intranet da Siemens**, v.09, 40p, 2020.

SIEMENS BRASIL. Gerenciamento de Resíduos – Localidade Jundiaí. **Intranet da Siemens**, v.09, 29p, 2016.

SIEMENS BRASIL. Precificação Interna de Carbono. **Intranet da Siemens**, v.01, 6p, 2020.

SIEMENS BRASIL. Relatório Institucional e de Sustentabilidade 2020/2021. 148p. Disponível em: <<https://assets.new.siemens.com/siemens/assets/api/uuid:d4bc107b-ea82-45c2-9ce0-aa4ac7fb5373/relatorio-anual-2020-2021-pt.pdf>>. Acesso em: 15 mai. 2021.

SINGHAL, S.; MATTO, M. COVID-19 lockdown: A ventilator for rivers. **Down to Earth**, 2020. Disponível em: <<https://www.downtoearth.org.in/blog/covid-19-lockdown-a-ventilator-for-rivers-70771>>. Acesso em: 18 jul. 2021.

UNEP. Waste Management during the COVID-19 Pandemic: From Response to Recovery. **United Nations Environment Programme**, 60p., 2020. Disponível em: <https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/33416/WMC-19.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em 19 jul. 2021.

WANG, C. *et al.* A novel coronavirus outbreak of global health concern. **The Lancet**, v. 395, p. 470-473, 2020a. Disponível em: <[https://www.thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS0140-6736\(20\)30185-9/fulltext#articleInformation](https://www.thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS0140-6736(20)30185-9/fulltext#articleInformation)>. Acesso em: 1 mai. 2021.

WANG, Q. A preliminar assessment of the impact of COVID-19 on environment – A case study of China. **Science of The Total Environment**, v.728, 2020b. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7195154/>>. Acesso em: 13 jul. 2021.

WORLD RESOURCES INSTITUTE. A Corporate Accounting and Reporting Standard. **The Greenhouse Gas Protocol**, 116p, 2015. Disponível em: <<https://ghgprotocol.org/sites/default/files/standards/ghg-protocol-revised.pdf>>. Acesso em 1 jun. 2021.

WU, F. *et al.* A new coronavirus associated with human respiratory disease in China. **Nature**, v. 579, p. 265-269, 2020. Disponível em: <<https://www.nature.com/articles/s41586-020-2008-3#citeas>>. Acesso em: 1 mai. 2021.

ZAMBRANO-MONSERRATE, M. A.; RUANO, M. A.; SANCHEZ-ALCADE, L. Indirect effects of COVID-19 on the environment. **Science of The Total Environment**, 728, 2020. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7169883/>>. Acesso em: 10 jun. 2021.

APÊNDICE A

Tabelas com detalhamento dos dados da variação dos indicadores ambientais das localidades de Anhanguera e Jundiá da Siemens Brasil, para composição dos gráficos da seção 6.

Tabela 10 – Variação no consumo de água na Siemens Anhanguera.

Mês	mar/20	abr/20	mai/20	jun/20	jul/20	ago/20	set/20	out/20	nov/20	dez/20	Total
Variação (%)	-4,01	-54,97	-87,15	-77,37	-80,05	-82,88	-69,68	-70,04	-79,53	-65,07	-67,74

Fonte: elaborada pela autora.

Tabela 11 – Variação no consumo de energia na Siemens Anhanguera.

Mês	mar/20	abr/20	mai/20	jun/20	jul/20	ago/20	set/20	out/20	nov/20	dez/20	Total
Variação (%)	-0,42	-12,49	-44,20	-29,69	-48,94	-36,16	-18,28	-23,01	-18,38	-12,12	-24,23

Fonte: elaborada pela autora.

Tabela 12 – Variação no consumo de água na Siemens Jundiá.

Mês	mar/20	abr/20	mai/20	jun/20	jul/20	ago/20	set/20	out/20	nov/20	dez/20	Total
Variação (%)	13,80	-26,39	-38,89	-42,55	-27,50	-20,89	-17,49	-19,74	-21,45	6,13	-19,95

Fonte: elaborada pela autora.

Tabela 13 – Variação no consumo de energia na Siemens Jundiá.

Mês	mar/20	abr/20	mai/20	jun/20	jul/20	ago/20	set/20	out/20	nov/20	dez/20	Total
Variação (%)	-5,12	-18,39	-20,76	-16,73	1,28%	-23,27	4,28%	5,72%	-15,91	3,70%	-6,74

Fonte: elaborada pela autora.

Tabela 14 – Variação no consumo de energia pelo departamento da RE da Siemens Jundiá.

Mês	mar/20	abr/20	mai/20	jun/20	jul/20	ago/20	set/20	out/20	nov/20	dez/20	Total
Variação (%)	-3,51	-23,38	-21,35	-5,57	13,86	5,60	9,96	31,54	-35,50	10,27	-3,02

Fonte: elaborada pela autora.

Tabela 15 – Variação no consumo de energia pela área de negócio SI DS, em Jundiá.

Mês	mar/20	abr/20	mai/20	jun/20	jul/20	ago/20	set/20	out/20	nov/20	dez/20	Total
Variação (%)	-20,07	-10,48	-2,93	-7,79	2,45	8,67	-5,89	-13,73	17,51	-19,46	-5,07

Fonte: elaborada pela autora.

Tabela 16 – Variação no consumo de energia pela área de negócio SI DG, em Jundiaí.

Mês	mar/20	abr/20	mai/20	jun/20	jul/20	ago/20	set/20	out/20	nov/20	dez/20	Total
Variação (%)	-7,91	-32,38	-22,53	-16,66	5,04	-18,17	5,20	-2,31	-12,22	4,95	-10,41

Fonte: elaborada pela autora.

Tabela 17 – Variação no consumo de energia pela área de negócio LDA, em Jundiaí.

Mês	mar/20	abr/20	mai/20	jun/20	jul/20	ago/20	set/20	out/20	nov/20	dez/20	Total
Variação (%)	5,32	-4,39	-33,14	-58,13	-25,81	-25,44	4,20	-13,24	-7,10	5,78	-12,06

Fonte: elaborada pela autora.

Tabela 18 – Variação da emissão de CO₂ equivalente proveniente de energia primária na Siemens Jundiaí.

Mês	mar/20	abr/20	mai/20	jun/20	jul/20	ago/20	set/20	out/20	nov/20	dez/20	Total
Variação (%)	25,90	-15,12	43,78	-30,64	11,50	12,80	-19,34	-30,24	-12,90	24,23	-4,65

Fonte: elaborada pela autora.

Tabela 19 – Variação do consumo de GLP de restaurante na Siemens Jundiaí.

Mês	mar/20	abr/20	mai/20	jun/20	jul/20	ago/20	set/20	out/20	nov/20	dez/20	Total
Variação (%)	16,46	-30,28	-17,04	-78,28	-34,94	-55,15	-37,09	-67,27	-67,94	26,85	-44,40

Fonte: elaborada pela autora.

Tabela 20 – Variação do consumo de GLP de empilhadeira na Siemens Jundiaí.

Mês	mar/20	abr/20	mai/20	jun/20	jul/20	ago/20	set/20	out/20	nov/20	dez/20	Total
Variação (%)	30,59	-0,90	94,85	37,86	37,81	61,64	-6,31	-0,58	16,60	23,74	24,28

Fonte: elaborada pela autora.